



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA

**SOTOCULTIVOS EN EL SISTEMA MILPA
INTERCALADA CON ÁRBOLES FRUTALES (MIAF) EN
LA REGIÓN NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO**

Adriana Tapia Hernández

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO DE MÉXICO

2015

La presente tesis titulada: **Sotocultivos en el Sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) en la región noroeste del Estado de México**, realizada por el alumno: **Tapia Hernández Adriana**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

EDAFOLOGÍA

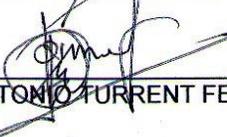
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. JOSÉ ISABEL CORTÉS FLORES

ASESOR



Dr. ANTONIO TURRENT FERNÁNDEZ

ASESOR



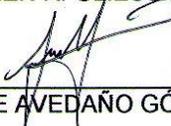
Dra. HEIKE VIBRANS LINDEMANN

ASESOR



Dr. STEPHEN R. GLIESSMAN

ASESOR



Dra. AIDE AVEDAÑO GÓMEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2015

SOTOCULTIVOS EN EL SISTEMA MILPA INTERCALADA CON ÁRBOLES FRUTALES (MIAF) EN LA REGIÓN NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Adriana Tapia Hernández, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2015

En regiones con población indígena en el noroeste del Estado de México se practica el sistema agrícola milpa en pequeñas unidades de producción, en donde las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas son la causa de bajos rendimientos. Con el objetivo de determinar qué especies vegetales anuales además del frijol de crecimiento determinado tienen potencial como sotocultivos en el Sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF), se estudiaron las especies: maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), haba (*Vicia faba*), tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.) y nabo (*Brassica napus* L.), para determinar el efecto del arreglo topológico en el rendimiento y algunos componentes del mismo. Se evaluaron los rendimientos relativos de los sistemas maíz-frijol de guía asociados más tomate de cáscara, maíz-frijol asociados más nabo y maíz-frijol de guía asociados más haba, con la eficiencia relativa de la tierra (ERT). El tomate de cáscara y nabo intercalados son viables como sotocultivos para el sistema MIAF, debido a que incrementan la productividad de la tierra de labor con respecto a los cultivos simples. La ERT total de tomate de cáscara intercalado en franjas con maíz-frijol de guía asociados fue de 1.2 en el arreglo 1x1 y de 1.0 en el arreglo 2x2. En el caso del nabo intercalado en franjas con maíz-frijol de guía asociados, la ERT total fue de 1.5 y 1.4 en el arreglo 1x1 y 2x2, respectivamente. El haba de crecimiento indeterminado como sotocultivo en el sistema MIAF tiene limitaciones pues rinde más en cultivo simple.

Palabras clave: sotocultivo, mesocultivo, arreglo topológico, Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT), sistema agrícola milpa.

ABSTRACT

In regions with indigenous population of the State of Mexico people practice the milpa agricultural system in small farms, where the soil, climate and socioeconomic conditions cause low yields. In order to identify potential undercrops, apart from indeterminate climbing beans, that have potential in the Milpa System Intercropped with Fruit Trees (MIAF), we studied the effects of the topological arrangement on yield and its components of the following species: maize, beans, fava beans, green tomato and *Brassica napus* greens. The study area was San José del Rincon, State of Mexico, in the spring-summer cycle 2013. The relative yield of the following combinations were evaluated by calculating relative land use efficiency (RLUE): maize - climbing bean - green tomato, maize - climbing bean - *Brassica* greens and maize - climbing beans - fava beans. Green tomato and *Brassica* greens were viable undercrops for the MIAF system; they increase total yield compared to the simple system. The RLUE for green tomato intercropped with maize and climbing beans was 1.2 for the 1x1 row arrangement, and 1.0 for the 2x2 row arrangement. Intercropped *Brassica* greens between a maize-bean-association gave a RLUE of 1.5 and 1.4 in the 1x1 and 2x2 arrangement, respectively. Indeterminate fava beans have better yields in monoculture and cannot be recommended as an undercrop in the MIAF system.

Key words: milpa agricultural system; topological arrangement; *Zea mays*; *Phaseolus vulgaris*; *Vicia faba*; *Physalis philadelphica*; *Brassica napus*.

DEDICATORIAS

*A mis padres y hermanos (as),
quienes esperaron con paciencia todo este periodo de mi vida
y supieron estar en donde los necesitaba.*

*A mis amigos y compañeros del postgrado y fuera de él, quienes día tras día me
enseñan el sentido de la vida.
Y sobre todo para quienes NO fincan su dicha, y supuesta estabilidad económica,
sobre la desdicha de los demás.*

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT, por ser una institución pública que apoyan la investigación científica y al Colegio de Postgraduados por el apoyo brindado para realizar mis estudios de Maestría; así como también a los profesores del Colegio de Postgraduados por compartir sus conocimientos y contribuir en mi formación profesional.

Al Dr. José Isabel Cortés Flores, por sus acertadas correcciones, asesoría, y aportaciones en el proceso de mi formación profesional.

Al Dr. Antonio Turrent por su paciencia y sus acertadas aportaciones en el análisis de datos y formación profesional.

A la Dra. Heike Vibrans por su comprensión, sugerencias, experiencia y motivación en el proceso de investigación.

Al Dr. Stephen R. Gliessman por su comprensión, sugerencias, experiencia y motivación en el proceso de investigación.

A la Dra. Aidé Avendaño Gómez por sus sugerencias y motivación en el proceso de investigación.

A los Dres. Horacio Santiago Mejía y Rocío Albino Garduño, por su valiosa amistad, sugerencias y aportaciones para la investigación y el postgrado.

Al M. C. Antonio García Esteva del área de Botánica, por las facilidades prestadas en laboratorio.

A la familia y al Sr. Francisco López Díaz, quienes facilitaron el trabajo en campo gracias por su apoyo, amistad y cariño.

A mis padres Francisco Tapia y Alberta Hernández por su amor y motivación.

A mis hermanos, Gerardo, Francisco, Carlos, Víctor, Alejandro, M. del Rayo, Rosario, Martín, Alexis, y la familia de cada uno de ellos, M. de los Ángeles, Cintia, M. de los Ángeles, Sandra, Michael, Jacob, Alejandra, Eduardo, Berenice, Dael, Yerenice y Artemio por la motivación y apoyo directo en todo el postgrado.

A los amigos del Postgrado: Antonio Elvira, José Luis Salinas, Juan Armando, Laura García, Ildefonso, Delia, Claudia, Lourdes, Remedios, Teresa, David Arrollo, Eslit, Germán, Cuauhtémoc, Armando, Pedro, Alfredo, Miriam, Denisse, M. Concepción, Nicolás, Ángel, Mario, Luisa, Jorge A. por su amistad y cariño. Así como a los trabajadores del Colegio.

A Pablo Campos y su linda familia, Castell B., Mariana C., Mario G., Luis S., Arturo L., Abraham S., Carlos P., Micheline D., Miriam Aldasoro, Aarón Pollack, Gloria, ZM, Armando C., Sergio Téllez, Jorge y Jorge Cisneros.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
	1. La milpa en climas templados.....	2
	1.2. Componentes vegetales de la milpa.....	3
	1.3. Relevancia económica y social de algunas especies componentes de la milpa y como cultivo simple.....	7
III.	OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	12
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
	1. Área de estudio.....	13
	2. Selección del material vegetal.....	14
	3. Diseño experimental.....	17
	4. Establecimiento del experimento.....	19
	5. Manejo y seguimiento del experimento.....	20
	7. Análisis de datos.....	23
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
1.	Tomate de cáscara intercalado en franjas con el cultivo de maíz-frijol de guía asociados.....	24
	1.2. Tomate de cáscara.....	24
	1.3. Maíz.....	26
	1.4. Frijol de guía.....	27
	1.5. ERT individual y total.....	28
2.	Nabo intercalado en franjas con maíz -frijol de guía asociados.....	28
	2.1. Nabo.....	28
	2.2. Maíz.....	30
	2.3. Frijol de guía.....	31
	2.4. ERT individual y total.....	31
3.	Haba intercalada en franjas con maíz-frijol de guía asociados.....	32
	3.1. Haba.....	32
	3.2. Maíz.....	33
	3.3. Frijol de guía.....	34
	3.4. ERT individual y total.....	35
VI.	CONCLUSIONES.....	35
VII.	LITERATURA CITADA.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Lista de tratamientos estudiados de acuerdo al cultivo de maíz y frijol de guía asociados y sotocultivos sembrados en franjas alternas bajo dos arreglos topológicos y en cultivo simple.....	17
Cuadro 2. Rendimiento y eficiencia relativa de la tierra (ERT) del tomate de cáscara intercalado en franjas con maíz-frijol de guía asociados y en cultivo simple en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.....	25
Cuadro 3. Promedio de la longitud (LM), diámetro (DM) y granos por mazorca (GM); altura de planta de maíz (APM); número de vainas por planta (VPF) y altura de planta de frijol de guía (APF) en la asociación maíz-frijol de guía intercalados en franjas con tomate de cáscara en San José del Rincón, Estado de México.....	27
Cuadro 4. Rendimiento y eficiencia relativa de la tierra (ERT) del nabo intercalado en franjas con maíz-frijol de guía asociados bajo dos arreglos topológicos y en cultivo simple en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.....	29
Cuadro 5. Promedio de la longitud y diámetro del tallo y altura de la planta de nabo intercalado en franjas con maíz-frijol de guía asociados bajo dos arreglos topológicos y en cultivo simple en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.....	29
Cuadro 6. Promedio de la longitud (LM), diámetro (DM) y número de granos por mazorca (GM); altura de planta de maíz (APM); número de vainas por planta (VPF) y altura de planta de frijol de guía (APF) evaluadas en la asociación maíz-frijol de guía intercalado en franjas con nabo en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.....	30
Cuadro 7. Rendimiento y eficiencia relativa de la tierra (ERT) de la asociación maíz-frijol de guía intercalados en franjas con haba bajo dos arreglos topológicos y en cultivo simple en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.....	32
Cuadro 8. Promedio del número de vainas, tallos y altura de la planta de haba intercalada en franjas con la asociación maíz-frijol de guía asociados, evaluadas en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.....	33
Cuadro 9. Promedio en la longitud (LM), diámetro (DM) y número de granos por mazorca (GM); altura de la planta de maíz (APM); número de vainas por planta (VPF) y altura de planta en frijol de guía (APF) en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la parcela experimental en San Juan Palo Seco, municipio de San José del Rincón, Estado de México.....	13
Figura 2. Arreglo topológico 1x1 (un surco de maíz con un surco de sotocultivo).....	18
Figura 3. Arreglo topológico 2x2 (dos surcos de maíz con dos surcos de sotocultivo)..	18
Figura 4. Cultivo simple de cada sotocultivo.....	19
Figura 5. Diámetro ecuatorial y polar del fruto de tomate de cáscara y altura de la planta en los arreglos topológicos: 1x1 = un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de tomate de cáscara; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de tomate de cáscara y; CS-T = Cultivo simple de tomate de cáscara. Letras distintas entre barras de cada grupo denotan diferencia significativa $P \leq 0.05$ (Tukey).....	25

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un pueblo está estrechamente ligado a la seguridad alimentaria de sus habitantes. En México, los pequeños agricultores contribuyen a ella produciendo alimentos básicos en pequeñas unidades de producción diversificadas de no más de 5 hectáreas ubicadas en predios dispersos, manejados con el sistema agrícola milpa. En este, cada especie juega un papel importante tanto para la producción de alimentos como para la obtención de otros bienes.

En la agricultura prehispánica los sistemas agrícolas fueron sistema de temporal extensivo, temporal de mediana intensidad y los intensivos de riego (Aguilar *et al.*, 2003), la mayoría basados en el maíz como eje principal. En dichos sistemas agrícolas, no se contaban con animales domesticados grandes. La conquista propició la introducción de nuevas técnicas como el uso de la yunta con bueyes y el tronco con caballos, así como la producción de cultivos de interés comercial, los cuales promovieron el desplazamiento de algunas prácticas ancestrales.

Después de la reforma agraria y la Revolución de 1910 muchos campesinos retomaron a algunas prácticas de los sistemas agrícolas tradicionales como el uso de la yunta, policultivos, rotación de cultivos, entre otros; sin embargo, para los años setenta, el cultivo de básicos en cultivo simple o monocultivo fue promovido a través del crédito público, con acceso a fertilizantes, fungicidas y herbicidas a precios accesibles.

Las empresas paraestatales se encargaron de su producción y distribución (Appendini *et al.*, 2003), dando paso al desarrollo de la agricultura industrial.

La agricultura industrial propició el uso de agroquímicos, el cultivo simple de especies y la transformación de los sistemas agrícolas. El manejo agronómico de la milpa tradicional que incluía varias especies componentes como maíz, frijol, calabaza, haba, quelites, plantas medicinales, entre otras plantas útiles, fue desplazado.

Sin embargo, la población indígena de distintas regiones se resistía a los cambios manteniendo sus sistemas agrícolas (Aguilar *et al.*, 2003). Dichos sistemas basados en prácticas y técnicas campesinas que tienden a ser intensivas en conocimiento y no intensivas en insumos, sobretudo externos (Altieri y Nicholls, 2004), permiten hacer

modificaciones y adaptaciones para revitalizar y mejorar la productividad y estabilidad de los sistemas agrícolas, en este caso, el de la milpa tradicional. Las especies multifuncionales como la calabaza, la papa, el haba, las arvenses y plantas medicinales son parte importante de ella y pertinentes para complementar la dieta y generar ingresos adicionales a las familias campesinas.

Existen alternativas para incrementar a través del manejo agronómico la eficiencia relativa de la tierra (ERT) y su rentabilidad. Sin embargo, se han visto limitadas por no responder de forma integral a la problemática de la seguridad alimentaria, ingreso neto, erosión hídrica y eólica del suelo y los servicios ambientales de las pequeñas unidades de producción.

El Sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) es una tecnología multiobjetivo, la cual pretende lograr lo anterior, a través del manejo agronómico integrado de la milpa y árboles frutales, con el uso eficiente de los recursos suelo, luz y agua, así como la captura de carbono (Hernández *et al.*, 2011). El sistema ha explorado el manejo agronómico de tres especies componentes: árboles frutales (epicultivo), maíz (mesocultivo) y frijol arbustivo (sotocultivo) en distintos arreglos topológicos. No obstante, existen otros componentes de la milpa, que no han sido incluidos.

El objetivo del presente trabajo fue probar algunas especies vegetales anuales multifuncionales que podrían cultivarse en el sistema MIAF con el fin de avanzar en el mejoramiento del manejo agronómico de la milpa con la mayor parte de sus componentes importantes para el bienestar de las familias campesinas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. La milpa en climas templados

El término milpa se aplica actualmente a cualquier campo cultivado de maíz. Sin embargo, en su sentido original, la milpa es el sistema agrícola tradicional en el cual se cultiva maíz en asociación con diversas plantas en un agro-ecosistema (Aguilar *et al.*, 2003). También, se llevan a cabo procesos de domesticación y adaptación a

condiciones locales, ambientales, climatológicas, sociales y culturales particulares, principalmente de los pueblos indígenas.

La estrecha relación entre los pueblos indígenas y la milpa se expresaba en la integración de actividades de carácter económico precedidas por ceremonias de orden místico-religioso. La diversidad de especies en la milpa aseguraba la supervivencia de la familia. De la milpa se obtenían plantas medicinales, ornamentales, fibras y combustibles (Gispert, 1997) además de una amplia gama de sabores y olores. Por otra parte, para las instituciones del sector, la milpa solo posee importancia por el bienestar social y el uso que se hace de los recursos naturales para generar ganancias (Rosendo, 2011).

En los Valles Centrales de Oaxaca a 2500 msnm se cultivaba maíz, frijol y calabaza, así como una amplia gama de especias, hortalizas y flores para su venta (Hernández, 1988). Los campesinos seleccionaron por años los cultivos de acuerdo a la adaptación ecológica de las especies y su capacidad para satisfacer las necesidades humanas.

En la zona centro de México, el maíz se sembraba en diferentes arreglos: maíz-frijol, maíz-frijol-calabaza y maíz-haba. En lugares como los Altos de Jalisco, Estado de México y Puebla, los sistemas agrícolas incluían la producción de hortalizas, alfalfa, trigo, garbanzo y maíz (Gispert, 1997). Este uso y manejo de los agro-ecosistemas sustentan servicios multifuncionales, tales como fuente de alimentos, combustibles, fibra, construcción, medicinales, entre otros (Navarro *et al.*, 2012).

En San José del Rincón, Estado de México, aún se llevan a cabo actividades de carácter primario como la agricultura de temporal, seguida de la pecuaria, forestal y acuícola. La papa, el maíz, la avena y el frijol son los cultivos principales (INEGI, 2007). En San Felipe del Progreso en el mismo Estado, algunos campesinos cultivan maíz y frijol en ocasiones acompañados por algunos quelites.

Sin embargo, Turrent *et al.* (2012) indican que la milpa actual ha perdido parte de su biodiversidad como cultivo compuesto, traduciéndose a un menor número de especies componentes, en consecuencia también se está perdiendo el conocimiento generado durante siglos por los pueblos indígenas (Navarro *et al.*, 2012).

1.2. Componentes vegetales de la milpa

El énfasis en inducir a los campesinos a incrementar la productividad de la milpa a partir del conocimiento sobre la milpa tradicional, que incluye plantas alimenticias, medicinales, industriales y ornamentales es pertinente tanto social como ambientalmente. El cambio en el régimen alimenticio de los pueblos indígenas y de las especies cultivadas en la milpa se debe a una modificación de la demanda de productos por dos tipos de preferencias: a) convergencia; creciente similitud de las dietas de las personas en el mundo, determinada por la dependencia de cereales básicos (trigo y arroz), e incremento en el consumo de carne, lácteos, aceites comestibles, sal y azúcar y, b) adaptación dietética; que consiste en los cambios alimenticios debidos al tiempo y ritmo de vida urbana (Gordillo, 2012).

1.2.1. Leguminosas

La integración de leguminosas en los agro-sistemas es una práctica antigua en la agricultura. Estas plantas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, reducen la erosión, sirven como control de malezas, aportan materia orgánica y permiten la entrada de nitrógeno al suelo (Gimeno *et al.*, 2006) debido a la relación mutualista entre las plantas y bacterias del género *Rhizobium*.

Estas bacterias son capaces de fijar nitrógeno atmosférico para convertirlo a una forma aprovechable para las especies vegetales. Dichas características convierten a las leguminosas intercaladas en componentes tecnológicos con alto potencial para mantener la productividad del suelo en condiciones de ladera con alto potencial erosivo (Gimeno *et al.*, 2006b).

El cultivo de leguminosas puede tener otros efectos benéficos en el suelo. En la región de Huánuco, Argentina, se encontró que la descomposición de las leguminosas en el suelo propició un cambio en el pH de 5.1 a 5.8 (Vargas y Valdivia, 2005). La aplicación de algunos elementos como K y P a través de la fertilización mineral en cultivos con leguminosas permite incrementar los contenidos de dichos elementos en el suelo (Ovalle *et al.*, 2007).

Además, las partes de las leguminosas destinadas al consumo humano tienen un contenido elevado de proteínas y aminoácidos, complementando la dieta basada en carbohidratos.

Cabe recalcar que en las leguminosas, cada cultivar se adapta a su agro-ecosistema, por tanto, se deben tener consideraciones para su manejo agronómico como las siguientes.

- a) Longitud del día. La cantidad y duración de luz puede favorecer o interferir en el desarrollo del cultivo, por ejemplo, la floración puede responder a los días cortos.
- b) Agobio hídrico. Para promover una actividad reproductiva vigorosa en ocasiones se requiere un factor de agobio hídrico.
- c) Duración del crecimiento vegetativo. Los cultivos de desarrollo más rápido necesitan un periodo de lluvias aproximadamente de cuatro meses para una producción económica de semilla.
- d) Enfermedades. Las lluvias prolongadas o su ocurrencia durante el periodo seco, ocasionan problemas de hongos patógenos.
- e) Condiciones de cosecha. Humedad alta es un factor perjudicial en cultivos que necesiten ser trillados.
- f) Precipitación. Es necesario cuantificar la precipitación pluvial anual para cada especie.
- g) Temperatura. En algunos casos el crecimiento vegetativo se ve limitado por bajas temperaturas (Hopkinson y Reid, 1979).

1.2.2. Tubérculos

Los tubérculos son percederos y se propagan vegetativamente. En la papa, por ejemplo, cada tubérculo permite aumentar la diversidad genética. Cuando la papa se siembra en rotación se reduce la pérdida de los nutrientes, se favorece la aireación y la no compactación del suelo (Scott *et al.*, 2001). Sin embargo, la producción intensiva en cultivo simple reduce el contenido de materia orgánica, fomenta la erosión hídrica y eólica (Scott *et al.*, 2001) y el uso intensivo de agroquímicos.

Para el cultivo de tubérculos, se debe considerar los siguientes aspectos:

- a) Temperatura. La papa requiere una temperatura máxima de 26°C y una mínima de 8°C.
- b) Viento. La papa soporta vientos fuertes.
- c) Fotoperiodo. Para que el tubérculo crezca la papa requiere de un periodo de 12 a 16 horas de iluminación.
- d) Precipitación pluvial. La papa requiere de 3 a 5 meses de lluvia, otros tubérculos como la zanahoria requieren de 8 a 12 meses.
- e) pH. Para un buen desarrollo de los tubérculos, la papa requiere de pH del suelo de 5.0 a 5.4.
- f) Suelo. La papa requiere suelos francos, franco-arenosos, sueltos, profundos, friables y bien drenados.
- g) Fertilización. La papa responde bien a altas aplicaciones de N, P y K (Montaldo, 1991).

1.2.3. Arvenses

México tiene una gran diversidad de flora debida a la diversidad de climas y suelos causada por la topografía y procesos geológicos. Las plantas conocidas como arvenses, que son aquellas que prosperan en los campos de cultivo, sobreviven a condiciones de estrés debidas a la selección natural o a las prácticas de labranza y manejo de los agricultores (Zamorano, 2006). Las arvenses conviven en competencia con cultivos de interés económico; sin embargo, estas especies son claves para resolver problemas de erosión, dar manejo a las coberturas y la fertilidad del suelo (Blanco y Leyva, 2010).

Su estudio cobra importancia por el impacto al desarrollo, crecimiento y productividad del cultivo principal (Brenes y Agüero, 2007), además, de que los pueblos indígenas hacían uso de las arvenses para fines medicinales y alimenticios, mismos que les permitían generar un ingreso extra. Evidencias etnobotánicas apuntan que la evolución de los pueblos mesoamericanos se basó en una habilidad en el conocimiento, uso de

tecnologías y de recursos vegetales, incluyendo el aprovechamiento y manipulación de las especies en un arreglo espacial y temporal complejo (Caballero y Cortés, 2001), variando de acuerdo a las condiciones físicas y ambientales de cada agro-ecosistema.

1.3. Relevancia económica y social de algunas especies componentes de la milpa y como cultivo simple.

Ciertas especies emergen dentro de los agro-ecosistemas y del cultivo de interés principal, por lo cual han desarrollado adaptación y resistencia a condiciones adversas (Santiaguillo y Yáñez, 2009). Muchas son manejadas como plantas de recolecta, toleradas o fomentadas (Castro *et al.*, 2014).

En el caso de las especies como el tomate de cáscara, haba, frijol, manzanilla, verdolaga y nabo, su estudio se ha centrado en cultivos simples con fines comerciales; sin embargo, en ciertas regiones del país se cultivan en asociación o intercalados con diferentes especies. Algunas plantas medicinales como la manzanilla y plantas comestibles como la verdolaga, la malva y la papa nativa son de especial interés pero han sido poco estudiadas en cultivos intercalados (Castro *et al.*, 2014b).

A continuación se presenta la importancia económica y social de las especies antes mencionadas a nivel nacional.

1.3.1. Tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.)

1.3.1.1. Económica

El tomate de cáscara es una planta alimenticia con importancia nacional que se cultiva en 27 de los 32 estados del país, principalmente en los estados de Durango, Chihuahua, Coahuila y Aguascalientes. El tomate es superado solamente por cuatro hortalizas: papa, jitomate, chile y cebolla.

Durante el periodo 1990-2000, la producción representó el 4.25% de la superficie total de hortalizas a nivel nacional, con un crecimiento promedio anual de 4.4%. En 2013, los rendimientos en temporal fueron de 11.46 t ha⁻¹ y en riego 15.94 t ha⁻¹ (SIAP, 2014).

Alrededor del 81% del tomate de cáscara producido es bajo condiciones de riego con rendimientos de 10 a 11 t ha⁻¹, el resto 19% restante es de temporal con rendimientos que alcanzan las 5 t ha⁻¹(López *et al.*, 2009).

1.3.1.2. Social

Se ha documentado por diferentes hallazgos arqueológicos que el tomate de cáscara se utilizó en la alimentación del pueblo mexicano desde tiempos precolombinos (Santiaguillo y Yáñez, 2009). Los cambios alimenticios en la dieta de los mexicanos no han logrado su desplazamiento. Se le considera un ingrediente fundamental en la gastronomía mexicana, principalmente en la elaboración de salsas.

Tiene vida de anaquel muy corta y poca participación en los procesos de industrialización. El tomate de cáscara tiene propiedades medicinales y ornamentales que lo hacen atractiva para la gente.

1.4.1. Verdolaga (*Portulaca oleracea* L.)

1.4.1.1. Económica

En México a partir de 1999 se inició la producción comercial de verdolaga. Según datos del SIAP, en 2013 la verdolaga alcanzó rendimientos de 12.34 t ha⁻¹. Los principales estados productores son Baja California Norte, Morelos y el D.F. El SINAREFI (2014) ha ubicado tres regiones bien definidas como productoras de verdolaga, las cuales son: Xochimilco y Gregorio-Mixquicen el D.F. y Cuautla, Morelos.

1.4.1.2. Social

La verdolaga es considerada una maleza en alrededor de 80 países, algunas culturas la consumen por ser fuente importante de minerales (Lara, 2008). Las personas la consumen en sopas y ensaladas. En algunos lugares es utilizada como planta medicinal para enfermedades gastrointestinales, además de que provee al organismo de los ácidos grasos omega 3 y omega 6 necesarios para un adecuado desarrollo y funcionamiento del cerebro (Mera *et al.*, 2014), en ocasiones se le da uso ornamental.

La verdolaga puede ser recolectada en las orillas de las parcelas, al interior de los cultivos básicos o producirse en cultivo simple (Nava *et al.*, 2002).

1.5.1. Malva (*Malva parviflora* L.)

1.5.1.1. Económica

La malva es una planta introducida a México de Europa y es común en los cultivos agrícolas. Se cultiva en climas cálidos, semicálidos y templados, desde los 1,000 hasta 3,900 msnm. Su distribución abarca varios estados, entre ellos, el estado de México, Chiapas, Hidalgo, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Guerrero, Veracruz y Zacatecas (Vibrans *et al.*, 2009). La malva alcanza 60 cm de altura y puede persistir como maleza debido a la longevidad de las semillas (Halvorson, 2003).

1.5.1.2. Social

Es considerada una planta medicinal por sus propiedades que ayudan al tratamiento de heridas y llagas, desinflamación y moretones, sin embargo, al ingerirse en grandes cantidades puede ser tóxica (Farhan *et al.*, 2012; Nava *et al.*, 2000).

1.6.1. Manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.)

1.6.1.1. Económica

En México la manzanilla se cultiva poco; sin embargo, en 2013 se obtuvieron rendimientos de 6.80 t ha⁻¹(SIAP, 2014). Los principales estados productores de manzanilla son: Jalisco, Estado de México, Morelos, Puebla y San Luis Potosí. Su producción y comercialización se han desarrollado a la par de grandes empresas con propósitos medicinales o degustativos.

1.6.1.2. Social

El interés que se tiene por esta especie se debe a sus propiedades medicinales y a su amplia aplicación en la medicina tradicional. La manzanilla se ha destinado al tratamiento de enfermedades gástricas de tipo infeccioso y anti-parasitario, sus propiedades aromáticas y cosméticas la hacen atractiva para el mercado; la sencillez de su cultivo y los bajos costos de inversión son un estímulo para muchos campesinos

que la alternan con sus cultivos tradicionales. También es ampliamente cultivada en huertos familiares.

1.7.1. Haba (*Vicia faba* L.)

1.7.1.1. Económica

El haba es una fuente de proteína importante en la alimentación humana y ganadera. En México de acuerdo con el SIAP (2014), el rendimiento alcanzado en haba verde bajo riego en 2013 fue de 6.24 t ha⁻¹ y en grano de 2.79 t ha⁻¹. En temporal fue de 5.30 t ha⁻¹ en haba verde y 1.21 t ha⁻¹ en grano. Los principales estados productores son el estado de México, Puebla, Tlaxcala y el Distrito Federal.

1.7.1.2. Social

El haba es una de las leguminosas de gran valor social y económico, con una alta capacidad para mantener o mejorar la fertilidad del suelo, debido a que entre las leguminosas es la que fija la mayor cantidad de nitrógeno atmosférico y es tolerante a bajas temperaturas (Condori *et al.*, 1997).

La inadecuada fertilización, fechas de siembra tardías, presencia de plagas y enfermedades y en algunos casos el uso de materiales criollos reducen la productividad del cultivo (Morales *et al.*, 2002), lo cual incrementa los costos de producción. Es una fuente nutritiva, rica en proteínas.

1.8.1. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

1.8.1.1. Económica

El frijol es la leguminosa principal que se usa como alimento básico en América Latina. En México, las regiones productoras de frijol de temporal se encuentran en los estados de Zacatecas, Sinaloa, Durango, Chiapas, Nayarit y Chihuahua (SIAP, 2014).

El rendimiento en cultivo simple con riego en 2013 fue de 1.64 t ha⁻¹, mientras que, en temporal fue de 0.62 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Es un cultivo que se produce con bajo uso de insumos y su rendimiento se ve afectado por enfermedades, plagas, baja fertilidad de suelos (salinos o ácidos) y baja retención de humedad (Acosta *et al.*, 2012)

1.9.1.2. Social

Las variedades de frijol adaptadas a distintos agro-ecosistemas en el país representan la base de los actuales programas de mejoramiento genético (Acosta *et al.*, 2012); además, es la fuente principal de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales, así como de fibra soluble para la salud humana.

1.9.1. Papas nativas (*Solanum demissum* Lindl.)

1.9.1.1. Económica

En términos de producción y valor agregada de la producción, los tubérculos más importantes son la yuca, la papa, el camote y el ñame (Scott *et al.*, 2000).

Las papas locales son especies silvestres, fomentadas o cultivadas del género *Solanum*, que no pertenecen a las papas comunes (*Solanum tuberosum* L.). Estas papas nativas producen tubérculos variopintos y se cultivan bajo condiciones ambientales adversas donde las variedades comerciales no pueden competir.

La papa local estudiada en este trabajo (*Solanum demissum*) es una especie que crece en forma de roseta y en ocasiones es erecta. Se auto-poliniza y produce fácilmente frutos en condiciones naturales, se distribuye principalmente en regiones del norte y sur de México (Spooner *et al.*, 1997).

1.9.1.2. Social

Para el consumo doméstico, las papas locales generalmente se hierven, igual como la papa común. En la región Andina los tubérculos son esenciales en la estrategia de seguridad alimentaria de las familias campesinas (Terrazas y García, 2003). Las papas locales de México son productos menores con consumo local que ocasionalmente aparecen en el comercio regional.

1.10.1. Nabo (*Brassica napus* L.)

1.10.1.1. Económico

El cultivo de *Brassica napus* se encuentra en una etapa de introducción en México. El alto costo de la semilla es una desventaja para los productores debido a que se

requieren altas densidades de población para obtener altos rendimientos (Ortegón *et al.*, 2009). Por otra parte, el nabo silvestre (*Brassica rapa* L.) es considerado una maleza (Ramírez *et al.*, 2012). Sin embargo, en algunos lugares se cultiva.

Los agricultores de Valles Altos y de la Mesa Central de México conocen al nabo como nabillo o hierba del pájaro, el cual predomina en el Estado de México y los estados de Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Morelos, además de ser una arvense silvestre que crece donde el ser humano ha causado alguna perturbación al ecosistema (Rodríguez, 2010; Nava *et al.*, 2000).

1.10.11. Social

Una persona al ingerir 100g de quelite de *Brassica*, *Amaranthus* o *Chenopodium*, puede proveerse de suficientes cantidades de calcio, vitamina A, tiamina, riboflavina y vitamina C para el día (Herrera, 2012).

En algunos lugares, el nabo es utilizado en la apicultura. Las variedades resistentes al frío se siembran en otoño y se cosechan como forraje a finales de invierno.

En los Valles Altos y en la Mesa Central de México el nabo se separa del cultivo de la cebada para posteriormente venderla como grano a la industria aceitera, en otros casos, se corta en fresco para el alimento de aves (Rodríguez, 2010).

III. OBJETIVO E HIPÓTESIS

El objetivo de este estudio fue probar algunas especies vegetales anuales además del frijol arbustivo que tienen potencial como sotocultivo en el sistema MIAF en la región noroeste del Estado de México.

La hipótesis fue: existen especies vegetales anuales que pueden intercalarse con el maíz y frijol de guía asociados en los arreglos topológicos del sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) y que incrementan la eficiencia relativa de la tierra.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Área de estudio

El experimento se instaló en una parcela de la comunidad de San Juan Palo Seco, municipio de San José del Rincón, Estado de México (19°52'86"11 N, 100°16'80"56 O) (Figura 1), a 2838 m sobre el nivel del mar. El clima es templado subhúmedo con verano largo, la temperatura media anual oscila entre los 12 y 18°C con lluvias en verano y una precipitación anual que varía de 800 mm a 1200 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2013).

El municipio de San José del Rincón cuenta con dos tipos de relieve. En la parte oeste se ubica la sierra con pendientes mayores a 25%, del lado este se encuentra el valle de laderas tendidas con pendientes de 0% a 10%. Los suelos de San José del Rincón se clasifican en: Andosoles (88.13%), Luvisol (6.37), Planosol (3.52%), Litosol (0.97%), Cambisol (0.73%) y Acrisol (0.28%)¹.

El sitio experimental correspondió a una ladera cultivada previamente con maíz (*Zea mays* L.) y papa (*Solanum tuberosum*), con una pendiente de 20%, cuyo suelo corresponde a los andisoles del lado este del municipio de San José del Rincón, Estado de México.

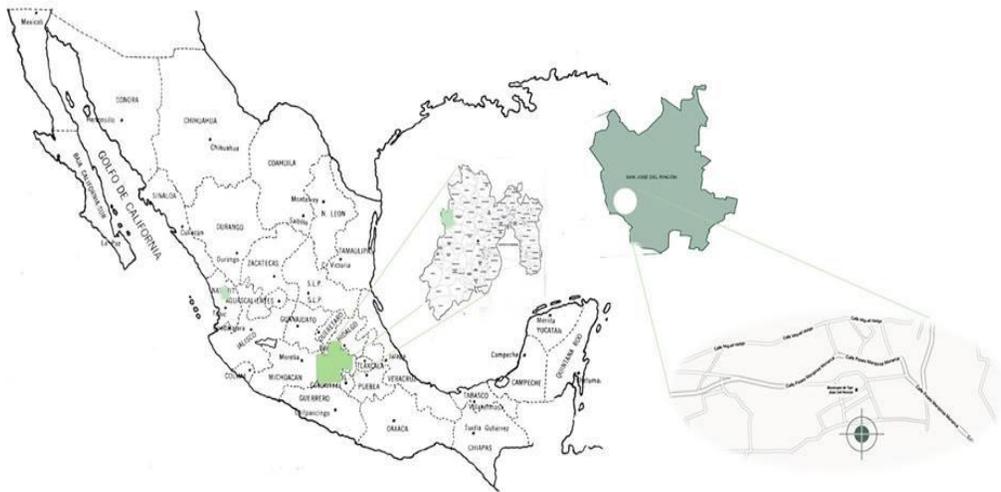


Figura 1. Ubicación de la comunidad de San Juan Palo Seco, municipio de San José del Rincón, Estado de México.

¹Gaceta Municipal, 2013.

2. Selección del material vegetal

En diciembre 2012, se aplicaron tres entrevistas abiertas a tres miembros de la comunidad con edades de 60, 65 y 80 años de las comunidades mazahuas de San Juan Palo Seco y San Antonio el Depósito, municipio de San José del Rincón, Estado de México. El objetivo principal de las entrevistas fue conocer qué plantas formaban parte de sus agro-ecosistemas y en la actualidad han sido desplazadas.

Se obtuvo un listado de especies y genotipos sobresalientes observados en la milpa aproximadamente hace 50 a 70 años. Los componentes registrados fueron: frijol rosa o chamacuero; maíz blanco, negro, rosado y cacahuazintle; haba, chilacayote, avena, trigo, papa juilona, cebada, nabo, cenizo, jaltomatera, jaramao, uxcon, malva, lacitos y flor de gato.

Los campesinos compraban especies vegetales para complementar su alimentación, entre ellas sobresalían el chile, la cebolla y la chilaca. No hacían uso del jitomate y utilizaban la epidermis (cáscara) de la papa como tomate. Actualmente ya se perdió esta costumbre.

Posteriormente, de acuerdo a los resultados obtenidos de las entrevistas, se seleccionaron para este estudio las especies anuales: maíz (*Zea mays*L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), haba (*Vicia faba*) y papa (*Solanum demissum* Lindl.), junto con el tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.), nabo (*Brassica napus* L.), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) y malva (*Malva parviflora* L.).

Algunas características regionales de las especies seleccionadas se describen a continuación.

2.1. Tomate de cáscara

El tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.) es una especie herbácea anual, erecta, ramificada y extendida, que alcanza hasta 1 m de altura (Calzada, 2013), la cual fue introducida en la región noroeste del Estado de México para fines comerciales.

Se cultiva a campo abierto en suelos de textura arcillosa y de riego rodado y en algunos lugares se cultiva en invernadero. En la zona de estudio es difícil encontrar

cultivos de tomate de cáscara en temporal. En regiones bajo condiciones de riego, se recomienda la siembra directa en los primeros días de marzo (ICAMEX, 2014).

Para el estudio, se germinaron las semillas de tomate de cáscara en charolas de unicel en un invernadero de tipo comercial, ello, para asegurar la germinación. Las plántulas al alcanzar una altura promedio de 8 a 10 cm, se trasplantaron de acuerdo a los tratamientos correspondientes en el mes de mayo.

2.2. Nabo

El nabo (*Brassica napus* L.) es una especie anual introducida en México a partir de las primeras pruebas de adaptación en Sonora y en otras regiones del país en 1990 (Hernández *et al.*, 2008). Es una planta de ciclo anual, herbácea, con un sistema radical pivotante con raíces secundarias, los tallos son erectos y se ramifican (Pereyra *et al.*, 2014).

En la región noroeste del Estado de México se comercializa la semilla de *Brassica napus*, la cual es cultivada en pequeñas áreas para consumo humano y su venta en mercados locales. Por otra parte, *Brassica rapa* se colecta en los terrenos de cultivo donde crece como arvense para consumo humano; sin embargo, esta práctica se está perdiendo debido al uso de herbicidas para el control de malezas. En el estudio se trabajó con *Brassica napus*, debido a que las semillas de *Brassica rapa* no fueron colectadas en el ciclo anterior.

2.3. Papa

El tamaño de los tubérculos de esta papa local (*Solanum demissum* Lindl.) es de pequeño a mediano. Las plantas de papa alcanzan una altura promedio de 60 a 80 cm. Sin embargo, la planta de papa es sensible a enfermedades como el tizón (*Phytophthora infestans*) y a daños causados por la pulga saltona (*Epitrix* sp.), pero, resiste temporadas largas de sequía.

Para el estudio se colectaron tubérculos en las siembras de maíz en la misma comunidad de San Juan Palo Seco. Los tubérculos no recibieron manejo fitosanitario.

2.4. Haba

El haba (*Vicia faba* L.) es una planta anual, erecta, con tallo grueso, hojas compuestas y follaje verde grisáceo. Su cultivo es muy popular en los valles altos de la Mesa Central de México; sin embargo, los rendimientos unitarios son bajos y variables (Campos *et al.*, 1993).

El haba requiere de suelos ligeros y profundos con buen drenaje y pH de 6.0 a 6.5. Se siembra directamente en los meses de marzo y abril. Regularmente se produce en cultivo simple o asociado con el maíz (ICAMEX, 2014; SINAREFI, 2014). Se utilizó semilla criolla para el estudio obtenida en la localidad.

2.5. Verdolaga, manzanilla y malva

La verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) y malva (*Malva parviflora* L.) son especies anuales, las cuales crecen como arvenses en terrenos cultivados (Vibrans *et al.*, 2009). Su uso principal es para consumo humano y tratamiento de algunas enfermedades. Se comercializa en mercados locales (Nava *et al.*, 2002).

Para el estudio se hizo una colecta de semilla de malva en parcelas próximas al sitio experimental. Las semillas colectadas no recibieron manejo fitosanitario. Las semillas de la manzanilla y verdolaga se compraron en una casa semillera en la comunidad de San Lorenzo Tlacotepec, Estado de México.

En mayo 2013, se hizo la siembra directa de estas especies, sin embargo, no germinaron. En cambio, la verdolaga sí germinó, pero las plántulas al alcanzar 1 cm de altura murieron días después, así que no fueron incluidos en los resultados. Cabe aclarar que no se hizo la prueba de viabilidad de las semillas.

2.6. Maíz

El maíz (*Zea mays* L.) en el área de estudio de San Juan Palo Seco es identificado por los productores de acuerdo a su color; blanco, amarillo, azul, rosado y cacahuazintle. Para este estudio se seleccionó el maíz color azul por tener la característica de ser una raza nativa precoz, resistente a la sequía y de buen sabor. Sus debilidades son que es sensible al acame y a la producción de hijuelos.

2.7. Frijol

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es identificado por los productores en la región noroeste del Estado de México como frijol negro de guía. La calidad del frijol está determinada por la preferencia del consumidor y su valor nutricional.

Las grandes cantidades de almidón de los granos que dan consistencia a las comidas, es una característica que consideran los consumidores para definir la preferencia de la clase de frijol en su dieta.

3. Diseño experimental

Para probar la hipótesis de trabajo, se estudiaron 21 tratamientos, los cuales están listados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Lista de tratamientos estudiados de acuerdo al cultivo intercalado de maíz-frijol de guía asociados y sotocultivos sembrados en franjas alternas bajo dos arreglos topológicos y en cultivo simple.

Número de tratamiento	Arreglo topológico	Sotocultivo	Abreviación
1	1x1 ²	Tomate de cáscara (TC)	MFA-TC 1X1
2	1x1	Haba (H)	MFA-H 1X1
3	1x1	Papa juilona (PJ)	MFA-PJ1X1
4	1x1	Nabo (N)	MFA-N 1X1
5	1x1	Malva (M)	MFA-M 1X1
6	1x1	Verdolaga (V)	MFA-V 1X1
7	2x2	TC	MFA-TC 2X2
8	2x2	H	MFA-H 2X2
9	2x2	PJ	MFA- PJ2X2
10	2x2	N	MFA- N 2X2
11	2x2	M	MFA M 2X2
12	2x2	V	MFA V 2X2
13	Cultivo simple (CS)	TC	CS-TC
14	CS	H	CS-H
15	CS	PJ	CS-PJ
16	CS	N	CS-N
17	CS	M	CS-M
18	CS	V	CS-V
19	CS	Maíz	CS-Maíz
20		Milpa tradicional	
21		MFA sin sotocultivo	

²1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de cada sotocultivo; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de cada sotocultivo; MFA = Maíz asociado al frijol de guía en cultivo "simple".

El arreglo de los tratamientos en campo fue en base al diseño experimental parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas principales fueron los arreglos topológicos: a) un surco de maíz asociado con frijol de guía alternada con un surco de cada sotocultivo (1x1) (Figura 2) y, b) dos surcos de maíz asociado con frijol de guía alternada con dos surcos de cada sotocultivo (2x2) (Figura 3).

Las subparcelas fueron los sotocultivos, donde, doce de ellos resultaron de la combinación de la siembra en franjas alternas del maíz-frijol de guía asociados (MFA) con cada uno de los seis “sotocultivos” en los arreglos topológicos comúnmente usados en el sistema MIAF con maíz y frijol de crecimiento determinado.

Los tratamientos del 13 al 19 correspondieron al cultivo simple de cada sotocultivo (CS) (Figura 4).

Los dos tratamientos restantes 20 y 21 fueron la milpa tradicional (MT) y la milpa maíz-frijol de guía asociados sin sotocultivo (MFM).

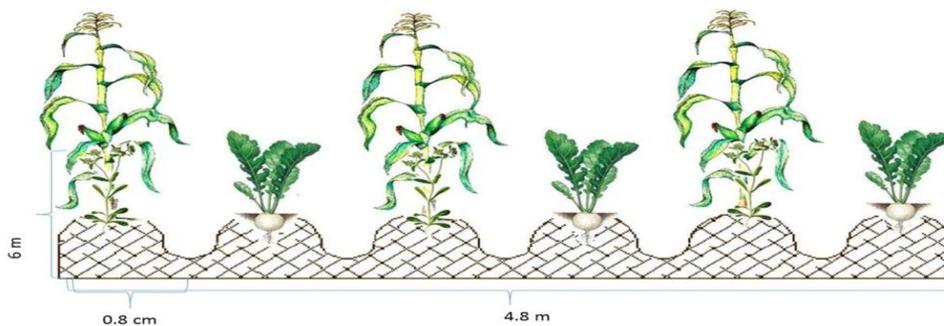


Figura 2. Arreglo topológico un surco de maíz asociado con frijol de guía alternada con un surco de cada sotocultivo (1x1).

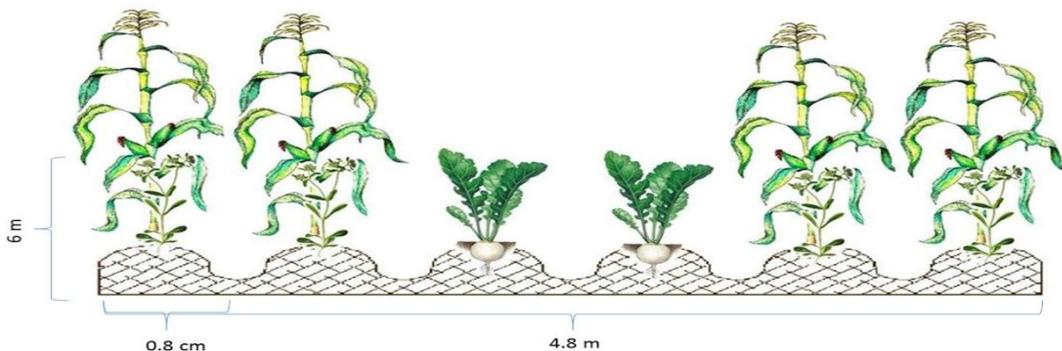


Figura 3. Arreglo topológico dos surcos de maíz asociado con frijol de guía alternada con dos surcos de cada sotocultivo (2x2).

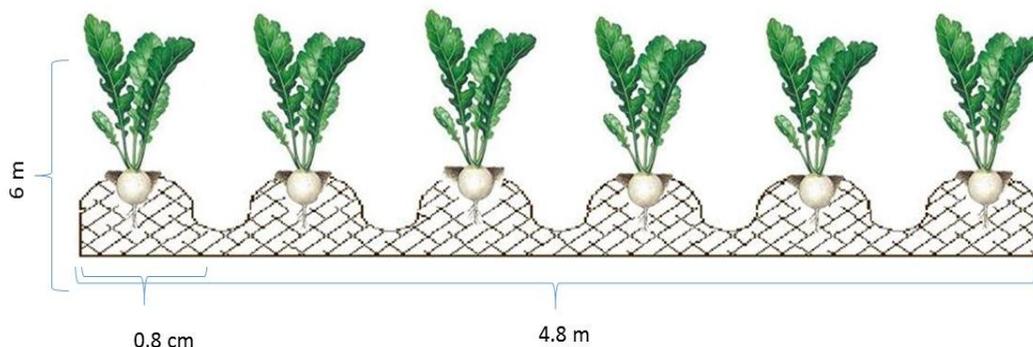


Figura 4. Arreglo topológico del cultivo simple de cada sotocultivo (CS): tomate de cáscara, haba, papa, nabo, malva y verdolaga.

4. Establecimiento del experimento

4.1. Preparación del suelo

En primer lugar, el suelo fue barbechado de forma mecánica con un tractor, enseguida el agricultor con un tronco de caballos hizo el surcado. Posteriormente, se midió y delimitó la superficie de la parcela experimental de 43 m de longitud x 44 m de ancho ($1,824\text{m}^2$) con un pasillo de un metro en la parte central.

Se delimitaron las unidades experimentales que consistieron en seis surcos de 6 m de longitud x 4.8 m de ancho (28.8m^2). Para facilitar la ubicación de las 63 unidades experimentales se colocaron alambres en sus esquinas.

4.2. Fertilización

Para la aplicación de fertilizantes, cuatro personas colocaron las bolsas de fertilizantes al inicio de cada surco según el tratamiento, posteriormente, se esparció el contenido en banda en cada surco.

La fertilización de las especies no fue un factor de estudio, por lo que la dosis se determinó de acuerdo al requerimiento mínimo para el maíz, frijol de guía y los sotocultivos. Al maíz y frijol de guía en cada tratamiento al momento de la siembra se les fertilizó con la fórmula $40-80-00\text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ más 3 t ha^{-1} de estiércol, cuya aplicación fue en banda en el fondo de los surcos. A los sotocultivos (malva, tomate de cáscara, verdolaga, haba, nabo y papa) al momento de la siembra y

trasplante del tomate de cáscara se aplicó en banda la fórmula 00-30-00 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O.

4.3. Siembra

La siembra fue de acuerdo al número de plantas ha⁻¹ para cada especie: maíz, 41,666; frijol, 20,833; tomate de cáscara, 25,000; haba, 41,666; papa, 33,333; nabo, 200,000; malva, 50,000 y verdolaga, 100,000.

Para el haba, el maíz y el frijol de guía la distancia entre matas fue de 60 cm, ubicándose 2, 2 y 1 plantas por mata, respectivamente. En papa la distancia entre plantas fue de 37 cm, en nabo de 6.25 cm, en malva de 25 cm, en verdolaga de 12.5 cm y en tomate de cáscara de 50 cm.

Se tuvo dos fechas de siembra; a) el 20 y 21 de abril se sembró el maíz, el frijol de guía, la papa y el haba y, b) el 18 de mayo se hizo la siembra del nabo, la verdolaga, la malva y el trasplante de tomate de cáscara. Cabe mencionar que la siembra de maíz, frijol de guía y haba se realizó un mes después de la fecha de siembra habitual por los productores. Sin embargo, la cualidad de ser razas nativas, permiten dar una buena respuesta en el rendimiento debidas a las siembras tardías.

En el primer periodo de siembra después de la fertilización, cuatro personas indicaron la distancia entre matas con tiras de lazos marcados con las medidas arriba mencionadas. Posteriormente, tres personas colocaron la semilla en su lugar, misma que fue tapada en seguida.

En el segundo periodo de siembra, para el nabo y la verdolaga, el manejo fue similar al de las especies en la primera siembra, mientras que el tomate de cáscara fue trasplantado.

5. Manejo y seguimiento del experimento

5.1. Segunda fertilización y primera escarda

En la primera escarda y segunda fertilización se aplicó la fórmula 40-00-00(kgha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O) al maíz y frijol de guía por cada tratamiento a los 62 días después de la siembra (dds). Se usó urea como fuente de nitrógeno aplicado en banda.

Los sotocultivos ya no se fertilizaron.

5.2. Segunda escarda

A los 92 dds del maíz, haba, papa y frijol de guía se hizo la segunda escarda con un tronco de caballos como usualmente se realiza en la comunidad principalmente en condiciones de ladera.

5.3. Control de malezas

Las malezas se controlaron manualmente. A los 54 dds del maíz, frijol de guía, papa y haba se hizo un rayado como comúnmente se le nombra en la comunidad. El rayado jalado con un tronco de caballos es similar a una escarda, con la diferencia de que su principal función es hacer un control manual de las malezas cubriéndolas con el suelo que es removido.

A los 115 y 153 dds del maíz, frijol de guía, haba y papa se hicieron dos deshierbes de forma manual en cada tratamiento.

5.4. Control de plagas y enfermedades

Después de los 20 días de emerger el maíz y del trasplante de tomate de cáscara se observaron daños ocasionados por el gusano trozador (*Agrotisi psilon*) y del gusano de alambre (*Agriotes* spp.). El daño por tuza (*Geomys bursarius*) durante el desarrollo del experimento fue constante, principalmente a las orillas de las parcelas.

La lluvias a finales de mayo y principios de junio propiciaron la disminución del gusano trozador y del gusano de alambre. En la primera quincena de junio se observó la presencia del frailecillo (*Macrodactylus mexicanus*) en el maíz y en el nabo, así como de la pulga saltona (*Epitrix* sp.) en la papa. Al incrementarse su población se aplicó malatión de acuerdo a la dosis recomendada por el fabricante.

El control y manejo de plagas no fue un factor de estudio, por tanto, el criterio de selección para el uso y dosis de plaguicida fue la recomendación comercial.

A finales de junio, la infestación de frailecillo en el maíz, nabo y haba aún persistía, motivo por el cual, se decidió realizar otra aplicación de malatión.

En la primera semana de agosto se observó la presencia de tizón (*Phytophthora infestans*) en plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.), las cuales crecieron espontáneamente como arvenses en diferentes áreas de la parcela, por lo que se aplicó *Trichoderma* (50g en 10 L de agua) como medio de control.

6. Respuesta del cultivo

En las parcelas de maíz y frijol de guía se hicieron las siguientes mediciones: en el maíz, cuatro días antes de la cosecha (194 dds) se midió la altura de planta en centímetros usando un flexómetro. En la cosecha se eliminaron las plantas ubicadas en los extremos de cada surco de la parcela útil.

Las mazorcas estaban maduras para esta fecha. Una vez cosechadas todas las mazorcas, se registró el peso de campo usando una balanza de reloj; así mismo, en una muestra de cinco mazorcas elegidas al azar se determinó el diámetro y longitud de la mazorca, el número de granos por mazorca, el contenido de humedad en el grano y el peso del grano y olote.

Con estas dos últimas determinaciones y el peso de campo de las mazorcas se calculó el rendimiento de granos de maíz con 14 % de humedad correspondientes a 0.5 ha^{-1} .

En el caso del frijol de guía, se registró la altura de la planta. La cosecha se hizo en la misma fecha del maíz. Enseguida de la cosecha de todas las vainas, se extrajo el grano, el cual fue expuesto al sol para concluir su secado y a un contenido de humedad de 14% como en el caso del maíz. Finalmente, se calculó el rendimiento en kilogramos, correspondiente a 0.5 ha^{-1} .

El nabo se cosechó en tres cortes a los 80, 119 y 125 dds, para obtener la materia fresca conocida como corazones antes de que comenzará la floración, debido a que de esta forma es consumida en la región. En cada corte se registró diámetro y longitud del tallo, así como la altitud de la planta en centímetros.

Posteriormente, fueron pesadas para determinar el peso fresco de nabo por parcela útil por tratamiento y en ellas calcular el rendimiento de materia fresca en 0.5 ha^{-1} .

De la malva y manzanilla no se obtuvo ninguna información debido a que no hubo germinación. En la verdolaga, aunque tuvo germinación, las plántulas murieron.

En la papa juilona las plantas completaron su ciclo, sin embargo, la producción de tubérculos fue negligible, así que no se analizó.

En el haba y tomate de cáscara se tomaron muestras de 10 plantas en competencia completa por tratamiento de acuerdo a la superficie (9.6 m^2 para el arreglo topológico 1x1, 6.4 m^2 en el arreglo topológico 2x2 y 12.8 m^2 para el cultivo simple) y la densidad

de población, 25, 000 y 41, 666 plantas por hectárea en tomate de cáscara y haba respectivamente, en 0.5 ha⁻¹.

El haba fue cosechada a los 193 dds. Se desvainó y se pesó en fresco en una báscula granataria. También se cuantificó el número de tallos y vainas por planta por cada tratamiento.

La cosecha del tomate de cáscara se hizo a los 83 y 105 días después del trasplante. Se consideró: frutos por planta, diámetro ecuatorial y polar del fruto (cm) y altura de la planta (cm) por cada tratamiento en 0.5 ha⁻¹.

7. Análisis de datos

A las especies tomate de cáscara, nabo y haba, con sus respectivos cultivos simples, así como del maíz en asociación con frijol de guía (MFM) y en cultivo simple, se les aplicó un análisis de varianza para determinar el efecto del arreglo topológico (AT) en el rendimiento y algunos componentes del mismo. Se usó el paquete estadístico SAS versión 9.00 en todo el ANOVA y la comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

La eficiencia relativa de la tierra (ERT), desarrollada en el Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI por sus siglas en inglés, 1974), como una medida apropiada de la ventaja de un cultivo intercalado sobre el cultivo simple, fue usada para determinar el potencial del tomate de cáscara, nabo y haba como sotocultivos en el sistema MIAF. La ERT definida como la superficie de tierra que se requiere para que los cultivos simples produzcan lo mismo que en el cultivo intercalado fue calculada con la siguiente ecuación:

$$ERT = L_A + L_B = Y_A/S_A + Y_B/S_B$$

Donde $L_A + L_B$ son las ERTs para los cultivos individuales, Y_A y Y_B son los rendimientos de los cultivos individuales en el cultivo intercalado y S_A y S_B son rendimientos como cultivos simples.

Si la ERT es mayor que 1.0, el cultivo intercalado es más eficiente, y si ella es menor que 1.0 entonces, el cultivo simple es más eficiente (Gliessman, 2002).

En el presente trabajo, el cultivo intercalado estuvo compuesto por las especies; maíz, frijol de guía y un sotocultivo. Sin embargo, dado que el maíz y frijol de guía se

sembraron asociados ocupando el mismo espacio, se consideraron como un solo cultivo, tanto en el cultivo mixto como en el cultivo simple.

Entonces, la ERT individual del maíz-frijol de guía asociados, se calculó dividiendo la suma del rendimiento del maíz y del frijol de guía intercalados entre la suma del rendimiento del maíz y del frijol de guía sin intercalado. La ERT individual de los sotocultivos se calculó aplicando directamente la fórmula arriba indicada.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Tomate de cáscara intercalado en franjas con el cultivo de maíz-frijol de guía asociados

1.2. Tomate de cáscara

En el rendimiento de tomate de cáscara no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en los sistemas de cultivo (Cuadro 2). La tendencia de mayor rendimiento en tomate de cáscara se mostró al intercalar un surco de tomate de cáscara con uno de maíz-frijol de guía asociados.

El tomate de cáscara es una planta con fotosíntesis C3 (Labarthe y Pelta, 2010), moderadamente exigente en intensidad luminosa (Gliessman, 2002); esto es, su desarrollo es mejor en condiciones de sombreado (Rodríguez, 2010). Albino (2014) reportó que en el arreglo topológico 1x1 la radiación fotosintéticamente activa (RFA) transmitida a nivel del suelo es 40% menor que al intercalar con el arreglo topológico 2x2 el maíz 'H-155' con frijol arbustivo '8025'.

La menor RFA en 1x1 podría ser una de las razones por las que las plantas de tomate de cáscara tendieron a presentar mayor rendimiento.

Cuadro 2. Rendimiento y eficiencia relativa de la tierra (ERT) del tomate de cáscara intercalado en franjas con maíz-frijol de guía asociados y en cultivo simple en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.

Sistema de Cultivo ^z	AT	Rendimiento (t 0.5 ha ⁻¹)			ERT Individual		ERT Total
		Tomate de cáscara	Maíz	Frijol de guía	Tomate de cáscara	Maíz/frijol de guía	
Intercalado	1x1	0.92±0.01 a	0.79±0.11 a	0.24±0.06 a	0.66	0.56	1.2
Intercalado	2x2	0.67±0.19 a	0.88±0.00 a	0.10±0.02 b	0.48	0.53	1.0
Simple		0.73±0.10 a	0.78±0.72 a	0.26±0.05 a			

^z AT= Arreglo Topológico; 1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de tomate de cáscara; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de tomate de cáscara. Los valores son promedio de tres repeticiones ± ES. Letras distintas dentro de columnas denotan diferencia significativa P ≤ 0.05 (Tukey).

El mayor rendimiento del tomate de cáscara en el arreglo topológico 1x1 pudo deberse al tamaño del fruto. La tendencia de los datos mostró 17 % mayor diámetro ecuatorial y 18% mayor diámetro polar en el sistema 1x1 que en el cultivo simple (Figura 5).

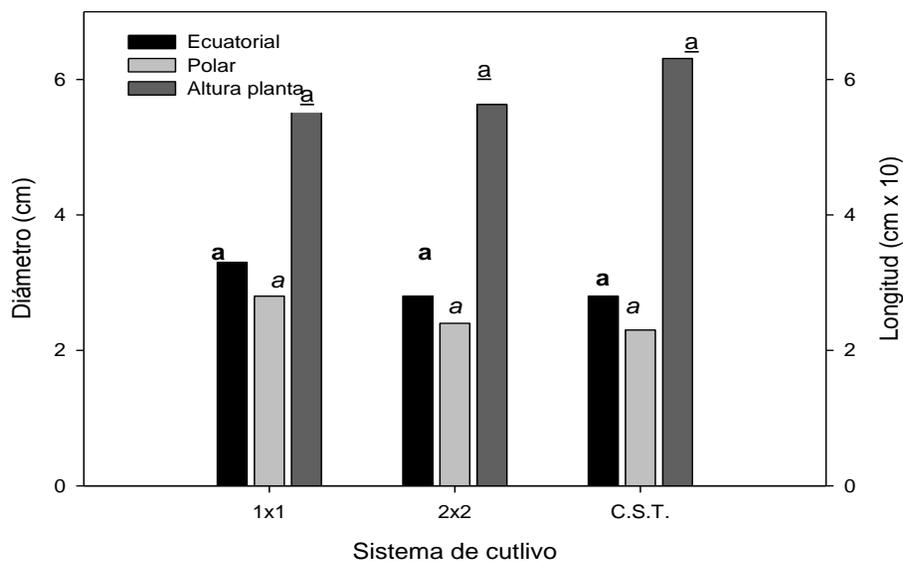


Figura 5. Diámetro ecuatorial y polar del fruto de tomate de cáscara y altura de la planta en los arreglos topológicos: 1x1 = un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de tomate de cáscara; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de tomate de cáscara; CS-T = Cultivo simple de tomate de cáscara. Letras distintas entre barras de cada grupo denotan diferencia significativa P ≤ 0.05 (Tukey).

De manera general en los tratamientos, el rendimiento del tomate de cáscara se considera bajo en comparación a los datos aportados por el SIAP (2014), el cual, reporto en 2013 rendimientos en temporal de 1.8, 2.2 y 4.8 t ha⁻¹ en Sinaloa, Hidalgo y Puebla, respectivamente, y Salas (2004) reporto valores de 5.8 t ha⁻¹ en una siembra

tradicional de tomate de cáscara y 14.5 t ha⁻¹ de tomate asociado con maíz como cultivo barrera, bajo condiciones de riego.

Los bajos rendimientos son atribuidos al manejo del cultivo, específicamente a dos factores, la fertilización y el control de plagas. Salas (2007) sugiere la fertilización, en condiciones de riego con 120-40-00 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. En el presente trabajo se fertilizó con la dosis 30 kg ha⁻¹P₂O₅.

Durante el desarrollo del cultivo se presentó daño por pulga saltona (*Epitrix* sp.) que fue controlada con malation según dosis recomendada por el fabricante. Sin embargo, cualquier daño al área foliar repercute en la intercepción solar (Tinoco *et al.*, 2008) en consecuencia, la reducción del rendimiento.

1.3. Maíz

El rendimiento de maíz asociado con el frijol de guía fue similar en ambos arreglos topológicos y en el cultivo simple maíz-frijol de guía asociados (Cuadro 2). Sin embargo, mostro una tendencia mayor (12 %) en el arreglo 2x2 respecto al arreglo 1x1, similar al que se presentó en el estudio de Albino (2014) al probar estos mismos arreglos con frijol arbustivo.

Esto se atribuye probablemente a la competencia interespecífica por luz, agua y nutrimentos en la que se ve en ventaja el maíz por su mayor área foliar y a su distribución radical (Hai-Yong *et al.*, 2013). En cultivos asociados al existir deficiencias de algún elemento esencial, una especie, en este caso el maíz, es capaz de adquirirlos en mayor proporción, disminuyendo la del frijol (Gliessman, 2002), debido a sus ventajas competitivas.

No se presentaron diferencias significativas en la altura de la planta, diámetro, longitud y número de granos en mazorca en ambos arreglos topológicos y en el cultivo simple de maíz-frijol de guía asociados (Cuadro, 3).

Cuadro 3. Promedio de la longitud (LM), diámetro (DM) y granos por mazorca (GM); altura de planta de maíz (APM); número de vainas por planta (VPF) y altura de planta de frijol de guía (APF) en la asociación maíz-frijol de guía intercalados en franjas con tomate de cáscara en San José del Rincón, Estado de México.

Sistema de cultivo ^z	AT	Maíz				Frijol de guía	
		LM	DM	APM	GM	VPF	APF
		cm				cm	
Intercalado	1x1	12.7±0.25a	5.1±0.08a	195.1±13.3a	328.7±0.94a	53±8.21a	111.2±19.1a
Intercalado	2x2	11.0±0.09a	5.0±0.18a	190.4±19.1a	284.3±0.27a	31±5.03b	105.4±08.1a
CS-MFA		11.9±0.80a	5.0±0.11a	202.0±05.6a	312.9±0.83a	30±2.00b	77.9±11.5a

^zAT = Arreglo topológico; 1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de tomate de cáscara; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de tomate de cáscara; CS-MFA = Cultivo simple de maíz y frijol de guía asociados. Valores de medias en una columna seguida de letras iguales no difieren estadísticamente $P < 0.05$ (Tukey).

Los rendimientos de maíz obtenidos en el estudio se encuentran en el promedio obtenido por los campesinos de la zona, los cuales en buenas condiciones alcanzan rendimientos de 2 t ha^{-1} (Comunicación personal: Antonio Sánchez) y en la región del valle de Toluca de 2.5 a 6.5 t ha^{-1} (González *et al.*, 2007).

1.4. Frijol de guía

El rendimiento del frijol de guía asociado al maíz, fue diferente estadísticamente con 46 % más rendimiento ($P < 0.05$) en el arreglo 1x1 que en el cultivo "simple" de maíz-frijol de guía asociados (Cuadro 2) y, 58 % mayor que el arreglo 2x2, mismo que fue acompañado con el mayor número de vainas por planta (Cuadro 4) en comparación al arreglo 2x2 y al cultivo "simple" de maíz-frijol de guía asociados. En el arreglo 1x1 la planta de frijol de guía tendió a crecer más.

La relación positiva entre altura de planta y el rendimiento ha sido reportada por Herrera *et al.* (2001), ello, porque existe una mayor ramificación y número de vainas por planta; sin embargo, en algunos casos los granos se desarrollan pobremente debido a un menor número de hojas y el tamaño de las mismas (Salinas *et al.*, 2008). Por ejemplo, el arreglo 2x2, tuvo 26 % más altura que el cultivo simple maíz-frijol de guía asociados, sin embargo, el número de vainas y rendimiento fue similar al cultivo simple de maíz-frijol de guía asociados.

Cabe mencionar que los rendimientos de frijol obtenidos en este estudio se consideran bajos de acuerdo a otros estudios hechos en condiciones de temporal de Puebla, donde el frijol tuvo 0.8 y 0.9 t ha⁻¹ (Herrera *et al.*, 2001).

1.5. ERT individual y total

En el cultivo simple de maíz-frijol de guía asociados y tomate de cáscara, los valores de ERT individuales, en el arreglo topológico 1x1 fueron 0.56 y 0.66, respectivamente (Cuadro 2), lo que indica que rindieron como si hubieran ocupado el 56 y 66 por ciento de la superficie, cuando en realidad solo ocuparon la mitad del terreno (0.5 ha⁻¹).

En el arreglo 2x2, dichos cultivos rindieron como si ocuparan el 48 y 53 por ciento de la superficie (0.5 ha⁻¹), con una ERT total de 1.0, siendo menos favorables para el productor.

El arreglo 1x1 es pertinente en las unidades pequeñas de producción, pues es el valor más alto del maíz, frijol de guía y tomate de cáscara y permite la compensación en los rendimientos haciendo un uso más eficiente de los recursos disponibles (Camas, 2011). Sin embargo, los rendimientos obtenidos indican con claridad que se debe perfeccionar el manejo agronómico del sistema para obtener la productividad potencial de los andisoles cultivados con la milpa.

2. Nabo intercalado en franjas con maíz -frijol de guía asociados

2.1. Nabo

En los cultivos intercalados, el nabo rindió más que en el cultivo simple (Cuadro 4). El nabo, al ser una planta C3 (Schwab, 2010), presenta un mejor desarrollo bajo condiciones frías o templadas (Gliessman, 2002) y es tolerante a condiciones de sombreo. Esto puede explicar el mayor rendimiento en los cultivos intercalados, además de que se han registrado mejores rendimientos de grano, independientemente de su ciclo de cultivo, en siembras de mediados de mayo y a mediados de junio (Schwab, 2010).

Cuadro 4. Rendimiento y eficiencia relativa de la tierra (ERT) del nabo intercalado en franjas con maíz-frijol de guía asociados bajo dos arreglos topológicos y en cultivo simple en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.

Sistema de Cultivo ^z	AT	Rendimiento (t 0.5 ha ⁻¹)			ERT Individual		ERT Total
		Nabo	Maíz	Frijol G.	Nabo	Maíz/Frijol G.	
Intercalado	1x1	0.83±0.08 a	1.05±0.48 a	0.16±0.04 a	0.79	0.66	1.5
Intercalado	2x2	0.94±0.07 a	0.68±0.10 a	0.25±0.10 a	0.90	0.51	1.4
Simple		0.52±0.07 b	0.78±0.59 a	0.13±0.05 a			

^zAT = Arreglo topológico; 1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de nabo; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de nabo. Los valores son promedio de tres repeticiones ± ES. Letras distintas dentro de columnas denotan diferencia significativa P ≤ 0.05 (Tukey).

Los sistemas intercalados, como se ha mencionado anteriormente, propician una mejor distribución de la RFA a través del dosel de la planta (Ortegón et al., 2002), lo cual favorece el desarrollo vegetativo de las plantas y, al combinarse con especies de ciclos diferentes, el área de exploración radical de cada especie, tiene ventajas en comparación a los cultivos simples (Albino, 2014).

El grosor de los tallos tendió a ser favorecido por el arreglo 1x1, sin embargo, en la altura de planta la tendencia fue a la inversa respecto al cultivo simple y el arreglo 2x2(Cuadro 5).

Cuadro 5. Promedio de la longitud y diámetro del tallo y altura de la planta de nabo intercalado en franjas con maíz-frijol de guía asociados bajo dos arreglos topológicos y en cultivo simple en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.

Sistema de cultivo ^z	Arreglo topológico	Nabo		
		Longitud	Diámetro	Altura de Planta
		cm		
Intercalado	1x1	27.9±0.59 a	3.5±0.40 a	124.3±3.83 a
Intercalado	2x2	25.6±0.81 a	3.0±0.42 a	141.6±1.78 a
CS-N		26.3±0.88 a	3.0±0.37 a	133.8±8.52 a

^z1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de nabo; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de nabo; CS-N = Cultivo simple de nabo. Valores de medias en una columna seguida de letras iguales no difieren estadísticamente P <0.05 (Tukey).

En el arreglo 1x1, la longitud y diámetro del tallo tendió a ser ligeramente mayor que en el cultivo simple, lo cual incrementó el rendimiento. Esto se debió probablemente a que

el nabo al ser una crucífera tiene un sistema radicular largo que explora ampliamente el suelo (Schwab, 2010) en los cultivos intercalados, en consecuencia favoreció el abastecimiento de nutrientes y agua (Riquelme, 2010).

2.2. Maíz

El rendimiento de maíz no presentó diferencias significativas entre los sistemas de cultivo, no obstante, se observa la tendencia, que cuando aumenta el rendimiento de una especie, el de la otra disminuye. En el arreglo 1x1, el rendimiento de maíz fue de 1.0 t 0.5 ha⁻¹ y el del nabo de 0.8 t 0.5 ha⁻¹; en tanto que, en el arreglo 2x2, el rendimiento de maíz tendió a disminuir y el del nabo a incrementarse (Cuadro 4).

A su vez, en la altura de planta, diámetro, longitud y número de granos en mazorca, no se encontraron diferencias significativas (P < 0.05) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Promedio de la longitud (LM), diámetro (DM) y número de granos por mazorca (GM); altura de planta de maíz (APM); número de vainas por planta (VPF) y altura de planta de frijol de guía (APF) evaluadas en la asociación maíz-frijol de guía intercalado en franjas con nabo en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.

Sistema de cultivo ^z	AT	Maíz				Frijol de guía	
		LM	DM	APM	GM	VPF	APF
			cm				cm
Inter.	1x1	11.9±0.54a	5.1±0.06a	195.6±1.99a	316.9±1.01a	33±6.08a	101.0±10.5a
Inter.	2x2	11.7±0.76a	5.0±0.15a	202.4±2.22a	285.8±1.09a	48±6.93a	116.0±17.9a
CS		11.9±0.80a	5.0±0.11a	202.0±5.60a	312.9±0.83a	30±2.00a	77.9±11.5a

^zAT = Arreglo topológico; Inter = Intercalado; 1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de nabo; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de nabo. Valores de medias en una columna seguida de letras iguales no difieren estadísticamente P < 0.05 (Tukey).

La altura de la planta de maíz en el arreglo 1x1, tendió a ser menor (3.1%) que en el arreglo 2x2 y en el cultivo "simple" de maíz-frijol de guía asociados, lo cual, tendió a favorecer el número de granos, diámetro y longitud por mazorca.

El hábito de crecimiento del maíz, podría explicar dicho comportamiento, debido a que este se caracteriza por ser más erecto y con menor densidad de hojas en comparación al de las otras especies, por tanto, la intercepción de luz solar es más eficiente (Padilla *et al.*, 2001), lo que llevó a un mejor llenado de granos.

2.3. Frijol de guía

El número de vainas por planta y la altura de planta no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) (Cuadro 6).

La altura de planta en el arreglo 2x2 tendió a ser mayor (33%) que el cultivo simple de maíz-frijol de guía asociados. La tendencia es que a un mayor número de vainas por plantase incrementa el rendimiento (Herrera *et al.*, 2001).

2.4. ERT individual y total

Los valores de ERT individual en el nabo y la asociación maíz-frijol de guía en el arreglo 1x1 fue de 0.79 y 0.66, respectivamente (Cuadro 4), indica que rindieron como si hubieran ocupado el 79 y 66 por ciento, cuando solo ocuparon la mitad de la superficie (0.5 ha^{-1}). En el arreglo 2x2, rindieron solo el 51 y 90 por ciento de la superficie cuando ocuparon 0.5 ha^{-1} .

La ERT total de ambos cultivos intercalados fue de 1.4 y 1.5. Estudios similares en policultivos de temporal (maíz-frijol delgado y maíz-higuerilla) reportaron una ERT promedio de 1.10 (Cruz, 2010). El arreglo 1x1 puede ser ventajoso en ambos cultivos, si el productor da prioridad al maíz-frijol de guía y considera el resguardo del germoplasma de las razas nativas de maíz y frijol de guía.

Estos resultados indican que el nabo y el maíz-frijol de guía asociados pueden ser especies componentes de la milpa bajo el sistema MIAF, ya que representan un recurso importante, dadas las condiciones económicas generalmente precarias de las familias (Nava *et al.*, 2000). Sin embargo, también indican que se requiere trabajar más sobre la agronomía del sistema para obtener la productividad potencial de los andisoles.

3. Haba intercalada en franjas con maíz-frijol de guía asociados

3.1. Haba

El rendimiento del haba fue bajo sin diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los sistemas de cultivo (Cuadro 7). El rendimiento bajo pudo deberse al retraso en la fecha de siembra (Elisabet, 2008) y a enfermedades como la mancha de chocolate (*Botrytus fabae*) que se presentó en la etapa de floración y fructificación, que se sabe afecta negativamente en el rendimiento (Rojas *et al.*, 2012).

Cuadro 7. Rendimiento y eficiencia relativa de la tierra (ERT) de la asociación maíz-frijol de guía intercalados en franjas con haba bajo dos arreglos topológicos y en cultivo simple en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.

Sistema de Cultivo ^z	AT	Rendimiento (t 0.5 ha ⁻¹)			ERT Individual		ERT Total
		Haba	Maíz	Frijol	Haba	Maíz/Frijol	
Intercalado	1x1	1.95±0.35a	1.23±0.31a	0.27±0.13a	0.39	0.83	1.2
Intercalado	2x2	1.62±0.31a	0.88±0.58a	0.18±0.05a	0.32	0.59	0.9
Simple		2.50±0.91a	0.78±0.59a	0.13±0.05a			

^z1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de haba; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de haba. Los valores son promedio de tres repeticiones ± ES. Letras distintas dentro de columnas denotan diferencia significativa $P \leq 0.05$ (Tukey).

El cultivo simple de haba mostró la tendencia de mayor rendimiento en los sistemas de cultivo. En los sistemas intercalados, se observa la tendencia que a un aumento en el rendimiento del haba, disminuye el de las otras especies, por ejemplo, en el arreglo 1x1, el haba rindió 1.9 t 0.5 ha⁻¹ y el maíz, 1.2 t 0.5 ha⁻¹. Esto se debe a que a diferentes patrones de crecimiento, la intercepción de luz, uso de agua y nutrientes, el haba fue más eficiente (Steen *et al.*, 2010) que el maíz.

La planta de haba, al tener una altura mayor a 1 m, las entradas de luz disminuyen, por tanto, tiene menor número de tallos hijos y menos abortos florales (Elisabet, 2008). Sin embargo, se ha encontrado que las raíces crecen hasta alcanzar un largo similar al del tallo de la planta (Rojas *et al.*, 2012), lo que permite abarcar un volumen mayor del suelo, de este modo, tener una mayor área de exploración.

El número de vainas verdes, tallos y altura de planta en los arreglos topológicos no presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio del número de vainas, tallos y altura de la planta de habaintercalada en franjas con la asociación maíz-frijol de guía asociados, evaluadas en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.

Sistema de cultivo ²	Arreglo topológico	Haba (Planta)		
		Vainas	Tallos	Altura (cm)
Intercalado	1x1	25.5±0.10 a	4.9±0.25 a	120.0±0.06 a
Intercalado	2x2	15.1±08.5 a	5.6±0.23 a	130.0±0.07 a
CS-H		32.4±02.0 a	5.9±0.94 a	160.0±0.09 a

²1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de haba; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de haba; CS-H = Cultivo simple de tomate de haba; Valores de medias en una columna seguida de letras iguales no difieren estadísticamente $P < 0.05$ (Tukey).

La altura de la planta de haba en el cultivo simple tendió a ser mayor (7.5 %) que en el arreglo 1x1; sin embargo, en este arreglo la tendencia de la planta fue tener más vainas por planta y rendir más que en el arreglo 2x2 y el cultivo simple, por lo que, a un número menor de vainas por planta el rendimiento disminuye (Herrera *et al.*, 2001).

En el número de tallos por planta aunque no hubo diferencias significativas entre los sistemas de cultivo, la tendencia es que a mayor número de tallos se pudo ocasionar una mayor competencia por asimilados (Elisabet, 2008).

3.2. Maíz

En maíz, no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el rendimiento (Cuadro 7), ni en la longitud de la mazorca, en el número de granos por mazorca y la altura de planta (Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedio en la longitud (LM), diámetro (DM) y número de granos por mazorca (GM); altura de la planta de maíz (APM); número de vainas por planta (VPF) y altura de planta en frijol de guía (APF) en un andisol del municipio de San José del Rincón, Estado de México.

Sistema de cultivo ²	AT	Maíz				Frijol de guía	
		LM	DM	APM	GM	VPF	APF
		cm				cm	
Inter.	1x1	12.7±0.87a	4.9±0.16a	198.9±6.89a	279.3±0.90a	53±10.9a	120.0±11.2a
Inter.	2x2	12.2±0.81a	4.8±0.13a	212.5±7.41a	302.0±1.25a	57±08.5a	130.0±03.2a
CS		11.9±0.80a	5.0±0.11a	202.0±5.60a	312.9±0.83a	30±02.0b	77.9±20.0a

²AT = Arreglo topológico; Inter = Intercalado; 1x1 = Un surco de maíz en asociación con frijol de guía alternado con un surco de haba; 2x2 = Dos surcos de maíz en asociación con frijol de guía alternado con dos surcos de haba; CS = Cultivo simple; Valores de medias en una columna seguida de letras iguales no difieren estadísticamente $P < 0.05$ (Tukey).

En siembras de maíz con leguminosas, se ha visto que se reduce el rendimiento de maíz (Padilla *et al.*, 2001); sin embargo, esta pérdida se compensa con el rendimiento del haba y del frijol de guía. A su vez, el crecimiento de la raíz del haba y frijol de guía favorece la exploración de agua y nutrimentos a diferentes niveles de suelo que el del maíz (Albino, 2014) y hace disponible los niveles de nitrógeno en el suelo (Altieri y Nicholls, 2000).

3.3. Frijol de guía

En el frijol de guía, hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el número de vainas por planta entre los sistemas de cultivo intercalado y el cultivo simple de maíz-frijol de guía asociados (Cuadro 9). La altura de la planta y el número de vainas por planta fueron superiores en los sistemas de cultivo intercalados, constatando como se ha mencionado anteriormente que a mayor altura de planta, mayor rendimiento de grano (Herrera *et al.*, 2001)

Se observó una tendencia en el aumento del rendimiento de las tres especies en el arreglo topológico 1x1 en comparación a los otros dos sistemas de cultivo, sin embargo, debido a que la altura de la planta de haba es mayor a 1 m, se debe evaluar esta especie para considerarla como un sotocultivo, ya que se aproxima a la altura del maíz nativo color azul.

3.4. ERT individual y total

Los valores de ERT individuales fueron de 0.39 y 0.83 para el haba y el cultivo intercalado de maíz-frijol de guía asociados en el arreglo 1x1 (Cuadro 6) respectivamente. La ERT individual del haba en el arreglo 1x1, indica que el cultivo intercalado es desventajoso para el productor, debido a que el rendimiento fue menor que en el cultivo simple. Sin embargo, el arreglo 1x1, el maíz y frijol de guía fueron beneficiados, debido a que rindieron como si hubieran ocupado el 83 por ciento de la superficie, cuando esta ocupó solamente ocuparon la mitad (0.5 ha^{-1}). En el arreglo 2x2, la ERT individual de haba igual a 0.32, indica que no debe ser sembrada en cultivos intercalados, debido a que rindió como si hubiera ocupado solamente el 32 por ciento de la superficie (0.5^{-1} ha^{-1}).

El haba tiene limitaciones como componente del sistema MIAF, a menos que se pueda mejorar sus rendimientos sin disminuir los rendimientos del maíz y frijol de guía en el arreglo 1x1, los cuales no son nada despreciables. Si al productor le conviene el haba, él tendría que usar variedades de haba de porte bajo y hacer los estudios correspondientes, lo cual permitiría obtener los beneficios de las leguminosas en los cultivos intercalados.

VI. CONCLUSIONES

- El tomate de cáscara y nabo intercalados son viables como sotocultivos para el sistema MIAF, debido a que incrementan la productividad de la tierra de labor con respecto a los cultivos simples. El haba no fue ventajosa.

VII. LITERATURA CITADA

- Acosta C., J.A. Rosales S. R., Navarret M. R. y López S. E. 2012. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agricultura Técnica en México* 26(1):79-98.
- Aguilar J., Illsley C. y Marielle C. 2003. El sistema agrícola de maíz y sus procesos técnicos. In Esteva, G., y C. Marielle (Coordinadores). *Sin maíz no hay país*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, México, D.F. pp 83-122
- Albino G. R. 2014. El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): productividad y optimización económica del maíz y frijol. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 12-14pp.
- Altieri M. A. y Nicholls C. I. 2000. *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, primera edición, México. 15p
- Altieri M. A. y Nicholls C. I. 2004. Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 73:8-20.
- Appendini K., Barrios G. R. y de la Tejera B. 2003. Seguridad alimentaria y “calidad” de los alimentos: ¿una estrategia campesina?. *Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe* 75:65-83.
- Blanco Y. y Leyva A. 2010. Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales* 31(2):12-16.
- Brenes P. S. y Agüero A. R. 2007. Reconocimiento taxonómico de arvenses y descripción de su manejo, en cuatro fincas productoras de piña (*Ananas comosus* L.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 18(2):239-246.
- Caballero J. y Cortés L. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. Rendón, A. B., Caballero, N. J., Martínez, A. M.A: *Plantas, Cultura y Sociedad*. 79-100 pp. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad

- Iztapalapa y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.
- Camas G. R., Turrent F. A., Cortes F. J., Livera M. M., González E. A., Villar S. B., López M. J., Espinoza P. N. y Cadena I. P. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(2):231-243.
- Campos E. A., Vargas V. P. y Acosta G. J. A. 1993. Rendimiento y características agronómicas de cinco poblaciones de haba (*Vicia faba*) en los valles altos de la mesa central de México. *Agricultura Técnica Mexicana* 22(2):175-185.
- Castro L. D., Bye B. R., Basurto P. F., Mera O. L. M., Rodríguez S. J., Álvarez V. J., Morales de León J. y Caballero R. A. 2014. Revalorización, conservación y promoción de quelites una tarea conjunta. *Agroproductividad*.
- Condori B., Devaux A., Mamani P., Vallejos J. y Blajos J. 1997. Efecto residual de la fertilización del cultivo de papa sobre el cultivo de haba (*Vicia faba* L) en el sistema de rotación. *Revista Latinoamericana de la Papa* 9(10):171-187.
- Cruz R. M. A. 2010. Eficiencia relativa de la tierra y perspectivas de dos policultivos de temporal en Santa Cruz Xoxoxotlán, Oaxaca. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. 85-86pp.
- Elisabet C. A., 2008. Crecimiento y desarrollo del cultivo del haba (*Vicia faba* L.). Parametrización del submodelo de fenología de crop gro-faba bean. Tesis Doctoral. Univ. Santiago de Compostela, España. 12-13 pp.
- Farhan H., Rammal H., Hijazi A., Badran B. 2012. Preliminary phytochemical screening and extraction of polyphenol from stems and leaves of a Lebanese plant *Malva parviflora* L. *International Journal of Current Pharmaceutical Research* 4(1):55-59
- Gimeno G. H., González L. R. G. y Guzmán C. G. 2006. El manejo tradicional de las huertas en la provincia de Granada. VII Congreso SEAE Zaragoza, España. 13:1-11.
- Gispert C. M. 1997. La cultura alimentaria mexicana: fuente de plantas comestibles para el futuro. *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba*. 5:51-57.

- González H. A., Vázquez G. L. M., Sahagún C. J., Rodríguez P. J. E., Pérez L. de J. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura Técnica en México* 33(1):33-42.
- Gordillo G. 2012. Seguridad y soberanía alimentaria. <http://www.jornada.unam.mx/2012/09/15/opinion/025a1eco> [Consultado el 15 de septiembre de 2013].
- Gliessman R. S. 2002. Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. , Turrialba, Costa Rica. 243-245 pp.
- Hai-Yong X., Z. Jian-Hua., S. Jian-Hao., B. Xing-Guo B., P. Christie., Z. Fu-Suo., y L. Long. 2013. Dynamics of root length and distribution and shoot biomass of maize as affected by intercropping with different companion crops and phosphorus application rates. *Field Crops Reserch* 150: 52-62.
- Halvorson W. L. 2003. *Malvaparviflora* L. USGS Weeds in the West Project: Status of introduced plants in Southern Arizona parks.<http://sdrsnet.srn.arizona.edu/data/sdrs/ww/docs/malvparv.pdf>. [Consultado el 21 de abril 2015].
- Hernández R., González A. y Rivera P. 2008. El cultivo de la canola (*Brassic napus* y *B. rapa*) en el estado de Jalisco, México. I. Características agronómicas. *Bioagro* 20(3)185-19.
- Hernández R. E., Mendoza R. R., Cortes F. J. y Turrent F. A. 2011. El sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales, una tecnología para pequeños productores.<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUS SA/03%20MILPA%20INTERCALADA%20CON%20FRUTALES.pdf> [Consultado el 21 de Noviembre 2014].
- Hernández X. E. 1988. La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior* 38(8)673-678.
- Herrera J. J. E. 2012. Validación de dos variedades de colza (*Brassica napus*) con dos métodos y tres densidades de siembra en la granja ECAA. Tesis para ingeniero agrónomo. Ibarra, Ecuador. 1-218pp.

- Herrera C. B. E.; Delgado A. A. y Díaz R. R. 2001. Asociación maíz-fríjol de guía bajo temporal en Cuauhtlinchán, Puebla, México. *Agricultura Técnica en México* 27(2)153-161.
- Hopkinson J. M. y Reid R. 1979. La importancia del clima en la producción de semilla de leguminosas forrajeras tropicales. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Rebolgar, D. S. (Comps): *Plantas, Cultura y Sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. México DF. 79-100 pp.
- ICAMEX. 2014. Investigación y Capacitación Agropecuaria. Secretaría de Desarrollo Agropecuario.
http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/horticola/tomate_cascara/index.htm. [26 de junio de 2014].
- INEGI. 2007. Panorama agropecuario en México. Censo Agropecuario. México. Pp.13-23
http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/panora_agrop/mex/PanagroMex1.pdf
- Labarthe S. F., Pelta R. H. 2010. Introducción básica a la fotosíntesis y características de especies forrajeras megatérmicas. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave.
http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/143-caracteristicas_forrajeras_megatermicas.pdf
[Consultado el 13 de Abril 2015].
- Lara Urdaneta L. J. 2008. Optimización de la siembra manual de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en bandejas flotantes tipo styrofloat. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España. 1-17pp.
- López L. R., Arteaga R. R., Vázquez P. M. A., López C. I. L. y Sánchez C. I. 2009. Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 1581:83-89.
- Mera O. L. M., Bye B., R. A. y Solano M. L. 2014. La verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) fuente vegetal de omega 3 y omega 6. *Revista Agroproductividad* 7(1):3-7.

- Montaldo A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales, San José Costa Rica. *Agroamérica* 21:35-38.
- Morales R. E. J., De la O A. H., Morales Ruiz, A. y De la Cruz A. V. M. 2002. Evaluación de cinco genotipos de haba (*Vicia faba* L.) con seis niveles de fósforo en Tecámac, México. *Ciencia Ergo Sum* 9(2):183-184.
- Navarro G. H., Santiago S. A., Musálem S. M. A., Vibrans, H. y Pérez O. Ma. A. 2012. La diversidad de especies útiles y sistemas agroforestales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18(1):71-88.
- Nava B. E. G., Arriaga J. C., Chávez M. M. C., 2000. La vegetación arvense en sistemas de producción campesinos de dos zonas del municipio de San Felipe del Progreso, México. *Revista de Geografía Agrícola* 29:29-42
- Ortegón M. A.S., Díaz F. A. y Rodríguez C. A. 2002. Rendimiento de híbridos de canola (*Brassica napus* L.) en diferentes métodos de siembra. *Agricultura Técnica en México* 28(2)151-158.
- Ortegón M. A. S., González Q. J., Díaz F. A. y Castillo T. N. 2009. Componentes de rendimiento de canola (*Brassica napus* L.) en siembra a baja densidad de población. *Universidad y ciencia* 25(3)267-272.
- Ovalle C., del Pozo A., Lavín A. y Hirzel J. 2007. Cubiertas vegetales en viñedos: comportamiento de mezclas de leguminosas forrajeras anuales y efectos sobre la fertilidad del suelo. *Agricultura Técnica (Chile)* 67(4)384-392.
- Padilla C., Ruiz T. E. y Díaz H. 2001. Densidad de siembra de sorgo forrajero y maíz intercalados en el momento de la plantación de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 35(1):45-50.
- Padilla C., Colom S., Díaz M. F., Cino D. M. y Curbelo F. 2001. Efecto del intercalamiento de *Vigna unguiculata* y *Zea maíz* en el establecimiento de *Leucaena leucocephala* vc Perú y *Panicum máximum* vc likoni. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 35(2):167-173.
- Pereyda I. M. M., Bodega J. L., Luján N. M. y Martínez D. 2014. Colza 00-Canola Teórico. 1-29pp.

- Ramírez H., Arteaga H. y Siche R. 2012. Optimización del proceso de obtención de biodiesel a partir de colza silvestre (*Brassica campestris*). *Scientia Agropecuaria* 3(1):35-44.
- Riquelme M. M. E. 2010. Adaptación e interacción genotipo x ambiente en raps (*Brassic napus L.*) en la zona Centro Sur de Chile. Tesis Doctoral, Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 3-9 pp.
- Rodríguez B. A. 2010. Desarrollo del fruto y calidad de semilla de cinco variedades de *Physalis ixocarpa* Brot. en el Valle del Fuerte, Sinaloa. Tesis. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Texcoco, México. 4-18pp.
- Rojas T. J., Díaz R. R., Álvarez G. F., Ocampo M. J., y Escalante E. A. 2012. Tecnología de producción de haba y características socioeconómicas de productores en Puebla y Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(1): 35-49
- Rosendo R. G. A. 2011. Sistemas de producción de maíz, cebolla y frijol de mata practicados en Copanatoyac, Guerrero. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Puebla, Puebla. 80 p.
- Salas J. 2004. Evaluación de prácticas agrícolas para el manejo de *Bemisia tabaci* en tomate. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica*. 71: 34-40.
- Salinas R. N., Escalante E. J. A., Rodríguez G. Ma. T. y Sosa M. E. 2008. Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris L.*) en fechas de siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3)235-241.
- Santiaguillo H., J. F., Yáñez B., Y. S. 2009. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Revista de Geografía Agrícola* 43:81-86.
- Scott G., Maldonado L. y Suárez V. 2000. Nuevos senderos de la agroindustria de la papa. *Revista Latinoamericana de la Papa- Volumen Especial "Agroindustria de la Papa en América Latina*. 1-20pp.
- Schwab M. I. 2010. Comportamiento agronómico de colza según fechas de siembra. Trabajo final, Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina,
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/greenstone/collect/tesis/index/assoc/comporta.dir/doc.pdf> [Consultado el 18 de abril 2015].

- Servicio Meteorológico Nacional. 2013. Normales Climatológicas. <http://smn.cna.gob.mx/>. [Consultado el 21 de abril 2015].
- SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/> [Consultado el 05 agosto de 2014].
- SINAREFI. 2014. Red Verdolaga. http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_verdolaga.html [Consultado el 27 de junio de 2014].
- Spooner D. M., Martínez V., Hoekstra R. y Van den Berg R. G. 1997. Recolección de especies silvestres de papa en Guatemala. *Agronomía Mesoamericana* 8(2):59-66.
- Steen E. 2010. Microbial production of fatty acid derived fuels and chemicals from plant biomass. *Nature*. London, U. K. 463(7280):559.562.
- Terrazas F. y García W. 2003. El sistema de producción de tubérculos andinos en el microcentro de biodiversidad Candelaria. García, W. y Cadima, X. (Editores) Manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos: Síntesis de investigaciones y experiencias en Bolivia. 25-36pp.
- Tinoco A. C. A., Ramírez F. A., Villarreal F. E. y Ruiz C. A. 2008. Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México*. 34(3)271-278.
- Turrent F. A., Wise T. A. y Garvey E. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Mexican Rural Development Research Reports*. <http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/wp/12-03TurrentMexMaizeSpan.pdf>. [Consultado el 25 de abril 2014].
- Vargas C. Y. y Valdivia E. L. A. 2005. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. *Mosaico Científico* (282):78-83.
- Vibrans H., Mondragón P. J. y Tenorio L. P. 2009. Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/malvaceae/malva-parviflora/fichas/ficha.htm#9>. Referencias. [Consultado el 16 de mayo de 2015]

Zamorano M. C. 2006. Alelopatía: Un nuevo reto en la ciencia de las arvenses en el Trópico. *Agronomía* 14(1):7-15.