

Evaluación de algunas opciones agronómicas para el incremento de la productividad del sistema Milpa de Sololá

Rolando Cifuentes, Sofia Gómez, Edwin de León, Josué Bocel & Josué Ajcalón

Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala

rcifuen@uvg.edu.gt

RESUMEN: El estudio se llevó a cabo con el propósito de incrementar la productividad del sistema Milpa de Sololá. Se establecieron tres diferentes ensayos para evaluar variedades mejoradas de maíz y frijol (enredo y de suelo o arbustivo tipo II) utilizando el sistema tradicional de siembra del productor, así como el sistema de doble surco de maíz en el cual también se plantó brócoli. La introducción de variedades mejoradas de frijol de enredo, frijol arbustivo y el uso del sistema de siembra en doble surco permitió incrementar la productividad del sistema Milpa. Se encontraron algunas variedades de maíz criollo con un rendimiento superior al maíz mejorado. La obtención de tres cosechas al año de brócoli, frijol y maíz es posible mediante la siembra en surcos dobles de maíz a una altitud menor a los 2,300 msnm a fin de evitar pérdidas por heladas. Se generaron opciones tecnológicas que permiten un mejor uso de la tierra al procurar una mayor productividad en el sistema Milpa, con lo cual se aporta a la seguridad alimentaria nutricional de la región.

PALABRAS CLAVE: Milpa, maíz asociado, doble surco, maíz-brócoli, maíz-frijol

with yields higher than that obtained with the improved varieties were also found. It was possible to crop and harvest maize, broccoli and beans planted at the same time in the same site, particularly at an altitude of less than 2,300 meters above sea level. At a higher altitude the risk of frosts increases. Some options that promote a better use of soil and improve food security and nutrition were generated.

KEY WORDS: Milpa, intercropping, double row of maize, maize-broccoli, maize-beans

Introducción

El maíz y el frijol son dos cultivos importantes en el país por su relevancia en la dieta alimenticia de la población guatemalteca. En el área rural, el frijol constituye la principal fuente de proteína y el maíz la principal fuente energética con un complemento proteico. El consumo per cápita de la población adulta del área rural se estima en 306 g de maíz (Fuentes et al., 2005) y 58 g de frijol por día (Aldana, 2010).

En Guatemala, y en la región de Mesoamérica, el maíz es plantado ya sea en monocultivo o como parte del sistema Milpa. La base del sistema es el maíz, el cual es asociado con cultivos como frijol, haba, cucúrbitas, árboles forestales o frutales, hierbas comestibles y plantas medicinales (FAO, 2007).

La Milpa ha jugado un papel importante para los pequeños productores de Guatemala, ya que al combinar varios cultivos hacen un mejor uso del recurso suelo, aseguran la diversificación de alimentos para la familia así como la conservación de las especies nativas. El uso de ese sistema debe ser promovido como estrategia de adaptación al fenómeno del cambio climático.

Evaluation of some agronomic options to increase productivity of the Milpa cropping system in Sololá

ABSTRACT: The study was implemented with the aim of increasing productivity of the Milpa cropping system in Sololá. Three field trials were established in order to test improved varieties of corn and beans (climbing and type II beans) using the traditional cropping system as well as using a system of double row of maize. The introduction of improved varieties of beans and the use of the double row of maize allowed increase the productivity of the Milpa system. Some native varieties



Figura 1. Ejemplo de un sistema de doble surco de maíz en el asocio maíz-amaranto

En el departamento de Sololá, el 72% del maíz es cultivado en asocio y el 28% en monocultivo. Los principales sistemas incluyen: maíz - frijol de enredo (57%), maíz - frijol arbustivo (12%), maíz y otras especies (3%) (Cifuentes et al., 2014).

De acuerdo a Cifuentes et al (2014), el sistema Milpa del departamento de Sololá se mantiene como un sistema tradicional. Como parte de la tecnología introducida sobresalen el uso de fertilizantes y algunos insecticidas químicos así como el uso de algunos silos para el almacenamiento de grano. El 94% de los productores de maíz y el 100% de productores de frijol de enredo utilizan semilla criolla.

Tomando en cuenta el incremento poblacional y la inseguridad alimentaria de muchas familias del departamento de Sololá, se hace necesario incrementar la productividad del sistema Milpa a fin de ampliar la disponibilidad de alimentos por un mayor período de tiempo. Algunas opciones incluyen el manejo de la fertilidad de los suelos, la generación de variedades mejoradas así como algunas modificaciones al sistema de siembra.

Desde hace varias décadas el Ministerio de Agricultura de Guatemala - MAGA - por medio del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas - ICTA - ha venido desarrollando variedades mejoradas de maíz y frijol para el altiplano central y occidental del país. Esas variedades son desconocidas por la mayor parte de productores de Sololá. Se considera importante evaluar y comparar las variedades mejoradas con los cultivares criollos de la región.

Se reportan varias evaluaciones tendientes a mejorar la productividad del sistema mediante el manejo de la distribución del maíz y el frijol asociados en tiempo y espacio. Uno de los sistemas identificados se conoce como siembra en doble surco, en donde una especie de ciclo corto (ej. frijol arbustivo, trigo o bien una hortaliza) es plantada entre la calle que dejan dos pares de surcos dobles de maíz (ICTA, 2012; Mondragón, 2005; Galicia, 1999, Fuentes et al., 1990; Fuentes, 1989; Del Valle y Chew, 1980) (Figura 1).



Figura 2. Sistema de siembra en hilera simple de maíz utilizado en el asocio maíz-frijol de enredo

Con este estudio se buscó incrementar la productividad del sistema Milpa de Sololá mediante la introducción de cultivares mejorados de maíz y frijol, así como mediante el incremento del número de especies comestibles utilizando el sistema de siembra del doble surco de maíz.

Metodología

Durante los años 2012 - 2013 se establecieron 3 tipos de ensayo de finca en un rango altitudinal de 1,600 a 2,300 msnm.

a) Evaluación de variedades mejoradas de maíz

Se contó con 2 sitios experimentales, uno en San Lucas Tolimán y otro en San Antonio Palopó. Los materiales de maíz evaluados incluyeron maíces de grano blanco (V-301 y Compuesto Blanco) y grano amarillo (Don Marshall y San Marceño Mejorado) así como el cultivar del agricultor propietario del sitio experimental. El maíz fue sembrado tanto en monocultivo como asociado al frijol de enredo del agricultor. Se utilizó un arreglo en parcelas divididas con distribución en bloques al azar, con 4 repeticiones por tratamiento. La parcela grande fue el sistema de siembra (maíz monocultivo vs. maíz + frijol de enredo) y la sub-parcela las variedades de maíz. La unidad experimental fue de 2.7m de ancho y 6.0m de largo, equivalente a 16.20m²/unidad experimental. Para la siembra en asocio se utilizó el sistema del agricultor, el cual consistió en colocar dos semillas de frijol a cada dos posturas de maíz plantadas en hileras simples (Figura 2). El distanciamiento de siembra del maíz fue de 0.90 m entre surcos y 0.60 m entre matas.

b) Evaluación de materiales de frijol de enredo

La evaluación de materiales de frijol de enredo se hizo en asocio con maíz nativo y con maíz mejorado. Los sitios experimentales se ubicaron en los municipios de San Antonio Palopó y Sololá. Los materiales de frijol evaluados fueron Anita, Texel, Hunapú,



Figura 3. Doble surco de maíz asociado con brócoli (a) y frijol arbustivo como relevo a la cosecha del brócoli (b)

Altense y el cultivar criollo del agricultor. Los materiales de frijol mejorado fueron proporcionados por ICTA-Quetzaltenango. Se utilizó un arreglo en parcelas divididas con distribución en bloques al azar, con 3 repeticiones por tratamiento. La parcela grande fue el sistema de siembra (frijol+maíz nativo vs frijol+maíz mejorado) y la sub-parcela los materiales de frijol de enredo. La unidad experimental fue de 2.7 m de ancho y 6.0 m de largo, equivalente a 16.20m²/unidad experimental. Para la siembra en asocio se utilizó el sistema del agricultor, el cual consistió en colocar dos semillas de frijol a cada dos posturas de maíz. El distanciamiento de siembra del maíz fue de 0.90 m entre hileras simples (Figura 2) y 0.60 m entre matas.

c) Evaluación de variedades de frijol arbustivo como relevo del cultivo de brócoli plantado en surcos dobles de maíz

La evaluación se llevó a cabo en San Lucas Tolimán y Santa Lucia Utatlán. La variedad de brócoli utilizada fue Marathon. Inmediatamente después de la cosecha del brócoli, se plantaron las siguientes variedades de frijol arbustivo generadas por el ICTA: Altense, Texel, Hunapú, Altense precoz, Hunapú precoz. Los materiales de maíz evaluados fueron el cultivar del agricultor colaborador y maíz mejorado (Figura 3).

Se utilizó un arreglo en parcelas divididas con distribución en bloques al azar, utilizando 3 repeticiones por tratamiento. La parcela grande fue la variedad de maíz (maíz nativo vs. maíz mejorado) y la sub-parcela las variedades de frijol arbustivo. Se utilizó la misma variedad de brócoli en el asocio con maíz nativo y con maíz mejorado. La unidad experimental fue de 2 m de ancho y 5.4 m de largo, equivalente a 10.8 m² por unidad experimental. El distanciamiento de siembra para el doble surco fue: maíz 0.90 m entre plantas, 0.6 m entre hileras y 1.4 m de calle entre pares de surcos dobles. Para brócoli fue de 0.50 m entre hileras y 0.40 m entre plantas, y para frijol arbustivo 0.40 m entre hileras y 0.30 m entre plantas.

Las principales variables de respuesta en los tres tipos de ensayo fueron rendimiento y días a floración de las variedades de maíz y frijol. El rendimiento fue cuantificado para cada cultivo y posteriormente convertido a unidades de maíz (peso equivalente) con base en el precio de venta de cada uno de los productos. En los diferentes ensayos se incluyó una parcela no replicada del monocultivo de las variedades de maíz y frijol utilizadas para fines comparativos.

Resultados

a) Variedades de maíz

La productividad del sistema, expresada como peso equivalente del maíz, fue mayor en el sitio ubicado en San Lucas Tolimán que en San Antonio Palopó ($p < 0.05$) (Cuadro 1).

El rendimiento de maíz asociado a frijol se redujo en un 9% en comparación con la producción de maíz en monocultivo. Esa diferencia en cada uno de los sitios no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$). La contribución de la producción de frijol a la productividad del sistema correspondió al 52% del peso equivalente del maíz. Esa diferencia es altamente significativa, y dependió de la variedad de maíz. En promedio, la productividad del sistema utilizando maíz nativo y maíz Don Marshall fue superior al resto de tratamientos.

b) Variedades de frijol de enredo

A nivel global, el rendimiento de frijol de enredo asociado a maíz se redujo en un 74% en comparación con la producción de frijol en monocultivo (Cuadro 2); en tanto que la productividad del maíz se redujo en un 3% en comparación a la producción del monocultivo. Sin embargo, la productividad del sistema, expresado como peso equivalente de maíz, de los dos sitios experimentales fue superior a la productividad del maíz en

Cuadro 1. Rendimiento (kg/ha) de maíz, frijol y el peso equivalente de maíz en el sistema maíz-frijol de enredo en cada sitio experimental.

Variedad de maíz	San Lucas Tolimán				San Antonio Palopó				Promedio	
	Maíz en monocultivo	Maíz Asociado			Maíz en monocultivo	Maíz Asociado			Maíz en monocultivo	Peso equivalente de maíz
		Maíz en asocio	Frijol	Peso equivalente de maíz		Maíz en asocio	Frijol	Peso equivalente de maíz		
V-301	4,357	3,948	1,320	7,203	5,239	4,517	345	5,369	4,798	6,286
San Marceño Mejorado	4,212	4,188	1,534	7,972	2,256	2,145	690	3,848	3,234	5,910
Don Marshall	4,285	3,948	1,570	7,819	6,535	5,271	736	7,087	5,410	7,453
Nativo	3,490	3,490	1,486	7,156	6,627	6,613	1,043	9,186	5,059	8,171
Compuesto Blanco	4,140	3,899	1,427	7,419	2,382	1,648	568	3,048	3,261	5,234
Promedio	4,097	3,895	1,467	7,514	4,608	4,039	676	5,708	4,352	6,611

monocultivo, independientemente de las variedades de maíz y frijol utilizadas. La productividad del sistema en el sitio Sololá fue mayor cuando se utilizó maíz criollo en comparación al sitio San Antonio Palopó, en donde la productividad fue mayor con maíz Compuesto blanco. La productividad del sistema en ambos sitios fue superior cuando se utilizó frijol de enredo de las variedades Hunapú y Altense.

Los días a floración en los materiales de frijol variaron significativamente entre variedades ($p < 0.05$) y entre sitios. El rango de floración en San Antonio Palopó fue 110 a 144 días después de la siembra (dds), con una media 119 ± 14 y en Sololá de 107 a 124 dds, con una media 114 ± 7 . Las variedades mejoradas de frijol resultaron de 3 a 5 semanas más precoces que el cultivar de frijol criollo del agricultor.

Las variedades mejoradas de maíz fueron aproximadamente dos semanas más precoces que el maíz criollo.

c) Variedades de frijol arbustivo como relevo en el sistema maíz-brócoli

El rendimiento equivalente de maíz obtenido a nivel de sistema para cada localidad se presenta en la Figura 4. Se evidencia el incremento de la productividad del sistema cuando participan varias especies en comparación al monocultivo de maíz, a pesar de la reducción en la productividad de cada especie cuando se asocia a otros cultivos. La tendencia de los resultados fue independiente de la variedad de maíz utilizada en cada localidad. El aporte del cultivo de brócoli al sistema, convertido a unidades de maíz, fue significativo en cada localidad.

Debido al problema de heladas en la parte alta del departamento, en Santa Lucía Utatlán no fue posible completar el ciclo de producción del frijol como relevo de brócoli (Figura 5).

A pesar que a nivel de monocultivo hubo diferencias en la productividad de las variedades de frijol evaluadas en San Lucas Tolimán, particularmente entre materiales tardíos y precoces, una vez integrados al sistema la productividad de las diferentes variedades fue similar (Figura 6).

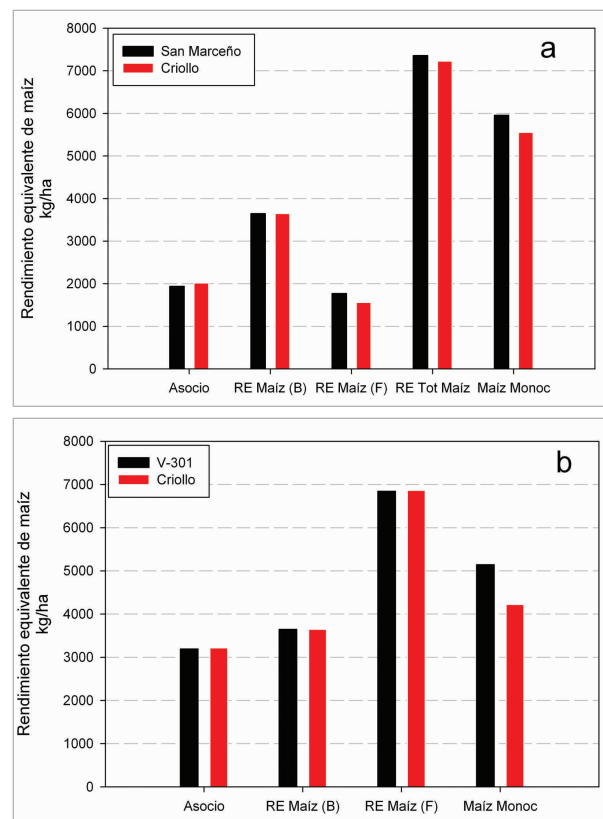


Figura 4. Rendimiento de maíz asociado y en monocultivo, brócoli (B) convertido a maíz (RE maíz), frijol (F) convertido a maíz y equivalente total de maíz en San Lucas Tolimán (a) y Santa Lucía Utatlán (b), utilizando maíz criollo y mejorado (V-301 y San Marceño)

Cuadro 2. Rendimiento (kg/ha) de frijol de enredo, maíz y el peso equivalente de maíz en el sistema Maíz-frijol de enredo obtenido en cada sitio experimental.

Variedad de frijol	Sololá										San Antonio Palopó						
	Monocultivo de frijol					Asocio					Asocio						
	Frijol en asocio con maíz San Marceño	Maíz San Marceño	Peso equivalente	Frijol en asocio con maíz nativo	Maíz nativo	Maíz en monocultivo	Maíz en monocultivo	Monocultivo de frijol	Frijol en asocio con maíz compuesto blanco	Maíz compuesto blanco en asocio	Peso equivalente	Frijol en asocio con maíz nativo	Maíz nativo	Peso equivalente	Maíz en monocultivo		
Nativo	669	3,590	4,828	426	5,794	San	4,082	651	2,949	4,553	399	4,296	4,272	Compuesto			
Anita	445	3,858	4,681	648	5,741	Marceño	4,802	2,011	1,966	6,925	619	1,963	3,489	Blanco			
Hunapú	569	4,179	5,233	610	6,325	4,401	4,826	1,862	983	5,576	1,425	2,944	6,459	2,583			
Altense	905	3,515	5,190	422	6,272	Maíz nativo	3,327	1,719	2,703	6,944	1,229	2,208	5,239	Maíz nativo			
Texel	552	4,072	5,093	654	6,751	Amarillo	1,890	677	1,966	3,636	619	3,680	5,207	Blanco			
Promedio (kg/ha)	628	3,843	5,005	552	6,177	5,249	3,785	1,384	2,113	5,527	858	3,018	4,933	4,763			



Figura 5. Daño del frijol causado por heladas en el municipio de Santa Lucía Utatlán.

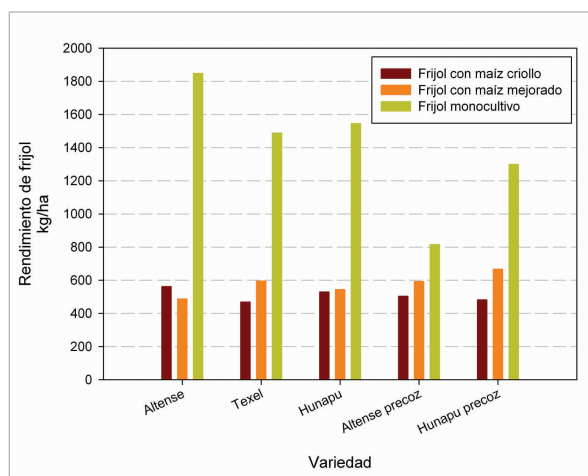


Figura 6. Rendimiento de frijol monocultivo y como relevo de brócoli en el sistema maíz-brócoli en San Lucas Tolimán utilizando maíz criollo y maíz mejorado.

Discusión y conclusiones

La productividad del sistema Milpa en el departamento de Sololá se incrementó con la inclusión de varias especies, cultivadas en forma simultánea o como relevo unas de otras, en la misma unidad de producción. Esto es sumamente positivo ya que se incrementa la disponibilidad de alimentos e ingresos para la familia rural, se hace un mejor uso del suelo y se utiliza una práctica que contribuye a la adaptación de la agricultura al efecto del cambio climático.

La explicación de la baja reducción de la productividad de maíz asociado al frijol de enredo en comparación al maíz en monocultivo, se debe a que en ambos casos se mantiene la densidad de población del maíz (66,666 plantas por hectárea) y porque el 50% de las matas de maíz son las que estuvieron asociadas al frijol. Esto no es el caso para el frijol de enredo asociado a maíz, ya que la población de frijol en asocio (16,666p/ha) corresponde al 50% del número de plantas de frijol de enredo que se tendría en una siembra en monocultivo

(33,333 p/ha). Evidentemente, la densidad de población y la tolerancia a la competencia por espacio, luz y nutrientes pudieron haber influido en la alta reducción del rendimiento del frijol asociado en comparación al rendimiento en monocultivo. Una situación similar ocurre con el uso del frijol arbustivo plantado conjuntamente con maíz en el sistema de doble surco (aproximadamente 100 mil p/ha) en comparación al frijol en monocultivo (aproximadamente 200 mil p/ha).

La productividad de las diferentes variedades de maíz y frijol dependieron del sitio en que fueron plantadas, posiblemente como resultado de la interacción genotipo-ambiente. Algunos materiales mejorados de maíz, Compuesto blanco y Don Marshall, presentaron rendimientos superiores a algunos maíces criollos. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, la productividad de los maíces criollos superó a los maíces mejorados. Esto requiere un poco más de estudio no solo en tiempo sino también considerando diferentes estratos altitudinales y microclimas.

El potencial productivo de los maíces nativos fue evidente y debe de ser tomado en cuenta para la identificación de los mejores cultivares nativos a fin de incrementar la productividad del sistema. En el departamento de Sololá, Cifuentes et al (2015) han identificado varios cultivares de maíz con buenos rendimientos y una composición química deseable (proteína, Fe y Zn). El germoplasma nativo de maíz y frijol representan un aporte sumamente valioso de parte de los agricultores de la región.

El uso de materiales mejorados de frijol de enredo incrementó el rendimiento del sistema en comparación con el sistema tradicional del agricultor. Uno de los mejores materiales fue la variedad Hunapú, la cual superó consistentemente el rendimiento de la variedad de frijol negro del agricultor.

Fue posible completar el ciclo de producción de maíz, brócoli y frijol arbustivo plantados en el mismo sitio. El logro del tercer cultivo como relevo del brócoli dependió del sitio, particularmente por el riesgo de heladas en la parte alta del departamento de Sololá (> 2,000 msnm). Las diferentes variedades de frijol arbustivo se adaptaron a la presencia de las plantas de maíz, ya que estas últimas estaban grandes cuando se sembró el frijol. La eliminación de las hojas ubicadas en la parte baja del tallo de maíz es necesaria para permitir una mayor entrada de luz a la calle plantada con frijol arbustivo. Se puede utilizar cualquiera de las variedades tardías o precoces de frijol arbustivo evaluadas, ya que al estar asociadas a maíz la productividad fue similar. En monocultivo, la productividad de las variedades tardías es superior.

El sistema de doble surco fue funcional, ya que permitió la siembra de los tres cultivos, con lo cual se incrementó la productividad del sistema. Con el uso del sistema de doble surco la población de maíz se mantiene en un 100%, la de brócoli en 58% y la de frijol arbustivo en 50%.

De estos ensayos se obtienen las conclusiones siguientes:

- La productividad del sistema Milpa, expresado como peso equivalente de maíz, fue superior a la productividad del maíz en monocultivo.
- Algunas variedades de maíz criollo superaron en rendimiento a las variedades mejoradas

- Entre las variedades mejoradas de frijol de enredo sobresalió la variedad Hunapú
- Las variedades de frijol arbustivo presentaron rendimiento similares cuando se asociaron al maíz, sin embargo, en monocultivo las variedades tardías superan en rendimiento a las variedades precoces
- Con el sistema de siembra en doble surco fue posible cultivar y llegar a cosechar maíz, frijol arbustivo y brócoli, particularmente a una altitud en donde no se tiene el riesgo de heladas.

Agradecimiento

Al departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA) quien por medio de su programa *Food for Progress* (FFP2010) financió la ejecución del presente estudio (Contrato OGS: FCC-520-2010/026-00)

Bibliografía

- Aldana LF (2010) Manual técnico: producción comercial de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) 1ª. Edición. ICTA/MAGA-JICA, Quetzaltenango, Guatemala
- Cifuentes R, S Gómez, B Rodas, E Rangel, J Bocel, J. Ajcalón (2015) Evaluación y caracterización, morfológica y química, de 51 cultivares de maíz criollo (*Zea mays*, L.) del departamento de Sololá *Revista Universidad del Valle de Guatemala* 30:62-70
- Cifuentes R, C Sierra, LA Arévalo, C Beteta, H Herrera, MR Alvarez (2014) El sistema milpa del departamento de Sololá visto desde la experiencia y vivencia de los productores de maíz de la región *Revista Universidad del Valle de Guatemala* 27:11-30
- Del Valle R, F Chew (1980) Sistema de siembra de surcos dobles de maíz con papa intercalada para el departamento de Chimaltenango, Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), Boletín No 12. p. 1-24
- Fuentes M, J Van Eten, A Ortega, JL Vivero (2005) Maíz para Guatemala. Propuesta para la reactivación de la cadena agroalimentaria de maíz blanco y amarillo FAO-PESA, FAO, Guatemala
- Fuentes M (1989) Evaluación del sistema de doble surco con variedades precoces de maíz (*Zea mays* L.) y cultivo intercalado de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) Guatemala. 35 Reunión Anual del PCCMCA. San Pedro Sula (Honduras) pp 754-763
- Fuentes M, HO Ochoa, CA Rodas, CF Saquimux (1990) Evaluación del sistema de doble surco de maíz precoz Don Marshall, intercalado con hortalizas de relevo, Chimaltenango y Sacatepéquez, Guatemala. 36 Reunión Anual del PCCMCA. San Salvador (El Salvador) pp 245-254
- Galicia CR (1999) Evaluación agronómica de tres asociaciones (*Zea mays* L.) con brócoli (*Brassica oleracea* L. var *Italica*) coliflor (*Brassica oleracea* L. var *Botrytis*) y col de brúcelas (*Brassica oleracea* L. var *Gemmifera*) utilizando la técnica del doble surco, bajo condiciones de la aldea el Rancho, Chiantla, Huehuetenango, Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala USAC/FAUSAC pp 1-58
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola ICTA (2012) INFOICTA No. 1 Jornadas de transferencia de tecnologías agrícolas: Doble surco de Maíz-Frijol, Doble surco de Maíz-Haba p 4
- Mondragón L (2005) Manual para el cultivo de maíz en sistema a doble hilera, Un campo Mexiquense más productivo. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Instituto de Investigación y Capacitación Pecuaria, Acuicola y Forestal del Estado de México, Dirección de Apoyo Técnico y Divulgación, Conjunto SEDAGRO, Metepec, E. México, CP52140 pp 1-4
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)(ONU) (2007) Guía metodológica la milpa siglo XXI. Colección de Guías metodológicas del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) de Guatemala pp 1 -66