

MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México?*

MasAgro or MIAF, Which one is the best option to sustainably modernize traditional agriculture in Mexico?

Antonio Turrent Fernández^{1§}, José I. Cortés Flores², Alejandro Espinosa Calderón¹, Ernesto Hernández Romero⁴, Robertony Camas Gómez⁵, Juan Pablo Torres Zambrano⁶ y Andrés Zambada Martínez³

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. CP 56250. (espinosa.alejandro@inifap.gob.mx; zambada.andres@inifap.gob.mx; eromero93@colpos.mx; camas.robertony@inifap.gob.mx; juantpz@colpos.mx). Tel. 01(800) 0882222, ext. 85363.

²Centro de Edafología-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado México. CP. 56230 (jicortes@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: turrent.antonio@inifap.gob.mx.

Resumen

Las estadísticas agropecuarias oficiales de los últimos 35 años (SIAP, 2017) sugieren que el avance en el objetivo de MasAgro de incrementar la producción de maíz de temporal y su rendimiento a escala nacional es inapreciable. Los autores de este ensayo calificamos como poco probable que ese objetivo sea alcanzado en los cinco años que restan del programa. Se discute en este ensayo al sistema tecnológico milpa intercalada en árboles frutales (MIAF), como alternativa a MasAgro, para hacer más productiva y sustentable la agricultura tradicional en pequeño de México. El MIAF ha sido desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas en más de 30 años de colaboración. Su diseño persigue la intensificación del paradigma de la agricultura tradicional (PAT) en pequeño. Retiene ventajas clave de la milpa histórica como a) resiliencia apoyada en la biodiversidad; y b) eficiencia relativa de la tierra superior a la unidad. También aprovecha la tecnología de la terraza de muro vivo formada con árboles frutales, para la protección del suelo contra la erosión y para acrecentar el ingreso y empleo

Abstract

Official agricultural statistics for the last 35 years (SIAP, 2017) suggest that the advance in MasAgro's objective of increasing rainfed maize production at national level and its yield is negligible. The authors of this paper call it unlikely that this goal will be achieved in the remaining five years of the program. In this paper, the milpa intercalated with fruit trees technological system (MIAF) is discussed, as an alternative to MasAgro, in order to make traditional small-scale agriculture in México more productive and sustainable. The MIAF has been developed by the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias and the Colegio de Postgraduados in Agricultural Sciences for more than 30 years of collaboration. Its design pursues the intensification of the paradigm of traditional agriculture (PAT) in small scale. It retains key advantages of the historic milpa as a) resilience supported by biodiversity; and b) relative land efficiency greater than the unity. It also takes advantage of the living wall terrace technology formed with fruit trees, to protect the soil against erosion and to increase family income and employment. It is concluded that MIAF is the technology indicated to modernize traditional small-scale agriculture in México.

* Recibido: abril de 2017
Aceptado: julio de 2017

familiares. Se concluye que MIAF es la tecnología indicada para modernizar la agricultura tradicional en pequeño de México.

Palabras clave: MIAF, paradigma de la agricultura tradicional, paradigma de la agricultura de conservación, protección de la agrobiodiversidad.

Introducción

La agricultura tradicional de México enfrenta retos económicos, sociales y ecológicos agudos, éstos últimos ya en camino del desastre, debido al inminente cambio climático. Pero a la vez, la agricultura tradicional es importante productora de alimentos y proporciona el servicio de mayordomía de la agro-biodiversidad del país. Su universo es el de las pequeñas unidades de producción bajo temporal (Robles, 2007) y ocurre frecuentemente en laderas (Turrent *et al.*, 2014) típicamente desprotegidas de la erosión hídrica. Para corregir este síndrome y para incrementar significativamente la producción de maíz y de trigo, la SAGARPA y el CIMMYT iniciaron el programa MasAgro en abril de 2011 con duración de diez años (del Toro, 2012).

El programa persigue la sustitución del paradigma de la agricultura tradicional (PAT) por el paradigma de la agricultura de conservación (PAC). Esta estrategia ha sido cuestionada por varios autores en casos de África y de México (Giller *et al.*, 2009; Turrent *et al.*, 2014 y Martínez *et al.*, 2016). Coinciden estos investigadores en que el PAC no es la panacea universal salvadora de la agricultura tradicional en pequeño. Citan en términos generales, alternativas que podrían ser más adecuadas. Los autores de este ensayo sugerimos que la tecnología milpa intercalada en árboles frutales (MIAF) es la alternativa viable para intensificar sustentablemente el PAT de México, en los sentidos de espacio y de tiempo y de trabajo y capital. MIAF es compatible con la agricultura tradicional y con sus recursos, particularmente con sus semillas nativas y su autoproducción.

Es una tecnología multi objetivo que persigue: 1) incrementar significativamente el ingreso neto y el empleo familiar, sin dejar de producir sus alimentos básicos, 2) proteger el suelo contra la erosión, sin eliminar su roturación excepto en condiciones especiales, 3) fomentar la interacción entre

Keywords: MIAF, paradigm of traditional agriculture, paradigm of conservation agriculture, protection of agricultural biodiversity.

Introduction

Mexico's traditional agriculture is currently facing acute economic, social and ecological challenges, the latter already on the way to disaster due to imminent climate change. But at the same time, traditional agriculture is an important producer of food and provides the service of the agro-biodiversity stewardship of the country. Its universe is that of small temporary production units under rainfed conditions (Robles, 2007) and frequently occurs on slopes (Turrent *et al.*, 2014) typically unprotected from water erosion. In order to correct this syndrome and to significantly increase maize and wheat production, SAGARPA and CIMMYT initiated the MasAgro program in April 2011 with a ten-year duration (del Toro, 2012).

The program seeks to replace the paradigm of traditional agriculture (PAT) with the paradigm of conservation agriculture (PAC). This strategy has been questioned by several authors in cases of Africa and Mexico (Giller *et al.*, 2009; Turrent *et al.*, 2014 and Martínez *et al.*, 2016). These researchers agree that the PAC is not the universal panacea for saving traditional small-scale agriculture. They cite in general terms, alternatives that might be more appropriate. The authors of this paper suggest that milpa technology intercalated in fruit trees (MIAF) is the viable alternative to sustainably intensify the PAT of Mexico, regarding to space and time, and of labor and capital. MIAF is compatible with traditional agriculture and its resources, particularly with its native seeds and its self-production.

It is a multi-objective technology that aims to: 1) significantly increase net income and family employment, while continuing to produce basic foodstuffs; 2) to protect soil against erosion, without eliminating soil breaking, except under special conditions; 3) to encourage interaction between the component crops, for a greater economy of the natural resources use and the imported inputs to the plot; and 4) to increase the capture of atmospheric carbon. The MIAF technology is the result of the collaboration between INIFAP and the Colegio de Postgraduados in Agricultural Sciences for more than 30 years. The research to develop MIAF has been made public in over 60 scientific, technical and outreach publications.

los cultivos componentes, para una mayor economía del uso de los recursos naturales y los insumos importados a la parcela, 4) incrementar la captura del carbono atmosférico. La tecnología MIAF es resultado de la colaboración entre el INIFAP y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas durante más de 30 años. La investigación para desarrollar MIAF ha sido dada a conocer en más de 60 publicaciones científicas, técnicas y de divulgación.

La agricultura tradicional de México

México dedica 32 millones de hectáreas (md ha) a tierra de labor, de éstas 6.3 millones cuentan con riego y 25.7 millones se cultivan bajo temporal. El 66% de esas tierras de labor se maneja en unidades pequeñas de producción con menos de 5 ha cada una (Robles, 2007). En ellas, productores mestizos y de 62 etnias practican el paradigma de la agricultura tradicional (PAT) -también conocido como agricultura campesina o de subsistencia- que se centra en el cultivo del maíz. La semilla de maíz sembrada es casi exclusivamente nativa autoproducida, aunque también se siembra variedades “acriolladas” -producto de la interacción genética entre los maíces nativos y variedades mejoradas de diferente tipo, después de la selección apegada a criterios favorecidos por los mismos productores.

El PAT tiene dos variantes sedentarias y una itinerante: 1) el cultivo simple de maíz, frecuentemente en monocultivo; 2) la milpa histórica (cultivo de la asociación del maíz con frijol y calabaza y otras especies incluyendo arvenses); y 3) el sistema roza-tumba-quema, en sí itinerante, que se maneja como cultivo simple de maíz o como milpa histórica. Típicamente, las dos variantes sedentarias se manejan bajo roturación anual, se fertilizan y se aplica agroquímicos, si bien, de manera restringida.

El grano de maíz producido es autoconsumido como alimento humano y como forraje y el rastrojo es aprovechado como forraje o como combustible. Este paradigma agrícola se repite a lo largo y a lo ancho del territorio nacional, incluyendo gran diversidad de condiciones edafoclimáticas (agro nichos) asociadas a la actividad humana. Para cada uno de estos agro nichos hay una o más razas nativas de maíz agrónomicamente adaptadas, que también han sido desarrolladas organoléptica y nutricionalmente como alimento humano. En conjunto, los granos de esas razas nativas son insustituibles para la elaboración de más de 600 preparados de la cocina pluricultural mexicana. También las razas nativas de maíz son hasta ahora, agrónomicamente insustituibles en los agro nichos marginales de baja calidad por su suelo y su clima.

The traditional agriculture of México

México devotes 32 million hectares (md ha) to labor land, of which 6.3 million have irrigation and 25.7 million are cultivated under rainfed conditions. 66% of these labor lands are managed in small production units with less than 5 ha each (Robles, 2007). In them, mestizo producers and from 62 ethnic groups practice the paradigm of traditional agriculture (PAT) -also known as peasant or subsistence agriculture- that focuses on the cultivation of maize. The seed of maize planted is almost exclusively native and self-produced, although “creole-like” varieties are also planted -product of the genetic interaction among native maize and improved varieties of different type, after a selection attached to criteria favored by the same producers.

The PAT has two sedentary variants and one itinerant: 1) simple maize cultivation, often in monoculture; 2) the historical milpa (cultivation of the association of maize with beans and zucchini and other species including arable); and (3) the roza-tumba-quema system, which is itinerant and is managed as a simple maize crop or as historical milpa. Typically, the two sedentary variants are handled annually, fertilized and agrochemicals are applied, albeit in a restricted manner.

The maize grain produced is self-consumed as human food and as fodder and stubble is used as fodder or as fuel. This agricultural paradigm is repeated throughout the national territory, including a great diversity of edaphoclimatic conditions (agro niches) associated with human activity. For each of these agro niches there are one or more agronomically adapted native maize breeds, which have also been developed organoleptically and nutritionally as human food. Altogether, the grains of these native breeds are irreplaceable for the elaboration of more than 600 preparations of the pluricultural Mexican cuisine. Also, the native maize breeds are, until now, agronomically irreplaceable in marginal agro niches of low quality due to its soil and its climate.

Small producers are the mainstays of Mexican maize biodiversity, expressed in 60 native breeds and its varieties, which count for many thousands. Since the advent of maize, more than 6 750 years ago (Matsuoka *et al.*, 2012) ago, 200 or more generations of Mesoamerican farmers have taken over its genetic improvement. They have been able to manipulate and conserve the vast biodiversity of the species genetic reservoir, both that inherited through the teocintle and its ancestors, as that which appeared from its interaction

Los pequeños productores son los mayordomos de la biodiversidad del maíz de México, expresada en 60 razas nativas y en sus variedades, que se cuentan por muchos miles. Desde la aparición del maíz hace más de 6 750 años (Matsuoka *et al.*, 2012), 200 o más generaciones de campesinos mesoamericanos se han hecho cargo de su mejoramiento genético. Han podido manipular y conservar la amplia biodiversidad del reservorio genético de la especie tanto la heredada a través del teocintle y sus ancestros, como la que apareció desde su interacción con el habitante mesoamericano. Los elementos de este mejoramiento genético autóctono (MGA) del maíz han sido descritos por Hernández X. en varias publicaciones (Hernández X. 1985, 1987, y 1993). El MGA incluye cuatro elementos clave: 1) el conocimiento de la fenología de las variedades nativas de maíz propias y el mecanismo de cruzamiento; 2) la introducción de materiales parentales alopatricos (con los que el maíz local no se cruzaría debido a la distancia geográfica); 3) la selección de la semilla realizada por la mujer que se guía por criterios morfológicos del grano, la mazorca y el totomoxtle -brácteas que cubren la mazorca- como proxi de adaptación agronómica y de calidad para su consumo como alimento; y 4) el intercambio de semillas dentro del ámbito local (materiales parentales simpátricos), práctica que ayuda a evitar la endogamia de la variedad nativa propia.

Globalmente, los campesinos mexicanos siembran, observan y seleccionan la semilla cada año, a partir del desempeño productivo entre 10^{11} y 10^{12} (cien millardos a 1 billón) genotipos diferentes de maíz en su agro ecosistema global nacional el número de genotipos sembrados anualmente, es similar al de las semillas de maíz conservadas en todos los bancos de germoplasma del mundo. Esta actividad, que se repite desde tiempos ancestrales, puede verse también como un mega experimento putativo de mejoramiento genético “en paralelo”, donde interviene todo el reservorio genético de la especie en México. Presumimos los autores de este ensayo, que se busca desarrollar materiales más adaptados a los nichos agroclimáticos y con mayores calidades organoléptica y nutricional, sin sacrificar la biodiversidad.

Esta es una de las facetas de la agricultura tradicional de México poco valoradas, pero si aprovechadas por la comunidad científica dedicada al mejoramiento genético mendeliano y biotecnológico del maíz. No obstante, en el futuro próximo, el reservorio de biodiversidad del maíz de México y el MGA podrán ser claves para enfrentar los retos del cambio climático, para la seguridad alimentaria de México y el mundo.

with the Mesoamerican inhabitant. The elements of this autochthonous genetic improvement (MGA) of maize have been described by Hernández X. in several publications (Hernández X. 1985, 1987, and 1993). The MGA includes four key elements: 1) knowledge of the phenology of the native maize varieties and the crossing mechanism; 2) the introduction of allopatric parent materials (with which local maize would not cross due to geographical distance); 3) the selection of the seed made by the woman who is guided by morphological criteria of the grain, the cob and the totomoxtle -bracts that cover the cob- as proxi of agronomic adaptation and of quality for its consumption as food; and 4) the exchange of seeds within the local environment (sympatric parent materials), a practice that helps to avoid the inbreeding of the native variety.

Overall, Mexican farmers sow, observe and select the seeds every year from the productive yield among 10^{11} and 10^{12} (one hundred billion to one trillion) different maize genotypes in the agro global national ecosystem, the number of genotypes planted annually, is similar to that of maize seeds preserved in all germplasm banks in the world. This activity, which has been repeated since ancient times, can also be seen as a mega putative experiment of genetic improvement “in parallel”, where all genetic reservoir of the species intervenes in México. The authors of this paper presume, that is sought to develop materials more adapted to agroclimatic niches and with higher organoleptic and nutritional qualities, without sacrificing biodiversity.

This is one of the undervalued facets of traditional Mexican agriculture, but taken advantage of by the scientific community dedicated to the Mendelian and biotechnological genetic improvement of maize. However, in the near future, the Mexican maize biodiversity reserve and the MGA would be key to addressing the challenges of climate change, for food security in México and the world.

Almost half of the arable land of the country under rainfed conditions lies on hillsides with slopes from moderate of 4 to 10% to steep of more than 40% (Turrent *et al.*, 2014). Except for the roza-tumba-quema historical system, traditional hillside agriculture has historically been managed in México with an extractivist model. Water erosion has been a central factor in the degradation of hillside agricultural soils. Readings of soil loss by erosion have been reported of the order of 40 kg of soil per kg of maize produced in a slope of the humid tropics of México (Uribe *et al.*, 2002).

Casi la mitad de la tierra de labor bajo temporal del país se ubica en laderas con pendientes desde moderadas de 4 a 10% hasta abruptas con más de 40% (Turrent *et al.*, 2014). Salvo el sistema histórico roza-tumba-quema, la agricultura tradicional de ladera ha sido manejada históricamente en México con un modelo extractivista. La erosión hídrica ha sido factor central de degradación de los suelos agrícolas de ladera. Se han reportado lecturas de pérdida de suelo por erosión del orden de 40 kg de suelo por kg de maíz producido en una ladera del trópico húmedo de México (Uribe *et al.*, 2002).

Esta ladera tiene 14.5% de pendiente, se cultiva con maíz de temporal, roturando anualmente y quemando el rastrojo; no se aplican prácticas de protección contra la erosión hídrica; la precipitación media anual es 1 633 mm. Este manejo extractivista del suelo se repite desde hace tiempo en la fracción ampliamente mayoritaria de suelos de ladera del país, colocándola en situación de fragilidad frente a las lluvias torrenciales, las temperaturas altas y las sequías de desastre que acompañarán al cambio climático (Easterling *et al.*, 2000; Ahmed *et al.*, 2009). El 23% de las tierras cultivadas con maíz bajo temporal son laderas con suelos profundos y 39% son laderas con suelos someros (Turrent *et al.*, 2014).

Es de alta prioridad para el país detener la degradación de estos suelos agrícolas, como opción crítica para aspirar a la seguridad alimentaria ante el cambio climático inminente. Junto a la crisis de la degradación de los suelos por erosión, convive la crisis económica, que es igualmente apremiante para la agricultura tradicional en pequeño. Empero, cualquier opción tecnológica para modernizar este tipo de agricultura habría perseguir objetivos múltiples, respondiendo ventajosa y simultáneamente a criterios ecológicos, socio-económicos y culturales.

Agricultura de conservación-MasAgro

La SAGARPA firmó con el CIMMYT un convenio fundacional del Programa MasAgro, con duración de 10 años contados a partir de abril de 2011 (del Toro, 2012). En el proyecto se acuerda la colaboración entre ambas partes para alcanzar los siguientes objetivos en la segunda línea de acción, “estrategia internacional para incrementar el rendimiento del maíz”: 1) la modernización sustentable de la agricultura tradicional, reconvirtiéndola al paradigma de la agricultura de conservación (PAC); 2) incrementar la producción nacional de maíz bajo temporal, entre 5 y 9

This hillside has a slope of 14.5%, is cultivated with rainfed maize, yearly plowing and burning the stubble; no protection practices against water erosion are applied; the average annual rainfall is 1 633 mm. This extractive soil management has been repeated for some time in the large majority fraction of hillside soils of the country, placing it in situations of fragility against torrential rain, high temperatures and disaster droughts that comes along with climate change (Easterling *et al.*, 2000; Ahmed *et al.*, 2009). 23% of the cultivated land with maize under rainfed conditions are slopes with deep soils and 39% are slopes with shallow soils (Turrent *et al.*, 2014).

It is of high priority for the country to stop the degradation of these agricultural soils, as a critical option to aspire to food security in the face of imminent climate change. Along with the crisis of soil degradation by erosion, the economic crisis coexists, which is equally compelling for traditional small-scale agriculture. However, any technological option to modernize this type of agriculture would have to pursue multiple objectives, responding advantageously and simultaneously to ecological, socio-economic and cultural criteria.

MasAgro conservation agriculture

SAGARPA signed along with CIMMYT a founding agreement of the MasAgro Program, with duration of 10 years counted from April 2011 (Del Toro, 2012). The project agreed on the collaboration between the two sides to achieve the following objectives in the second line of action, “international strategy to increase maize yield”: 1) sustainable modernization of traditional agriculture, turning it into the paradigm of conservation agriculture (PAC); 2) to increase domestic production of maize under rainfed conditions, among 5 to 9 million tons annually, and to increase yield from 2.2 to 3.7 t ha⁻¹; and 3) to replace between 1.5 and 3 md ha to native maize currently grown by improved maize varieties that are more yielding, drought tolerant and resistant to lodging. There are three more lines of action that can be consulted in del Toro (2012). SAGARPA would contribute with \$ 1 656 million pesos during the project period and would also support with its technical field staff. CIMMYT would provide the leadership and training of SAGARPA peasants and professionals participating in the project.

On April 2017, six years of implementation of the MasAgro program will have passed. Each year, CIMMYT publishes the progress of the program in some of its objectives. MasAgro had already included 592 municipalities in 30 states of the Republic in 2015, and had also certified 294

millones de toneladas anuales, e incrementar su rendimiento desde 2.2 hasta 3.7 t ha⁻¹; y 3) sustituir entre 1.5 a 3 md ha a los maíces nativos actualmente cultivados por variedades mejoradas de maíz más rendidoras, tolerantes a la sequía y resistentes al acame. Hay tres líneas de acción más que pueden consultarse en del Toro (2012). La SAGARPA aportaría \$1 656 millones de pesos, durante el período del proyecto y también apoyaría con su personal técnico de campo. El CIMMYT proporcionaría el liderazgo y capacitación de campesinos y profesionistas de la SAGARPA participantes en el proyecto.

En abril del 2017 habrán transcurrido seis años de ejecución del programa MasAgro. Cada año, el CIMMYT publica los avances del programa en algunos de sus objetivos. En su cobertura operativa del ámbito nacional, MasAgro ya había incluido 592 municipios en 30 estados de la República en el año 2015, también había certificado a 294 técnicos, mientras que 36 000 personas habían visitado la bitácora electrónica de MasAgro. Se habían también obtenido 6 800 perfiles genómicos de maíces del banco de germoplasma e identificado 128 líneas de maíz tolerantes a la sequía (Martínez *et al.*, 2016). Sin embargo, el CIMMYT no hace pública o no ha dado seguimiento a la información de tipo agregado nacional pertinente al objetivo de incrementar la producción de maíz en 5 a 9 millones de toneladas anuales en el sector agrícola tradicional bajo temporal: i.e. a) la cobertura de productores agrícolas en pequeño (menos de 5 hectáreas); y b) incrementos en los rendimientos y en la producción de maíz, tan centrales al programa MasAgro-maíz.

Alternativamente, en las Figuras 1 y 2 se muestra la serie estadística pública de la producción nacional de maíz de temporal, los rendimientos observados (SIAP, 2017) y la proyección de la tendencia positiva de los años 1980-2010 (antes de MasAgro). Esta serie estadística no refleja incrementos adicionales a esa tendencia positiva nacional en los primeros cinco años del programa MasAgro (2011 a 2015). Lo observable es que los efectos de MasAgro serían pequeños comparados con la variabilidad anual asociada al clima y a otros factores. En las mismas figuras se hacen proyecciones de los objetivos explícitos de MasAgro-maíz tal y como fue firmado con el gobierno mexicano. Sorprende la diferencia entre lo proyectado en el programa Masagro (meta baja y meta alta) y lo observado. Es obvia la disparidad entre lo ofrecido y lo logrado hasta la fecha. Tales son los resultados visibles que dependen de a) la magnitud de la superficie tratada con MasAgro; b) los rendimientos

technicians, while 36 000 people had visited MasAgro's electronic logbook. They had also obtained 6 800 maize genomic profiles from the genebank and 128 maize lines tolerant to drought had been identified (Martínez *et al.*, 2016). However, CIMMYT does not make publicly available or follow-up information relevant to the objective of increasing maize yield by 5 to 9 million tonnes per year in the traditional rainfed agricultural sector: i.e. a) coverage of small farmers (less than 5 hectares); and b) increases in maize yields and production, so central to the MasAgro-maize program.

Alternatively, Figures 1 and 2 show the public statistical series of national rainfed maize production, observed yields (SIAP, 2017) and the projection of the positive trend of the years 1980-2010 (before MasAgro). This statistical series does not reflect further increases to this positive national trend in the first five years of the MasAgro program (2011 to 2015). What is shown is that the effects of MasAgro would be small compared to the annual variability associated with climate and other factors. In the same figures there are the projections of the explicit objectives of MasAgro-maíz as it was signed with the Mexican government. The difference is striking between what was projected in the Masagro program (low goal and high goal) and what is observed. It is obvious the disparity between what was offered and what has been achieved to this date. Such are the visible results that depend on a) the magnitude of the surface treated with MasAgro; b) the yields obtained; and c) its significance on the national scale. It could have occurred that the reached yields of rainfed maize were as expected or even greater, but that the treated surface was not significant at the national scale, the treated area was significant but the yields did not exceed the trend values or some combination of both.

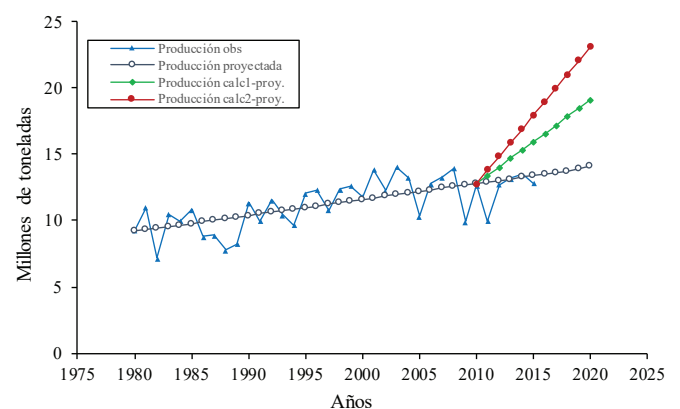


Figura 1. Producción nacional de maíz de temporal en el período 1980-2015 (SIAP, 2017) y proyecciones al año 2020.
Figure 1. National production of rainfed maize in the period 1980-2015 (SIAP, 2017) and projections to 2020 year.

obtenidos; y c) su significancia en la escala nacional. Pudo haber ocurrido que los rendimientos de maíz de temporal alcanzados fueron los esperados o mayores, pero que la superficie tratada fuera poco significativa en la escala nacional, la superficie tratada fue significativa pero los rendimientos no superaron los valores tendenciales o bien y alguna combinación de ambas.

Tabién es de anotarse que las publicaciones de CIMMYT minimizan la demanda tecnológica de los cultivos rotantes con el maíz, que son requisito obligado del PAC. Para que tal requisito se cumpliera sería necesario hacer explícita aquella tecnología, ya que los cultivos rotantes tendrían que ser tan exitosos financieramente como el maíz, para que el PAC resultara adoptable. En su defecto, más que PAC, MasAgro estaría impulsando en la práctica al paradigma de labranza de conservación, fuera de lo comprometido.

Milpa intercalada en árboles frutales (MIAF)

El desarrollo de la tecnología MIAF es producto de la colaboración de más de 30 años entre el INIFAP y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Hay más de 60 publicaciones científicas, técnicas y de difusión sobre MIAF, en las que se detalla su tecnología y avances (Cortés *et al.*, 2005; Cortés *et al.*, 2007; Francisco *et al.*, 2010; Cortés *et al.*, 2012a, b; Camas *et al.*, 2012; Santiago, 2014; Salinas, 2015; Albino *et al.*, 2016; Torres, 2016). La tecnología MIAF tiene dos precursores, uno es el modelo de intensificación de la milpa histórica (MH) desarrollado por productores tradicionales de la región de San Martín Texmelucan- Huejotzingo en el estado de Puebla, que introduce el cultivo de árboles frutales en interacción con la milpa (Cortés y Turrent, 2012a); el segundo es la tecnología de la terraza de muro vivo para laderas (Turrent *et al.*, 1995 a, b, c). MIAF es una tecnología multi objetivo que persigue intensificar el PAT para: 1) incrementar significativamente el ingreso neto y el empleo familiar, sin dejar de producir sus alimentos básicos; 2) proteger el suelo contra la erosión, sin eliminar su roturación, excepto en condiciones especiales; 3) fomentar la interacción entre los cultivos componentes, para una mayor economía del uso de los recursos naturales y los insumos importados a la parcela; y 4) incrementar la captura del carbono atmosférico.

Examinaremos el conjunto de hipótesis y supuestos en que se basa MIAF, por su pertinencia al tema de la intensificación del PAT, particularmente en lo que compete a los tres primeros objetivos. En MIAF se adopta algunas propiedades de la milpa

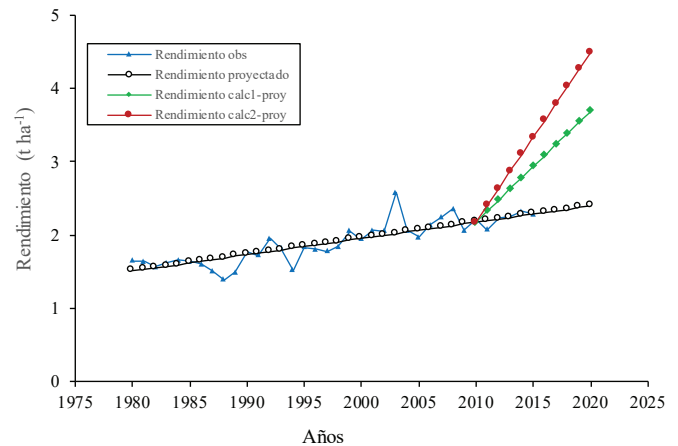


Figura 2. Rendimiento nacional de maíz de temporal en el período 1980-2015 y proyecciones al año 2020.

Figure 2. National yield of rainfed maize in the period from 1980 to 2015 and projections to 2020 year.

It should also be noted that CIMMYT's publications minimize the technological demand of rotating crops with maize, which are required by the PAC. In order to meet such requirement, it would be necessary to make that technology explicit, since rotating crops would have to be as financially successful as maize, so that the PAC would become adoptable. In its absence, more than PAC, MasAgro would be impelling in practice the paradigm of conservation tillage, which is outside of the commitment.

Milpa intercalated in fruit trees (MIAF)

The development of the MIAF technology is a product of the collaboration of more than 30 years between INIFAP and the Colegio de Postgraduados in Agricultural Sciences. There are over 60 scientific, technical and broadcast papers on MIAF, where technology and advances are detailed (Cortés *et al.*, 2005; Cortés *et al.*, 2007; Francisco *et al.*, 2010; Cortés *et al.*, 2012a, b; Camas *et al.*, 2012; Santiago, 2014; Salinas, 2015; Albino *et al.*, 2016; Torres, 2016). MIAF technology has two precursors, one is the intensification model of the historical milpa (MH) developed by traditional producers of the San Martín Texmelucan-Huejotzingo region in the state of Puebla, which introduces the cultivation of fruit trees in interaction with the Milpa (Cortés and Turrent, 2012a); the second is the technology for living wall terrace slopes (Turrent *et al.*, 1995a, b, c). MIAF is a multi-objective technology that seeks to intensify the

histórica: i) su eficiencia relativa de la tierra (ERT) (Mead and Wiley, 1980) superior a la unidad; ii) su biodiversidad como factor de resiliencia cultural y agroclimática; y iii) el cultivo de semillas nativas como fuente del alimento básico familiar.

Eficiencia relativa de la tierra (ERT) mayor a la unidad. En comparación con un cultivo simple, la estructura del dosel vegetal de la MH es compleja, consistiendo en varios estratos foliares ocupados por especies interactuantes, adaptadas a cada uno de aquellos y con densidades de población adecuadas para lograr un alto provecho conjunto de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) incidente. También se logra un espacio de exploración del suelo más amplio. Este sistema confiere a la MH una eficiencia relativa de la tierra mayor a la unidad. En MIAF, se aproxima el mismo efecto con una estructura del dosel foliar de tres estratos interactuantes: un epicultivo (frutal), un meso cultivo (maíz) y un soto cultivo (frijol arbustivo u otra especie de porte bajo). Las densidades de población han de ser optimizadas para este sistema. Con el objetivo de cotejar la hipótesis que se puede lograr valores de ERT superiores a la unidad con un arreglo topológico *ad hoc* diferente al de la MH, se condujo dos experimentos sobre MIAF en el Campo Experimental Valle de México, uno bajo temporal y otro bajo riego, en el período 2002 a 2005.

El espacio total de un módulo MIAF fue asignado en tercios de seis surcos cada uno, al durazno, maíz y frijol arbustivo. El tercio central fue asignado a una hilera de durazno y dos tercios flanqueantes al maíz y frijol, éstos en seis tiras alternantes de dos surcos de maíz y dos de frijol. En la Figura 3 se muestra el arreglo topológico de MIAF y la penetración de la RFA en el maíz, propiciado por las tiras flanqueantes de frijol arbustivo.



Figura 3. Módulo MIAF- duraznero con arreglo topológico de dos surcos alternantes de maíz y frijol e hilera de duraznero bajo riego. CEVAMEX, 2004.

Figure 3. MIAF-peach tree module with topological arrangement of two alternating maize and bean rows and a peach row under irrigation. CEVAMEX, 2004

PAT to: 1) significantly increase net income and family employment, while continuing to produce its staples; 2) to protect the soil against erosion, without eliminating its breakage, except under special conditions; 3) to foster the interaction between the component crops, for a greater economy of the use of natural resources and the imported inputs to the plot; and 4) to increase the capture of atmospheric carbon.

We will examine the set of hypothesis and assumptions on which MIAF is based due to its relevance to the PAT's intensification topic, particularly in relation to the first three objectives. In MIAF some properties of the historical milpa are adopted: i) its relative soil efficiency (ERT) (Mead and Wiley, 1980) superior to the unity; ii) its biodiversity as a factor of cultural and agro-climatic resilience; and iii) the cultivation of native seeds as a source of the family staple food.

Relative soil efficiency (ERT) greater than unity. Compared to a single crop, the structure of the vegetative canopy of the MH is complex, consisting of several foliar strata occupied by interacting species, adapted to each of them and with adequate population densities to achieve a high joint benefit of incident photosynthetically active radiation (RFA). A wider exploration of the soil is also achieved. This system gives the MH a relative efficiency of the soil greater than unity. In MIAF, the same effect is approached with a foliar canopy structure of three interacting strata: an epiculture (fruit), a meso culture (maize) and a single crop (shrub beans or other species of low size). Population densities have to be optimized for this system. With the aim of collating the hypothesis that higher ERT values than the unit can be achieved with an *ad hoc* topological arrangement different from the MH, two experiments on MIAF were conducted in the Campo Experimental Valle de México, one under rainfed and the other under irrigation, in the period 2002 to 2005.

The total space of a MIAF module was assigned in thirds of six rows each, peach, maize and shrub beans. The central third was assigned to a row of peach and the two flanking thirds to maize and beans, these, in six alternating strips of two maize rows and two of beans. Figure 3 shows the topological arrangement of MIAF and the penetration of RFA in maize, favored by the flanking bean strips.

En el Cuadro 1 se muestra que se puede lograr valores de ERT superiores a la unidad en el MIAF. En el componente de cultivos anuales de MIAF bajo riego, la ERT promedió 1.494 -suma de las eficiencias relativas parciales 0.875 en maíz y 0.619 en frijol- y en temporal fue igual a 1.539 -suma de 0.906 y 0.632 (Cuadro 1). La implicación para el caso de temporal es que se requeriría cultivar 0.906 ha del cultivo simple de maíz, más 0.632 ha del cultivo simple de frijol arbustivo, para igualar la cosecha de grano de maíz y de frijol de una hectárea cultivada con el componente de cultivos anuales de MIAF. Varios autores han reportado valores de ERT superiores a la unidad en MIAF en diferentes condiciones: Cortés y Turrent (2012a) bajo temporal en Puebla, Albino *et al.* (2016) bajo riego en CEVAMEX, Camas *et al.* (2012) en Chiapas bajo temporal y Torres (2016) bajo temporal en Oaxaca.

Table 1 shows that ERT values above the unit can be achieved in the MIAF. In the annual crop component of MIAF under irrigation, the ERT averaged 1.494 -addition of the partial relative efficiencies 0.875 in maize and 0.619 in beans- and under rainfed it was equal to 1.539 -addition of 0.906 plus 0.632 (Table 1). The implication for the rainfed case is that 0.906 ha of simple maize crop, plus 0.632 ha of simple shrub bean cultivation, would be required to match maize grain and bean crop yields of one hectare grown with the crop component of MIAF. Several authors have reported ERT values above unit in MIAF under different conditions: Cortés and Turrent (2012a) under rainfed in Puebla, Albino *et al.* (2016) under irrigation in CEVAMEX, Camas *et al.* (2012) in Chiapas under rainfed and Torres (2016) under rainfed in Oaxaca.

Cuadro 1. Rendimientos promedio de grano de maíz, frijol y eficiencia relativa de la tierra: MIAF en relación a los cultivos simples de maíz y de frijol, bajo riego y temporal en 2002-2005. Campo Experimental Valle de México. INIFAP[†].
Table 1. Average yields of maize grain and bean and relative efficiency of the soil: MIAF in relation to simple maize and bean crops, under irrigation and rainfed in 2002-2005. Campo Experimental Valle de México. INIFAP.

Cultivo	Riego		Eficiencia	Temporal		Eficiencia
	Sistema tecnológico			Sistema tecnológico		
	‡MIAF t (0.5 ha) ⁻¹	§CS (t ha ⁻¹)	§§ERP fracción	‡MIAF t (0.5 ha) ⁻¹	§CS (t ha ⁻¹)	§§ERP fracción
Maíz	8.4	9.6	0.875	3.19	3.52	0.906
Frijol	1.25	2.02	0.619	1.05	1.66	0.632
ERT			1.494			1.538

[†]= cálculos a partir de datos de los Cuadros 2 y 3 de Turrent (2005); ERT= calculó ignorando al epicultivo, debido a que entró en producción hasta el último año; [‡]= los rendimientos de MIAF se expresan sobre la base de media hectárea: t (0.5 ha)⁻¹ que es el área efectiva ocupada por cada uno de los dos cultivos en el arreglo topológico de tiras de dos surcos de maíz, alternando con tiras de dos surcos de frijol arbustivo; [§]= cultivo simple, los rendimientos de cultivo simple se expresan en t ha⁻¹, que es el área ocupada por cada especie. ^{§§}= eficiencia relativa parcial del cultivo, dividiendo el rendimiento en MIAF en media hectárea entre el rendimiento del cultivo simple en una hectárea; ERT= eficiencia relativa de la tierra que es la suma de las ERP de ambos cultivos.

MIAF con maíz nativo. Torres (2016) condujo un experimento de investigación MIAF bajo temporal durante seis años en la Sierra Mixe de Oaxaca. El sitio experimental es una ladera con pendiente de 29.8%. El orden de suelo es Acrisol, con pH menor a 5, con contenido muy bajo de materia orgánica y trazas de fósforo asimilable. Se cultivó la raza de maíz Olotón, adaptada a esta condición edáfica. No se encaló para corregir el pH del suelo. El arreglo topológico del maíz y frijol fue de un surco de maíz alternando con un surco de frijol. El maíz ocupó 30% del espacio del módulo MIAF, el frijol 30% y el duraznero 40%. El experimento incluyó cinco densidades de población de maíz, desde 13 333 hasta 26 700 plantas totales por hectárea, ocupando sólo 30% del espacio. El

MIAF with native maize. Torres (2016) conducted a MIAF experiment under rainfed for six years in the Sierra Mixe of Oaxaca. The experimental site is a hill with slope of 29.8%. The soil order is Acrisol, with pH less than 5, with very low content of organic matter and traces of assimilable Phosphorus. The Olotón maize breed, adapted to this edaphic condition, was cultivated. Lime was not applied to correct soil pH. The topological arrangement of maize and beans was of a maize groove alternating with a bean groove. Maize occupied 30% of the space of the MIAF module, bean 30% and peach 40%. The experiment included five population densities of maize, from 13 333 to 26 700 total plants per hectare, occupying only 30% of the space. The author did not report lodging problems. Optimal yields

autor no reportó problemas de acame. Los rendimientos óptimos fluctuaron según la calidad del temporal y la posición relativa del surco en la terraza, desde 1.48 (0.3) t ha⁻¹ hasta 3.02 (0.3) t ha⁻¹.

Protección contra la erosión. También se adopta en MIAF los elementos de la tecnología terraza de muro vivo, para proteger el suelo contra la erosión: i) árboles plantados en contorno a 1 m entre sí, como sostén de las terrazas; ii) el filtro de escurrimientos para reducir la velocidad del agua de escurrimiento y propiciar el depósito de sedimentos; y iii) la roturación “vertiendo hacia abajo”, para propiciar el desarrollo gradual de terrazas. Uribe-Gómez *et al.* (2002) -en una investigación experimental sobre terrazas de muro vivo- y Camas *et al.* (2012) -en un experimento sobre MIAF- compararon las dinámicas del agua de escurrimiento y de los sedimentos bajo labranza tradicional (LT), terrazas de muro vivo (TMV) y labranza de conservación (LC), o bajo MIAF en laderas del trópico subhúmedo de México. Uribe-Gómez *et al.* (2002) reportan coeficientes de escurrimiento (CE) de 31%, 15% y 17% respectivamente para LT, TMV y LC en un Entisol con pendiente de 14.5%. Las pérdidas de sedimentos fueron 199 t ha⁻¹ año⁻¹, 3 y 1, respectivamente.

En un estudio de 3 años, Camas *et al.* (2012) compararon MIAF, con barreras vivas y con LC en microcuencas de 50 o más metros de longitud y pendientes mayores a 30%, bajo condiciones de no roturación. Reportan CE de 12.4%, 13.15% y 18.6% respectivamente para MIAF, barreras vivas y LC, y pérdidas por erosión de 5.8 t ha⁻¹ año⁻¹, 6.3 y 16.8. La eficiencia de MIAF para detener la erosión hídrica no es afectada por la longitud de la pendiente. Esto no es así con la agricultura de conservación (Liu *et al.*, 2000; Roose y Barthes, 2001). En la Figura 4 se muestran vistas de un experimento permanente sobre MIAF bajo temporal, establecida en el año 2004 en un Vertisol con pendiente de 18%. Las dimensiones y el arreglo topológico de maíz y frijol nativo de semiguía en el ciclo primavera verano son las mismas que las del experimento descrito en CEVAMEX (Figura 3). En el ciclo otoño-invierno se cultiva maíz nativo precoz bajo cultivo simple.

Incremento del ingreso familiar. La inclusión del cultivo de árboles frutales a MIAF enriquece a la milpa en tres ámbitos: el incremento significativo del ingreso neto familiar, la protección del suelo contra la erosión y el incremento localizado del contenido de materia orgánica del suelo -este último asociado con la instalación anual del

ranged according to the quality of rainfall and the relative position of the groove on the terrace, 1.48 (0.3) t ha⁻¹ to 3.02 (0.3) t ha⁻¹.

Protection against erosion. The elements of living wall terrace technology are also adopted in MIAF to protect the soil against erosion: i) trees planted in contour 1m apart, as a support for the terraces; ii) runoff filter to reduce runoff water velocity and promote sediment deposition; and iii) “downward spreading” to encourage the gradual development of terraces. Uribe-Gómez *et al.* (2002) -in an experiment on alive wall terraces- and Camas *et al.* (2012) -in an experiment on MIAF-, compared runoff and sediment dynamics under traditional tillage (LT), living wall terraces (TMV) and conservation tillage (LC), or under MIAF on slopes of Mexico’s sub-humid tropics. Uribe-Gómez *et al.* (2002) reported drainage coefficients (CE) of 31%, 15% and 17% respectively for LT, TMV and LC in an Entisol with slope of 14.5%. The sediment losses were 199 t ha⁻¹ year⁻¹, 3 and 1, respectively.

On a 3 years study, Camas *et al.* (2012) compared MIAF, with live barriers and with LC in micro-watersheds of 50 or more meters in length and slopes greater than 30%, under non-breaking conditions. Reporting EC of 12.4%, 13.15% and 18.6% respectively for MIAF, living barriers and LC, and erosion losses of 5.8 t ha⁻¹ year⁻¹, 6.3 and 16.8. The MIAF efficiency to stop water erosion is not affected by the slope length. This does not happen with conservation agriculture (Liu *et al.*, 2000; Roose and Barthes, 2001). Figure 4 shows views of a permanent experiment on rainfed MIAF, established in 2004 on a Vertisol with slope of 18%. The dimensions and topological arrangement of maize and native beans in the spring summer cycle are the same as those described in the experiment of CEVAMEX (Figure 3). In the autumn-winter cycle, native early maize is grown under single cultivation.

Increase in family income. The inclusion of fruit trees cultivation in MIAF enriches the milpa in three areas: a significant increase in net family income, soil protection against erosion and localized increase in soil organic matter content -the latter associated with the annual installation of a runoff filter. By design, the fruit trees occupied a third of a hectare of MIAF on shallow slopes, in which is located a population of 695 fruit trees. In the remaining two-thirds of the MIAF hectare 30 000 maize plants and 80 000 bean plants are located. The total populations of the epiculture, mesoculture and sotoculture approximate the total populations of two hectares managed in a conventional

filtro de escurrimientos. Por diseño, los árboles frutales ocupan un tercio de una hectárea de MIAF en pendientes someras, en el que se ubica una población de 695 árboles frutales. En los dos tercios restantes de la hectárea MIAF se ubica a 30 000 plantas de maíz y 80 000 plantas de frijol. Las poblaciones totales del epicultivo, mesocultivo y sotocultivo, aproximan a las poblaciones totales de dos hectáreas manejadas de manera convencional, una con frutales y otra con milpa. Con esta intensificación se logra ventaja de la interacción entre especies botánicamente distintas y complementarias entre sí, en el uso del espacio y el tiempo.

La inclusión de árboles frutales incrementa de manera sustantiva el valor de la producción como lo explican Cortés y Turrent (2012a). Se ha publicado un análisis económico y financiero *ex ante* de la aplicación de MIAF en la sierra norte de Oaxaca, cubriendo un periodo de 15 años (Jiménez *et al.*, 2016). Estos autores reportan los siguientes parámetros del análisis financiero de MIAF por hectárea, en una microcuenca de la Sierra Mazateca, Oaxaca: VAN (valor actual neto) igual a \$53 714 (pesos constantes de 2004), TIR (tasa interna de retorno) igual a 20.68% y R(B/C) (relación beneficio/costo) igual a 1.49. Los parámetros del análisis financiero fueron calculados a partir de costos e ingresos de MIAF adicionales a los de la milpa tradicional. La partida más costosa de MIAF fue la compra de 1 000 plántulas injertadas de durazno, igual a \$30 000.00. Sin embargo, esta inversión pudo ser sustituida en gran parte, por mano de obra propia y tiempo. El costo de las mismas 1 000 plántulas fue de \$5 080.00, auto produciéndolas en minicepellones e injertándolas un año después en el campo.

Estrategia de transferencia de la tecnología MIAF. Esta tecnología está diseñada para intensificar el paradigma de la agricultura tradicional con énfasis simultáneo en la sustentabilidad, en el ingreso y empleo familiar, en la biodiversidad y en la interacción con los recursos tecnológicos campesinos. Su dominio tecnológico es el de las pequeñas unidades de producción. La tecnología es intensa en conocimiento y su transferencia es compleja y de plazo largo. Aun así, la respuesta de los pequeños productores ha sido típicamente entusiasta, cuando han tenido acceso a observar la unidad MIAF en funcionamiento. El componente de fruticultura de MIAF y a la vez, el énfasis en producir sus cultivos nativos en la misma parcela ha sido el elemento de intensificación que más les ha atraído.

way, one with fruit trees and the other with milpa. With this intensification there is an advantage of the interaction between botanically different species and complementary to each other, in the use of space and time.



Figura 4. Sitio de investigación-demostración con MIAF-chicozapote en el año 2013, plantado en 2003, en un Vertisol en ladera con pendiente de 18% en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.

Figure 4. Research-demonstration site with MIAF-chicozapote in 2013, planted in 2003, on a hill vertisol with slope of 18% in the Los Tuxtlas region, Veracruz.

The inclusion of fruit trees substantially increases the value of production as explained by Cortés and Turrent (2012a). An economic and financial analysis *ex ante* the application of MIAF in the Northern Sierra of Oaxaca, covering a period of 15 years has been published (Jiménez *et al.*, 2016). These authors report the following parameters of the MIAF financial analysis per hectare, in a microbasin of the Sierra Mazateca, Oaxaca: VAN (net present value) equal to \$53 714 (constant pesos of 2004), TIR (internal rate of return) equal to 20.68% and R (B/C) (benefit/cost ratio) equal to 1.49. The parameters of the financial analysis were calculated from costs and income of MIAF additional to those of the traditional milpa. The most expensive item of MIAF was the purchase of 1 000 grafted peach seedlings, equal to \$ 30 000.00. However, this investment could be largely replaced by self-employment and time. The cost of the same 1 000 seedlings was \$ 5 080.00, self-producing them in miniroots and grafting them a year later in the field.

MIAF's technology transfer strategy. This technology is designed to intensify the paradigm of traditional agriculture with simultaneous emphasis on sustainability, family income and employment, biodiversity and interaction with peasant technological resources. Its technological domain is that of small production units. The technology is intense in knowledge and its transfer is complex and long term. Even so, the response of small producers has typically been enthusiastic, when they have had access to observe the MIAF

También opera a favor de la adopción de MIAF, a) su compatibilidad con el paradigma de la agricultura tradicional; y b) el prometer no sólo sustentabilidad de los recursos sino también incrementos sustantivos en el ingreso y en el empleo familiar. Como todo conocimiento tecnológico en proceso de desarrollo y escalamiento, es preciso acompañarlo con investigación adaptativa de tipos agronómica, social y de desempeño, como se deriva de la experiencia del Plan Puebla (CIMMYT, 1974). Hay varios retos formidables para la transferencia de la tecnología MIAF, pero que no son insalvables, i.e. a) la intensidad de conocimiento tecnológico, b) la inversión en plántulas frutales al inicio, y fuentes consistentes y adecuadas de financiamiento y de asistencia técnica, y c) el acceso al mercado de fruta fresca. Se puede consultar sobre experiencias de transferencia de MIAF en Ruiz-Mendoza *et al.* (2012); Zambada-Martínez *et al.* (2013). Estos son casos en los que la investigación sobre MIAF estuvo asociada con su transferencia.

Hay también casos de adopción espontánea de MIAF por parte de organizaciones de productores que ya contaban con experiencia en el financiamiento y el mercadeo, y que buscaban intensificar su producción o bien, cambiar el giro de su actividad agrícola. En el Cuadro 2 se presenta información pertinente de tres casos de adopción espontánea de MIAF en el estado de Chiapas, México. Estas adopciones han ocurrido como resultado de visitas de productores y directivos de sus organizaciones a los sitios de investigación-demonstración MIAF.

Posteriormente, en respuesta a solicitudes, el programa cooperativo INIFAP-COLPOS les ha proporcionado asesoría técnica sobre MIAF. Este camino de adopción se basa en el mérito de la tecnología y en su afinidad con el paradigma de la agricultura tradicional. El programa colaborativo del INIFAP y el COLPOS ha establecido 12 sitios de investigación- demostración MIAF en varias regiones del país, en colaboración con productores y en dos casos, en terrenos del INIFAP. El período de conducción de estos sitios ha sido en su mayoría de 4 a 8 años. Sólo dos de ellos han permanecido por más de 10 años. El sitio permanente de Los Tuxtles (Figura 4) inspiró el proyecto Isitame en Chiapas, mientras que el sitio experimental de Santa María Tlahuitoltepec, Oaxaca inspiró a los dos proyectos Ramal Santa Cuz y Proasus, Chiapas (Cuadro 2). Hay lecciones de este caso de adopción, que podrían apoyar el diseño de un programa ambicioso del Estado para intensificar el PAT en el nivel nacional.

unit in full operation. The fruit-culture component of MIAF and at the same time, the emphasis on producing its native crops on the same plot has been the intensifying element that has attracted them the most.

It also operates in favor of the adoption of MIAF, a) its compatibility with the paradigm of traditional agriculture; and (b) promising not only sustainability of resources but also substantial increases in income and family employment. Just like all technological knowledge in the process of development and scaling, it is necessary to accompany it with adaptive research of agronomic, social and yield types, as it is derived from the experience of Plan Puebla (CIMMYT, 1974). There are several formidable challenges for the transfer of MIAF technology, but they are not insurmountable, i.e. a) the intensity of technological knowledge; b) the investment in fruit trees at the beginning, and consistent and adequate sources of financing and technical assistance; and c) access to the fresh fruit market. MIAF transfer experiences can be consulted in Ruiz-Mendoza *et al.* (2012); Zambada-Martínez *et al.* (2013). These are cases in which MIAF research was associated with its transfer.

There are also cases of spontaneous adoption of MIAF by producer organizations that already had experience in financing and marketing, and that were looking to intensify their production or to change the type of their agricultural activity. Table 2 shows relevant information on three cases of spontaneous adoption of MIAF in the state of Chiapas, México. These adoptions have occurred as a result of visits by producers and managers of organizations to MIAF research-demonstration sites.

Subsequently, in response to requests, the INIFAP-COLPOS cooperative program has provided technical advice on MIAF. This adoption path is based on the merit of technology and its affinity with the paradigm of traditional agriculture. The collaborative program of INIFAP and COLPOS has established 12 MIAF research-demonstration sites in several regions of the country, in collaboration with producers and in two cases, on INIFAP's land. The establishment period of these sites has been mostly from 4 to 8 years. Only two of them have remained for more than 10 years. The permanent site of Los Tuxtles (Figure 4) inspired the Isitame project in Chiapas, while the Santa María Tlahuitoltepec, Oaxaca, experimental site, inspired the two Ramal Santa Cuz and Proasus, Chiapas projects, (Table 2). There are lessons from this adoption case, which could support the design of an ambitious State program to intensify the PAT at the national level.

Cuadro 2. Casos de adopción espontánea de MIAF por organizaciones pre-existentes de productores del estado de Chiapas.
Table 2. Cases of spontaneous adoption of MIAF by pre-existing organizations of producers in the state of Chiapas.

Organización	Región	Municipios	Actividad principal previa	Año de inicio	Número de productores	MIAF-frutal	Superficie (ha)
Colectivo Isitame [§]	Norte	Rayón, Tapalapa, Pantepec	Café orgánico	2010	400	Durazno, aguacate	100
Ramal Santa Cruz ^{§§}	Centro	La Concordia	Café orgánico	2010	57	Limón persa, aguacate	80
PROASUS [†]	Frontera, Centro Altos, Sierra	Las Margaritas, Ocozocoautla, Zinacantán, Chamula, El Porvenir	Milpa, Café orgánico, Piña	2011	289	Aguacate, Rambután, Piña	405
Sumas					746		589

[§]= Colectivo ISITAME, A. C. Transformando realidades. www.isitame.org. MC. Yolanda Romero Alvarado. Tel. (01) 961 1470630. Prolongación de la 2^{da} Poniente Norte 1804. Col. Penipak Norte, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. CP. 29039. ^{§§}= Ramal Santa Cruz, S. P. R. de R. I. Gerente Rigoberto Velasco. Av. Julián Grajales Núm. 430, Chiapas de Corzo, Chiapas. CP. 29160. [†]= Proasus S. A. de R. L. Lic. Adolfo Ocampo Guzmán. Tel. (044) 9671141667. Cerrada Jovel núm. 3-1, Col Fstse 2000. San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Discusiones

Es fácil concordar con los autores del programa MasAgro, en que la agricultura tradicional de México requiere cambios profundos, particularmente en las prácticas de producción de laderas manejadas como sedentarias. Aquí es necesario cancelar el modelo extractivista que produce la erosión hídrica del suelo y que desquicia el ciclo del agua del agroecosistema. También hace falta realizar cambios para incrementar el ingreso familiar y el empleo de manera significativa y para acercar el nivel de producción de la tierra a su potencialidad edafoclimática y a los intereses del productor. Sin embargo, es cuestionable que para lograr esos cambios sea necesario y hasta útil para el pequeño productor tradicional sustituir el paradigma de la agricultura tradicional por el de la agricultura de conservación (Turrent *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2016). Estos últimos autores cuestionan que la sustitución del PAT por PAC sea equivalente a la “modernización” de la agricultura tradicional de México. Señalan, con razón, que se trata más bien de una forma de imponer el paradigma de la agricultura industrial al paradigma de la agricultura tradicional.

El dominio tecnológico del PAC incluye claramente al paradigma de la agricultura Industrial (PAI) de gran escala, caracterizado por la escasez de mano de obra y abundancia

Discussions

It is easy to agree with the authors of the MasAgro program, regarding the traditional Mexican agriculture requiring profound changes, particularly in the production practices of hillsides managed as sedentary. It is necessary to cancel the extractivist model that produces water erosion of the soil and that disrupts the water cycle of the agroecosystem. Changes also need to be made in order to meaningfully increase family income and employment and to bring the level of land production closer to its soil-climatic potential and to the producer interests. However, it is questionable that in order to achieve these changes it is necessary and even useful for the traditional smallholder to replace the paradigm of traditional agriculture with that of conservation agriculture (Turrent *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2016). These last authors question that the replacement of the PAT by PAC is equivalent to the “modernization” of the traditional agriculture of Mexico. They point out, rightly, that it is rather a way of imposing the paradigm of industrial agriculture on the paradigm of traditional agriculture.

The technological domain of the PAC clearly includes the paradigm of large-scale industrial agriculture (PAI), characterized by scarcity of labor and abundance of capital and high-quality labor land- irrigated or with very good

de capital y de tierra de labor de alta calidad -con riego o con muy buen temporal, terrenos planos o con pendientes someras. Un cambio tecnológico deseable en el PAI funciona aún con relaciones beneficio costo modestas, porque la escala y la intensidad del capital la potencian en su efecto agregado en la gran unidad de producción. La región noroeste de México bajo riego y también una parte de El Bajío bajo temporal que se maneja con el PAI aproximan esa condición.

Es en ésta región y tipología agrícola empresarial donde un programa como MasAgro podría ser funcional. Las reconocidas y bien sustentadas virtudes del PAC en la protección del suelo y biota le aplican plenamente. En cambio, la agricultura tradicional en pequeño carece de aquella potenciación. Se caracteriza por la escasez de tierra y de capital y por la abundancia relativa de mano de obra. Requiere un sistema tecnológico que incremente significativamente el ingreso neto familiar y el empleo -un incremento en el ingreso neto familiar de 20% aplicado a 5 ha tiene una implicación muy diferente para la familia a que si ese incremento se potencia en una unidad de producción de 500 ha.

Un sistema tecnológico afín a la pequeña unidad de producción habría de intensificar el aprovechamiento de la tierra en las dimensiones de espacio y de tiempo y no tanto en la de capital (agroquímicos, combustibles, maquinaria, etc). La eficiencia relativa de la tierra (ERT) habría de ser superior a la unidad. Como analizan Turrent *et al.* (2014) el incremento en el ingreso familiar esperable por la adopción del PAC en la agricultura tradicional es modesto e insuficiente para estimular el cambio permanente de paradigma. Es de esperarse, como ha ocurrido en África (Giller *et al.*, 2009) que la adopción del PAC sea transitoria y dependiente de los estímulos externos, como los que ofrece MasAgro. Sin embargo, tales estímulos habrán de concluir con MasAgro en cuatro años más.

A los autores de este ensayo les parece válido cuestionar la eficacia y eficiencia en el uso de los recursos escasos humanos y de capital invertidos por el Gobierno Federal y por el CIMMYT en la aventura MasAgro. Los logros en los objetivos de MasAgro adicionales al incremento en el rendimiento de maíz de temporal son de dudosa trascendencia para el país y hasta negativos, si es que entre ellos se cuenta la reducción de la biodiversidad del maíz nativo. Pírrico sería el servicio rendido al país si la agricultura tradicional se cambiara al paradigma de la agricultura de conservación (agricultura industrial)

rainfall, flat lands or with shallow slopes. A desirable technological change in the EPI still works with modest cost-benefit ratios, because the scale and intensity of capital enhances it in its aggregate effect on the large production unit. The Northwest region of Mexico under irrigation and also a part of the El Bajío under rainfed conditions that are handled with the PAI approach that condition.

It is in this region and business agricultural typology where a program like MasAgro could be functional. Recognized and well supported virtues of the PAC in the protection of soil and biota would fully apply. In contrast, traditional small-scale agriculture lacks such empowerment. It is characterized by the scarcity of land and capital and by the relative abundance of labor. It requires a technological system that significantly increases net family income and employment - an increase in net family income of 20% applied to 5 hectares has a very different implication for the family that if that increase occurs in a production unit of 500 ha.

A related technological system for small production unit would intensify land use in the dimensions of space and time rather than in the capital (agrochemicals, fuels, machinery, etc). The relative efficiency of land (ERT) would have to be greater than unity. As discussed by Turrent *et al.* (2014) the increase in family income expected by the adoption of the PAC in traditional agriculture is modest and insufficient to stimulate permanent paradigm shift. It is expected, as has happened in Africa (Giller *et al.*, 2009) that the adoption of the PAC is transient and dependent on external stimuli, such as those offered by MasAgro. However, these stimuli will conclude along with MasAgro within four years.

The authors of this essay seems valid to question the effectiveness and efficiency in the use of scarce human and capital resources invested by the Federal Government and the CIMMYT in MasAgro adventure. Achievements in MasAgro targets additional to increase maize yield under rainfed have dubious significance for the country and even negative, if including reducing biodiversity of native maize is counted. The service rendered to the country if the traditional agriculture were changed to the paradigm of conservation agriculture (industrial agriculture) dependent on the use of agrochemicals would be pyrrhic. For those who the result would not be pyrrhic would be the suppliers of the large agrochemicals and seeds market that would have opened MasAgro, mainly with public funds.

dependiente del uso de agroquímicos. Para quienes no sería pírrico el resultado serían los abastecedores del gran mercado de agroquímicos y de semillas que habría abierto MasAgro, mayormente con fondos públicos.

La sustentabilidad misma, reconocidamente asociada al PAC es de dudosa eficacia en las laderas largas y empinadas, frecuentes en la agricultura tradicional de ladera de México. El PAC es incapaz de detener la erosión hídrica en esas condiciones, a menos que fuera reforzado, por ejemplo, con la técnica de las barreras vivas. Sin embargo, los costos adicionales quedarían sin retribución en efectivo al productor y restringirían más, el modesto incremento en ingreso neto familiar asociado al PAC. Si además de las anteriores limitaciones de MasAgro, el efecto sobre la producción de maíz bajo temporal fuera nula o pobre, como lo sugiere hasta ahora la serie estadística pública (Figura 1 y 2), la pérdida para el país sería mayúscula. Sin duda, la mayor pérdida sería el atraso de diez años en construir otros caminos para su seguridad alimentaria dado el inminente cambio climático.

Como se ha mostrado en páginas anteriores, el dominio tecnológico de MIAF es compatible con el objetivo de intensificar sustentablemente el aprovechamiento de los recursos naturales manejados con el paradigma de la agricultura tradicional en México. La compatibilidad también apoya los objetivos de seguridad alimentaria nacional sustentable y de bienestar del pequeño productor tradicional. MIAF como tecnología, ya está siendo adoptado y ya está intensificando la agricultura tradicional de México en base a sus propios méritos. Empero, su escalamiento es muy limitado para alcanzar el impacto significativo requerido al nivel nacional, porque en lo que compete a la agricultura tradicional, el gobierno mexicano parece haber apostado, casi exclusivamente a MasAgro.

Conclusiones

El MIAF es una tecnología para la intensificación del manejo sustentable de la tierra, que es compatible con el paradigma de la agricultura tradicional de México. La intensificación se da en los sentidos del espacio y el tiempo con varios objetivos: a) incrementar significativamente el ingreso, el empleo y la seguridad alimentaria familiar aprovechando los saberes campesinos y sus semillas nativas; b) proteger y acrecentar la calidad de los recursos

The same sustainability, recognizably associated with the PAC is of doubtful effectiveness in the long and steep slopes, common in traditional hillside agriculture of Mexico. The PAC is unable to stop water erosion under these conditions unless it is reinforced, for example with the technique of living barriers. However, the additional costs would remain unpaid to the producer and would further restrict the modest increase in net family income associated with the PAC. If, in addition to MasAgro's previous limitations, the effect on the production of maize under rainfed was zero or poor, as the public statistical series suggests so far (Figure 1 and 2), the loss for the country would be immense. Undoubtedly, the biggest loss would be the delay of ten years in building other paths for their food security given the imminent climate change.

As shown in previous pages, the technological domain of MIAF is compatible with the objective of sustainably intensifying the use of natural resources managed with the paradigm of traditional agriculture in Mexico. Compatibility also supports the sustainable national food security and welfare objectives of the traditional smallholder. MIAF as a technology, is already being adopted and is already intensifying traditional Mexican agriculture on its own merits. However, its escalation is very limited in order to achieve the significant impact required at the national level, because, as far as traditional agriculture concerns, the Mexican government seems to have bet, almost exclusively to MasAgro.

Conclusions

The MIAF is a technology for the enhancement of sustainable land management, which is compatible with the paradigm of traditional agriculture in Mexico. Intensification occurs in the sense of space and time with several objectives: a) significantly increase income, employment and family food security taking advantage of peasant knowledge and its native seeds; b) to protect and enhance the quality of soil resources, water and biodiversity; and c) increasing the relative efficiency of arable land. It is also compatible with both conventional and organic agronomy.

The paradigm of conservation agriculture is not compatible with the paradigm of traditional agriculture or its resources, among them, its native seeds and agrobiodiversity. Its

suelo, agua y biodiversidad; c) incrementar la eficiencia relativa de la tierra de labor. También es compatible tanto con la agronomía convencional como con la agronomía orgánica.

El paradigma de la agricultura de conservación no es compatible con el paradigma de la agricultura tradicional o sus recursos, entre estos, sus semillas nativas y la agrobiodiversidad. Su adopción requiere un cambio de paradigma que sustituye radicalmente a los saberes campesinos. Ya iniciada la segunda mitad del período de MasAgro, la serie estadística pública sugiere un nulo o reducido efecto sobre la producción nacional de maíz de temporal y su rendimiento. Le restan cuatro años al programa MasAgro para cumplir los objetivos de incrementar entre 5 y 9 millones de toneladas anuales, la producción de maíz de temporal en la agricultura tradicional, y que los rendimientos lleguen a ser de 3.7 a 4.5 t ha⁻¹. Esta meta es una misión de éxito aparentemente improbable.

La agricultura de conservación no es la panacea salvadora para rescatar a la agricultura tradicional mexicana del atraso y de la fragilidad ecológica. Con MasAgro, la agricultura tradicional se encamina más bien, hacia la apertura del mercado de herbicidas y otros agroquímicos. En vez de certificar profesionistas mexicanos en formas más eficientes de dosificar agroquímicos para una agricultura “moderna industrial” con fondos públicos, esos profesionistas habrían de ser capacitados para asesorar a los pequeños productores tradicionales sobre MIAF, inter alia: 1) la autoproducción de plántulas frutales, manejo de árboles frutales y de la fruta, acceso al mercado y formas de agregación de valor; 2) trazo de curvas de nivel, filtros de escurrimiento y dinámicas del agua de escurrimiento y de los sedimentos; y 3) concepto de eficiencia relativa de la tierra (ERT) en cultivos compuestos y formas de lograr valores de ERT lo más altos posibles.

Literatura citada

- Ahmed, S. A.; Diffnbaug, N. S. and Hertel, T. W. 2009. Climate volatility deepens poverty vulnerability in developing countries. *Environ. Res. Letters*. 4(3):034004.
- Albino, G. R.; Turrent, F. A.; Cortés, F. J. I.; González, E. A.; Mendoza, C. M. C.; Volke, H. V. H y Santiago, M. H. 2016. Optimización económica de N, P, K y densidades de población de maíz y frijol intercalados. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(5):993-1004.
- Albino, G. R.; Turrent, F. A.; Cortés, F. J. I.; Santiago, M. H.; Mendoza, C. M. C. y Jacinto, H. C. 2016. Rendimientos y proteína del maíz intercalado con frijol en arreglos topológicos, desidades de siembra y fertilización. *Acta Agrícola*. 7(3):62-71.

adoption requires a paradigm shift that radically replaces peasant knowledge. Once the second half of the MasAgro period has begun, the public statistical series suggests a null or reduced effect on domestic rainfed maize production and its yield. The MasAgro program is four years away from meeting the objectives of increasing between 5 and 9 million tons per year, the production of rainfed maize in traditional agriculture, and to achieve yields of 3.7 to 4.5 t ha⁻¹. This goal is a seemingly unlikely success mission.

Conservation agriculture is not the saving panacea for rescuing traditional Mexican agriculture from backwardness and ecological fragility. With MasAgro, traditional agriculture is heading towards the opening of the herbicides market and other agrochemicals. Instead of certifying Mexican professionals in more efficient ways of dosing agrochemicals for a “modern industrial” agriculture with public funds, such professionals would have to be trained to advise traditional small producers on MIAF, inter alia: 1) self-production of fruit seedlings, management of fruit trees and fruit, access to the market and value adding forms; 2) tracing of contour lines, drainage filters and dynamics of runoff water and sediments; and 3) concept of relative land efficiency (ERT) in compound crops and ways to achieve the highest possible ERT values.

End of the English version



- Camas, G. R.; Turrent, F. A.; Cortés, F. J. I.; Livera, M. M.; González, E. A.; Villar, S. B.; López, M. J.; Espinosa, P. N. y Cadena, I. P. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de Nitrógeno y Fósforo en laderas bajo diferentes manejos en Chiapas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(2): 231-243.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1974. The Puebla project: seven years of experience: 1967-1973. El Batán, Estado de México. 118 p.
- Cortés, J. I.; Turrent, F. A.; Díaz, L. P.; Jiménez, H. E. and Mendoza, R. 2005. Hillside agriculture and food security: advances in the sustainable hillside management project. *In: Lal, R. N.; Uphoff, B.; Stewart, A. and Hansen, D. O. (Eds.). Climate Change and Global Food Security*. Boca Raton, CRC Press / Taylor & Francis Group. 569-604 pp.
- Cortés, J. I.; Turrent, F. A.; Díaz, P.; Claro, P.; Hernández, E.; Aceves, E. y Mendoza, R. 2007. La milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) una tecnología multiobjetivo para las pequeñas unidades de producción. *In: Calva, J. L. (Coord.). Agenda para el desarrollo agropecuario forestal y pesquero*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. (9):110-116.

- Cortés, J. I. y Turrent, F. A. 2012a. Una tecnología multiobjetivo para pequeñas unidades de producción. *In*: Calva, J. L. (Coord.). Agenda para el desarrollo agropecuario forestal y pesquero. UNAM. México. 162-178 pp.
- Cortés, J. I.; Torres, Z. J. P.; Turrent, F. A.; Hernández, R. E.; Ramos, S. A. y Jiménez, L. 2012b. Manual Actualizado para el establecimiento y manejo del sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en laderas. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 30 p.
- Del Toro, M. J. A. 2012. Memoria documental del programa modernización sustentable de la agricultura tradicional 2010-2012. Dirección General de Producción y Desarrollo Tecnológico de SAGARPA. México, D.F. [http://www.sagarpa.gob.mx/\(irc/memorias%20documentales/](http://www.sagarpa.gob.mx/(irc/memorias%20documentales/).
- Easterling, D. R.; Meehl, G. A.; Parmesan, C.; Changnon, S. A.; Carl, T. R. and Mearns, L. O. 2000. Climate extremes: observations, modeling and impacts. *Science*. 289(5487):2068-2074.
- Francisco, N. N.; Zambada, M. A.; Turrent, F. A.; Cortés F. J. I. y Becerra, L. E. N. 2010. El sistema agroforestal milpa intercalada en árboles frutales: innovación para el pequeño productor de laderas. INIFAP. Veracruz, Veracruz. 40 p.
- Francisco, N. N.; Turrent, F. A.; Flores, L. H. E.; Martínez, M. M. R. y Enríquez, Q. J. F. 2010. Estimación del escurrimiento superficial con el método SCS-CN en el trópico subhúmedo de México. *Terra Latinoam*. 28(1):71-78 pp.
- Giller, K.; Witter, E.; Corbeels, M. and Tittanell, P. 2009. Conservation agriculture and small farming in Africa: the heretics view. *Field Crops Res*. 114:23-34.
- Hernandez, X. 1985. Maize and man in the greater Southwest. *Econ. Bot*. 39(4):416-430.
- Hernandez, X. 1987. Experiences leading to a greater emphasis on man in ethnobotanical studies. *Econ. Bot*. 41:6-11.
- Hernández, X. 1993. La agricultura tradicional como una forma de conservar el germoplasma de los cultivos in situ. *In*: Benz, B. F. (Comp.). Biología, ecología y conservación del género *Zea*. Universidad de Guadalajara. 243-256.
- Jiménez, S. L.; León, M. A. y Hernández, J. M. 2016. La agricultura mexicana y su potencial en la alimentación. *In*: Martínez-Carrera, D. y Ramírez-Juárez J. (Eds.). Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México. Colegio de Postgraduados, AMC-CONACYT- UPAEP-MINAP. San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México. 3-26.
- Liu, B. Y.; Nearing, M. A.; Shi, P. J. and Jia, Z. W. 2000. Slope length on soil steep slopes. *SSSAJ*. 64(5):1759-1763.
- Martínez, E. F. X.; Benítez, K. M.; Ramos, P. X.; Ceballos, G.; García, M. L.; Bracamontes, N. y Vásquez, Q. B. 2016. Informe sobre la pertinencia de biocultural de la legislación mexicana y su política pública para el campo. El caso del programa "modernización sustentable de la agricultura tradicional (MasAgro). Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A. C. México. 145 p.
- Matsuoka, Y.; Vogoroux, Y.; Goodman, M. M.; Sanchez, J.; Buckler, G. E. and Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA* 99:6080-6084.
- Mead, R. and Wiley, R. W. 1980. The concept of land equivalent ratio and advantages in yield from intercropping. *Exp. Agric*. 16(3):217-228.
- Proasus, S. C. de R. L. 2016. Videos filmados en Las Margaritas, zona Zapatista y en San Juan Chamula, Chiapas <https://www.youtube.com/watch?v=QR3/W-kYszg>.
- Robles, B. H. 2007. El sector rural en el siglo XXI. Un mundo de realidades y posibilidades. CEDRSSA. México. 220 p.
- Roose, E. and Barthes, B. 2001. Organic matter management for soil conservation and productivity restoration in Africa: a contribution from Fracophone research. *Nutr. Cycl. Agroecosystem*. 61:159-170.
- Ruiz, M. A. D.; Jiménez, S. L.; Figueroa, R. O. L. y Morales, G. M. 2012. Adopción del sistema milpa intercalada en árboles frutales por cinco municipios mixes del estado de Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Agric*. 3(8):1605-1621.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. www.gob.mx.
- Torres, Z. J. P. 2016. El sistema agrícola milpa intercalada con árboles frutales en una ladera de la Sierra Mixe Oaxaca: Interacciones agronómicas y productividad en un suelo con humedad residual. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 73 p.
- Turrent, F. A.; Uribe, G. S.; Francisco, N. N. y Camacho, C. R. 1995a. La terraza de muro vivo para laderas del trópico subhúmedo de México. I: análisis del desarrollo de la terraza durante 6 años. *Terra*. 13(3):276-298.
- Turrent, F. A.; Uribe, G. S.; Francisco, N. N.; Camacho, C. R.; Espinosa, R. M. y Moreno, D. R. 1995b. La terraza de muro vivo para laderas del trópico subhúmedo de México. II: cambio en algunas propiedades físicas y químicas del suelo. *Terra* 13(3):299-316.
- Turrent, F. A.; Uribe, G. S.; Francisco, N. N. y Camacho C. R. 1995c. La terraza de muro vivo para laderas del trópico subhúmedo de México. III: desempeño agronómico del cultivo doble maíz en temporal. *Terra*. 13(3):317-337.
- Turrent, F. A. 2005. Milpa intercalada en árboles frutales, una tecnología rentable y sostenible para pequeños productores. Informe sin publicar del proyecto Núm. 62 con financiamiento del Programa Alianza para el Campo 2004. Campo Experimental Valle de México. Texcoco, Estado de México. 26 p.
- Turrent, F. A.; Espinosa, C. A.; Cortés, F. J. I. y Mejía, A. H. 2014. Análisis de la estrategia MasAgro-maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agric*. 5(8):1531-1547.
- Uribe, G. S.; Francisco, N. N. y Turrent, F. A. 2002. Pérdidas de suelo y nutrimentos en un Entisol con prácticas de conservación en Los Tuxtles, Veracruz, México. *Agrociencia*. 36:161-168.