

Análisis de la estrategia MasAgro-maíz*

MasAgro-maize strategy analysis

Antonio Turrent Fernández^{1§}, Alejandro Espinosa Calderón¹, José Isabel Cortés Flores² y Hugo Mejía Andrade¹

¹Campo Experimental Valle de México- INIFAP. Carretera Los Reyes- Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel: (595) 92 12657, Ext. 202. (espinosa.alejandro@inifap.gob.mx; hume2003@yahoo.com.mx). ²Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. Tel: (595) 95 20200. Ext. 1216. (jicortes@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: turrent.antonio@inifap.gob.mx.

Resumen

En este ensayo se examinan los objetivos y estrategias del programa MasAgro-maíz, partiendo de las condiciones iniciales del subsector agrícola tradicional de México que produce maíz de temporal. Estas condiciones iniciales muestran que la tendencia de los últimos 30 años ha sido de incrementar la producción nacional de maíz de temporal en 1.20 millones de toneladas anuales (MTA) y el rendimiento en 0.22 Mg ha⁻¹, cada 10. Por lo tanto los objetivos de MasAgro habrán de ser corregidos en consecuencia. Se analiza la experiencia mundial sobre la adopción de la agricultura de conservación (AC) por parte de los productores en pequeño. Para el caso examinado de adopción de la AC con rotación bianual, se calcula que el programa ha de tratar directa o indirectamente 3.164 millones de hectáreas (M ha) manejadas por más de 800 000 unidades de producción (UP) pequeñas (categorías < 5 ha y 5-20 ha) y lograr rendimientos promedio de 3.92 Mg ha⁻¹. No obstante el reconocido efecto positivo sobre la sostenibilidad, la estrategia de adopción irreversible de la AC podrá ser pobre debido al bajo incentivo económico de plazo corto involucrado, a la falta de acceso al crédito, a apoyos a la comercialización, y varias incompatibilidades con los objetivos y demandas de bienestar de las pequeñas UP. La estrategia de sustituir entre 25 y 50%, de la superficie ocupada por los maíces nativos y las variedades acriolladas se considera inadecuada para México, por su carácter de centro de origen del maíz y de importante reservorio de biodiversidad de la especie.

Abstract

This paper discusses the objectives and strategies of the MasAgro-maize program starting from the initial conditions of the traditional agricultural subsector of Mexico that produces maize under rainfed conditions. These initial conditions show that the trend of the past 30 years has been to increase the domestic production of rainfed maize by 1.20 million tons per year (MTY) and the yield in 0.22 Mg ha⁻¹, each 10. Therefore, the MasAgro objectives should be corrected in consequence. Global experience on the adoption of conservation agriculture (CA) by small producers is analyzed. For the CA with biannual rotation adoption case examined, it is estimated that the program has directly or indirectly to treat 3.164 million hectares (M ha) managed by more than 800 000 small production units, (categories <5 ha and 5-20 ha) and achieve average yields of 3.92 Mg ha⁻¹. Despite the recognized positive effect on sustainability, the strategy of irreversible adoption of CA may be poor due to a low short-term economic incentive involved, to the lack of access to credit, marketing support, and several inconsistencies with the objectives and requirements of the small UP wellness. The strategy of replacing 25 to 50% of the area occupied by both native maize races and creolized varieties are deemed inappropriate for Mexico, by its character as the center of origin of maize and important reservoir of biodiversity of this species.

* Recibido: junio de 2014
Aceptado: octubre de 2014

Palabras clave: agricultura de conservación, biodiversidad del maíz nativo, monocultivo de maíz, paradigma de la agricultura tradicional, unidades de producción pequeñas.

Keywords: biodiversity of native maize, conservation agriculture, monoculture corn, paradigm of traditional agriculture, small production units.

Introducción

México se ha rezagado de manera significativa en la carrera entre la producción de maíz y el consumo, teniendo que importar casi uno de cada cuatro kg consumidos en los últimos siete años (SIAP, 2014). El rezago proviene, en gran medida, del subsector de temporal tradicional -mayoritariamente, productores con menos de cinco hectáreas- en el que la brecha entre la producción observada y la técnicamente alcanzable, es mayor a 50% (Turrent *et al.*, 2012). La factibilidad de incrementar la producción y rendimientos de maíz de temporal entre pequeños productores bajo temporal ha sido demostrada en proyectos de tipo regional, como el Plan Puebla (CIMMYT, 1974; Díaz *et al.*, 1999).

El gobierno de Felipe Calderón adoptó el programa MasAgro (modernización sustentable de la agricultura tradicional), para abordar el mismo problema al nivel nacional. La iniciativa fue propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), siendo aprobada e instrumentada a partir del año 2010 (del Toro, 2012). El objetivo es lograr que el subsector agrícola tradicional dedicado al maíz de temporal y con potencial productivo mediano a alto: a) incremente sosteniblemente su producción anual entre cinco y nueve millones de toneladas (Mton) en el décimo año; y b) que el rendimiento promedio de maíz de temporal se incremente desde 2.2 Mg ha⁻¹ (valor actual) hasta el ámbito de 3.7 a 4.5 Mg ha⁻¹. El gobierno mexicano asumió el compromiso de invertir \$1 656 millones (MN) durante el período de 10 años, así como proporcionar recursos humanos profesionales y técnicos para instrumentar el programa. Éste, ya se aplica en 21 entidades federativas, importantes por su producción de maíz de temporal.

La estrategia consta de varios elementos, i.e., 1) transferir el modelo de agricultura de conservación (ac) a los productores tradicionales de maíz de temporal; 2) desarrollar variedades mejoradas de maíz e impulsar su adopción en 1.5 a 3 millones de hectáreas (Mha); 3) profundizar en el conocimiento molecular de la biodiversidad de los maíces de las colectas de los bancos de germoplasma del CIMMYT y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y

Introduction

Mexico has lagged significantly in the race between maize production and consumption, importing nearly one of four kg consumed in the last seven years (SIAP, 2014). The lag comes, largely, from the traditional rainfed Subsector-mostly producers with less than five hectares-in which the gap between actual production and technically achievable, is greater than 50% (Turrent *et al.*, 2012). The feasibility of increasing production and rainfed maize yields among small producers has been demonstrated in projects of regional type, as the Plan Puebla (CIMMYT, 1974; Díaz *et al.*, 1999).

The government of Felipe Calderón adopted MasAgro program (sustainable modernization of traditional agriculture) to address the same problem at national level. The initiative was proposed by the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), being adopted and implemented since the year 2010 (del Toro, 2012). The goal is to make the traditional agricultural subsector dedicated to rainfed maize in medium to high production land potential, a) sustainably increase its annual production between five and nine million tons (Mton) in the tenth year; b) the average yield of rainfed maize to increase from 2.2 Mg ha⁻¹ (present value) to the scope of 3.7 to 4.5 Mg ha⁻¹. The Mexican government is committed to investing \$ 1 656 million (NC) during the period of 10 years, as well as providing professional and technical human resources to implement the program. This already is applied in 21 states, important for their rainfed maize production.

The strategy consists of several elements, i.e., 1) transfer the model of conservation agriculture (CA) to traditional rainfed corn producers; 2) develop improved maize varieties and promote their adoption in 1.5 to 3 million hectares (Mha); 3) deepen molecular knowledge about understanding of the biodiversity of maize involved in CIMMYT and the National Forestry, Agriculture and Livestock Institute (INIFAP), germplasm banks in terms of their productive potential and resistance to disease and drought; 4) to accompany the producer to achieve sustainable development.

Pecuarías (INIFAP), en cuanto a su potencial productivo y su resistencia a enfermedades y a la sequía; y 4) acompañar al productor a alcanzar el desarrollo sustentable.

Además de la mayor escala de operación, la estrategia de MasAgro difiere de varias maneras del Proyecto Puebla atrás citado i.a.: a) un cambio radical de paradigma agrícola, al impulsar la adopción de la Agricultura de Conservación (AC); b) sustituir a los maíces nativos por variedades mejoradas de mayor potencial de rendimiento y resistentes al acame y a la sequía; c) profundizar el conocimiento de las bases moleculares de la biodiversidad del maíz; y d) dejar implícitamente al mercado, el tratamiento de las relaciones de precio insumo/producto, así como el financiamiento a la producción, el seguro agrícola, el abastecimiento de insumos y la comercialización. En este ensayo se analiza los objetivos y la estrategia de MasAgro-maíz. Se parte de las características del subsector tradicional de temporal y de lo aprendido sobre el cambio del paradigma de la agricultura tradicional al de la agricultura de conservación por parte de los pequeños productores.

Se encuentra que, mientras los objetivos de producción y sostenibilidad son justificables para el subsector tradicional de temporal, no lo es así el objetivo de sustituir la biodiversidad de los maíces nativos por la uniformidad de variedades mejoradas. Se concluye que la estrategia funcionaría como se espera, si se aplicara al subsector empresarial de temporal. En cambio, la estrategia fallará en los objetivos legítimos (producción, rendimiento, sostenibilidad) en el subsector tradicional, particularmente en las pequeñas unidades de producción (UP), a causa de una reducida adopción permanente. Esta reducida adopción se asociaría a su vez i.a.: i) el magro incremento esperado al ingreso total para la familia, que no justifica el riesgo asumido en una nueva y radical aventura de cambiar su paradigma tradicional; ii) la típicamente inaceptable calidad de las variedades mejoradas para su autoconsumo tradicional; y iii) el escaso capital disponible, la carencia de crédito, el bajo valor monetario del grano del maíz nativo.

A estas razones de rechazo, habría de sumarse el pobremente seleccionado objetivo de sustituir a los maíces nativos del agroecosistema de maíz de temporal, en 1.5 a 3 Mha -25 a 50% de 6 Mha- actualmente sembradas con los maíces nativos y variedades acriolladas. Además, el programa MasAgro-maíz distrae los limitados recursos humanos y financieros que el gobierno destina al apoyo de su agricultura. Estos recursos podrían ser más productivos en soluciones realistas como lo proponen Turrent *et al.* (2012).

In addition to the larger scale of operation, MasAgro strategy differs in several ways from the Puebla Project indicated i.a., a) a radical change in agricultural paradigm, to encourage the adoption of conservation agriculture (CA); b) replace the native maize races by improved higher yield potential and resistant to lodging and drought varieties; c) deepen the knowledge of the molecular basis of maize biodiversity; d) allowing the market implicitly, the treatment of relations input/output price as well as production financing, crop insurance, input supply and marketing. This paper discusses the objectives and strategy of MasAgro-maize. It starts from the characteristics of the traditional rainfed subsector what has learned about the change of traditional agriculture paradigm to the conservation agriculture by smallholder peasants.

We found that, while the production objectives and sustainability are justifiable for the traditional rainfed subsector, it is not the aim of replacing the biodiversity of native maize by the uniformity of improved varieties. It is concluded that the strategy would work as expected, if applied to the rainfed-entrepreneurial subsector. Instead, the strategy will fail the legitimate objectives (production, yield, sustainability) in the traditional sector, particularly in small production units (PU), because of a low permanent adoption. This reduced adoption would be associated to: i.a.: i) the lean expected increment to total income for the family, which does not justify the risk taken in a radical new adventure to change the traditional paradigm; ii) the typically unacceptable quality of improved varieties for their traditional subsistence; and iii) the limited capital available, lack of credit, the low monetary value of native maize grain.

The reasons for rejection would have to join the poorly chosen target to replace the native maize in those rainfed agro-ecosystems, in 1.5 to 3 Mha -25 to 50% of 6 Mha currently sowed with landraces and creolized varieties. In addition, the MasAgro-maize program diverts the limited human and financial resources that the government intended to support this kind of agriculture. These resources could be more productive in realistic solutions as proposed Turrent *et al.* (2012).

Resources and recent yield performance of the rainfed subsector

In Table 1, some edafoclimatic conditions and surfaces of rainfed corn harvested annually in Mexico in the period 1976-1986 are shown. Only 22% of these surfaces contains

Recursos y desempeño reciente del subsector de temporal

En el Cuadro 1, se muestran algunas características edafoclimáticas y las superficies de maíz de temporal cosechadas al año en México en el período 1976-1986. Sólo 22% de estas superficies contiene tierras de alta calidad agrícola y buen temporal (1 315 460 ha), mientras 78%, restante (4 646 249 ha) tiene ya sea, suelos someros con buen temporal, o tierras de mediana a baja calidad por su menor disponibilidad de lluvia y suelo somero. En el Cuadro 2, se presentan las frecuencias de las unidades de producción (UP) de todos los cultivos anuales de temporal, según tres categorías de superficie de labor. Dos tercios de esas UP cuentan con menos de cinco hectáreas. Se desconocen sin embargo, los desempeños en producción y rendimiento de maíz de temporal asociados a las tres categorías por tamaño.

high quality land for agriculture and good precipitation (1 315 460 ha), while 78% left (4 646 249 ha) is whether, shallow soils with good rainfall of medium to low quality for its lower availability of rainfall and shallow soil. In Table 2, the frequencies of the production units (PU) of all annual rainfed crops are presented in three categories of farmland. Two thirds of these PU have less than five hectares. However, yield and production of rainfed maize of those PU are unknown.

Such information would decant the effect of entrepreneurial subsector that grows rainfed maize as it is by definition excluded from MasAgro-maize. However, we know that this entrepreneurial category only occurs where only occurs under prime flat land with adequate rainfall conditions and with access to land concentration by the way of ownership or some form of association or rent schemes. In contrast, the majority of the PU cultivating rainfed maize: a) are small

Cuadro 1. Algunas características edafoclimáticas de las tierras dedicadas al cultivo de maíz bajo temporal en México.
Table 1. Some edafoclimatic characteristics of the land devoted to maize in Mexico under rainfed conditions.

Productividad	Humedad P/E [†]	Superficies cosechadas de maíz (ha) [‡]				Sumas
		Plano profundo	Ladera profunda	Plano somero	Ladera somera	
Muy buena	0.9-1.99	330 853	586 460			917 313
Buena	>1.99	146 130	252 017	182 168	333 542	914 857
Mediana	0.50-0.89	246 550	452 589	-	-	3 096 994
	0.70-1.99	-	-	906 940	1 490 915	
Baja	<0.49	70 329	104 443	-	-	673 499
	0.50-0.69	-	-	225 332	264 395	
Tierras marginales	<0.49	-	-	148 150	211 896	360 046
Sumas		793 862	1 396 509	1 462 590	2 300 748	5 962 709

[†]cociente de la precipitación promedio del período junio-septiembre y la evaporación total del mismo período. [‡]Pendiente menor a 4% considerado plano; Más de 4% como ladera. Profundo si el suelo tiene más de 1m de espesor y somero si menos de 1m de espesor. Superficies cosechadas en el período 1976-1986. En negritas las superficies de tierras con alta calidad agrícola.

Cuadro 2. Números de unidades de producción y superficies de labor bajo temporal según tres categorías por tamaño de las unidades de producción.

Table 2. Number of production units and rainfed work farmland classified in three size categories production units.

Característica [†]	Categorías según superficie de labor (ha)			Sumas
	<5	5 a 20	>20	
Número de UP	2 304 693	777 638	271 927	3 354 258
Superficie total (ha)	4 323 485	6 823 484	13 444 500	24 591 470
Tamaño promedio (ha)	1.88	8.77	49.44	7.33

[†]UP significa unidades de producción. Censos Agrícola, Ganadero y Forestal (INEGI, 2007).

Tal información permitiría decantar el efecto del subsector empresarial que cultiva maíz bajo temporal ya que es por definición excluido de MasAgro- maíz. Sin embargo, sabemos que esa categoría sólo ocurre donde coinciden la tierra plana de alta calidad, buen temporal y con acceso a la concentración de la tierra por la vía de la propiedad o alguna forma de asociación o de renta. En cambio, en su gran mayoría, las UP que cultivan maíz de temporal: a) son pequeñas (menos de 5 ha); b) casi no tienen acceso al crédito, al seguro o a los servicios públicos de apoyo; c) cultivan tierras de mediana a baja calidad agrícola; y d) cultivan razas nativas de maíz de varios colores y texturas de grano, que si bien son apreciados en los mercados locales, tienen bajo valor para los grandes consorcios compradores del grano. Desafortunadamente, las estadísticas públicas de producción de temporal reúnen en la misma categoría, a las UP empresariales y las tradicionales, es decir, las confunden. Las evaluaciones de los avances de MasAgro- maíz tendrían que segregar los desempeños de esas categorías.

Análisis del objetivo de producción de MasAgro- maíz

Siendo los objetivos producción y rendimiento de maíz de temporal de MasAgro- maíz explícitamente adicionales a los actuales, es necesario definir lo que son las condiciones iniciales de desempeño, como línea base. La información sobre la producción de maíz de temporal, con los subsectores empresarial y tradicional confundidos, muestra incrementos en la producción y el rendimiento a plazo largo (SIAP, 2014) como se aprecia en la Figura 1. En ésta, se muestran los valores de la producción y rendimiento de maíz de temporal, observados en los últimos 30 años.

Las ecuaciones lineales de regresión ajustadas a los datos observados son:

$$P = 9.19751 + 0.11904n + 1.54229a_1 - 0.87169s_1; \quad R^2 = 0.8084; \quad (1)$$

$$Re = 1.50843 + 0.02205n - 0.09887s_1; \quad R^2 = 0.7966; \quad (2)$$

En ambas ecuaciones, P= es la producción nacional estimada de maíz de temporal en millones de toneladas anuales (MTA); n= es el número de años a partir de 1980; a₁= es el área cosechada en millones de hectáreas (Mha) anuales, menos su media 5.987; y s₁= es la superficie siniestrada en M ha menos su media 0.9896. Re= es el rendimiento promedio nacional estimado de maíz de temporal (Mg ha⁻¹). R²= es el coeficiente de determinación de cada ecuación. Por lo tanto, para una superficie cosechada de 5.987 Mha

(less than 5 ha); b) have almost no access to credit, insurance or public support services; c) the peasants involved in this sector cultivate land of medium to low agricultural quality; d) cultivate maize landraces of various colours and textures of grain, which are prized in local markets, but have low value for large grain buyers consortia. Unfortunately, the public, rainfed maize production statistics are in the same category, both the entrepreneurial PU and those traditional, that is, they are confused. The evaluations of MasAgro- maize would have to be made separately distinguishing the yield of these two kinds of farmers' categories.

Analysis of MasAgro-maize production objective

Since incrementing total production and yield of rainfed maize is explicitly additional to current performance, it is necessary to define what were the initial conditions of both, total production and yields as a baseline. The official information on rainfed maize production does not disaggregate performances of the traditional and entrepreneurial subsectors. It shows both, long term production and yield increments (SIAP, 2014) as shown in Figure 1. In this, the production and yield values of rainfed maize are shown as observed in the last 30 years.

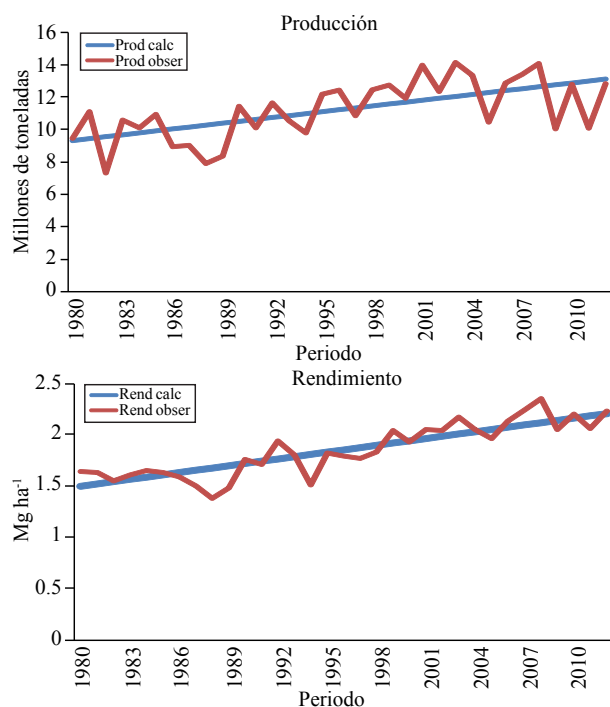


Figura 1. Tendencias de la producción y el rendimiento de maíz de temporal en los últimos 30 años en México (SIAP, 2014).

Figure 1. Production and yield trends of rainfed maize in the last 30 years in Mexico (SIAP, 2014).

y una superficie siniestrada de 0.9896 Mha, la producción nacional de maíz de temporal se ha incrementado en 1.19 MTA y el rendimiento en 0.22 Mg ha⁻¹ cada 10 años. Tales son las condiciones iniciales, a partir de las cuales se habrá de medir los avances de MasAgro-maíz. Por lo tanto, el objetivo bajo de 5 millones de toneladas adicionales y rendimiento de 3.7 Mg ha⁻¹, habría de corregirse a 6.19 MTA y a 3.92 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Esta corrección implica que MasAgro- maíz habría de lograr tasas anuales de crecimiento -antes de separar a los subsectores tradicional y empresarial de temporal- de 4% en la producción y 5.9% en el rendimiento promedio, durante el período del proyecto. Futuras evaluaciones de MasAgro-maíz habrían de segregar, a partir de la información observada, los efectos de los subsectores agrícolas de temporal, el empresarial y el tradicional, ya que el primero es excluido por definición de MasAgro-maíz. Las tasas de incremento corregidas para el objetivo alto serían 6% y 7.9%, respectivamente. Además de los objetivos de producción y rendimiento, es conveniente calcular el ritmo de crecimiento necesario en la superficie tratada directa o indirectamente por MasAgro- maíz. En el siguiente ejercicio aritmético, se parte de la observación de que MasAgro- maíz trató directamente 21 000 hectáreas en el primer año, 2011 (del Toro, 2012).

El objetivo de 6.2 MTA (corregido de 5 MTA: objetivo bajo) implica llegar a tratar directa o indirectamente, 1.582 Mha de maíz, que alcancen el rendimiento promedio de 3.92 Mg ha⁻¹ (corregida de 3.7 Mg ha⁻¹) hacia el décimo año. Un supuesto de crecimiento lineal, implicaría que las superficies tratadas directa o indirectamente aumentarían al ritmo de 158 000 hectáreas anuales, debiendo haber acumulado 495 000 hectáreas tratadas en el 2014 (cuarto año). Esta superficie atendida habría de ser manejada con AC (labranza de conservación + retención de residuos de cosecha + rotación de cultivos) y sus rendimientos, ser consistentes con los objetivos de MasAgro. Un desarrollo alterno exponencial, implicaría una tasa de 61.6% de crecimiento anual de la superficie, a partir de 21 000 ha tratadas en el 2011. Esta alternativa se ajustaría a incrementos pequeños en superficie los primeros años, pero que serían muy altos hacia los últimos años.

En las superficies tratadas directa o indirectamente por MasAgro- maíz (transformadas a AC) se sustituiría el maíz nativo por variedades mejoradas de mayor rendimiento, resistentes a la sequía y al acame. En el Cuadro 3, se presentan estimaciones de los números de UP, el tamaño promedio de predio y superficies que habrían de ser atendidas por

The linear regression equations fitted to the observed data are:

$$P = 9.19751 + 0.11904n + 1.54229a_1 - 0.87169s_1; \quad R^2 = 0.8084; \quad (1)$$

$$Re = 1.50843 + 0.02205n - 0.09887s_1; \quad R^2 = 0.7966; \quad (2)$$

In both equations, P= is the national rainfed maize production estimated in millions of tons per year (MTY), n= is the number of years since 1980, a₁= is the harvested area in millions of hectares (Mha) per year, domestic production minus its average 5.987, and s₁= is the damaged area in Mha minus its mean value 0.9896.

Re= is the estimated, national rainfed maize yield in Mg ha⁻¹. R²= is the coefficient of determination for each equation. Therefore, for a harvested area of 5.987 Mha and damaged surface of 0.9896 Mha, the national production of rainfed maize has increased by 1.19 MTY and yield by 0.22 Mg ha⁻¹ each 10 years. These are the initial conditions from which MasAgro-maize progress is to be measured. Therefore, the low target of 5 million additional tons and 3.7 Mg ha⁻¹ yield should be corrected to 6.19 MTY and 3.92 Mg ha⁻¹, respectively.

This correction implies that MasAgro-maize should achieve annual growth rates -before separating traditional and entrepreneurial rainfed subsectors- of 4% in production and 5.9% on average yield, during the project period. Future evaluations of MasAgro-maize would segregate, from the observed data, the effects of rainfed agricultural subsectors, both the business and traditional, as the first is excluded by definition of MasAgro-maize. The corrected rates of increases for the highest goal would be 6% and 7.9%, respectively. In addition to the production and yield objectives, is advisable to calculate the necessary growth rate required directly or indirectly by the surface involved in MasAgro-maize. The following arithmetic exercise starts from the observation that MasAgro-maize treated directly 21 000 ha, in the first year, 2011 (del Toro, 2012).

The objective of 6.2 MTY (corrected 5 MTY: low target) involves reaching directly or indirectly, 1.582 Mha of corn that should reach an the average yield of 3.92 Mg ha⁻¹ (corrected from 3.7 Mg ha⁻¹) by the tenth year. A linear growth assumption would imply that the treated surfaces directly or indirectly increase the rate of 158 000 hectares per year, and must have accumulated 495 000 hectares treated in 2014 (fourth year). This area served should be handled with CA (conservation

MasAgro hacia el último año, para cumplir con su objetivo bajo de producción, si bien, bajo monocultivo de maíz de temporal. El ejercicio aritmético se basa en el Cuadro 2, en las condiciones establecidas para lograr el objetivo bajo de MasAgro, y en el supuesto de que las UP de maíz de temporal mayores a 20 hectáreas no pertenecieran a la categoría tradicional.

tillage + retention of crop residues + crop rotation) and yields, be consistent with the objectives of MasAgro. An exponential alternative development would imply a rate of 61.6% annual growth in the area, from 21 000 ha treated in 2011. This alternative would be consistent with small increases in surface in the early years, but would be very high at the last years.

Cuadro 3. Números de unidades de producción y superficies por atender, bajo monocultivo de maíz, de acuerdo a tres frecuencias de tamaño de UP para alcanzar el objetivo bajo de producción de maíz de temporal de MasAgro[†].
Table 3. Number of production units and areas to address under maize monoculture, according with three frequencies related with PU size to achieve the low production target under rainfed maize of MasAgro[†].

Concepto [‡]	Categorías por tamaño (ha)			Sumas o promedios
	<5	5 a 20	>20	
	Caso I			
Superficie atendida (ha)	615 172	968 269	0	1 582 000
Número de UP	327 219	110 407	0	437 626
Tamaño promedio (ha)	1.88	8.77	0	3.61
	Caso II			
Superficie atendida (ha)	278 134	438 964	864 902	1 582 000
Número de UP	147 944	50 052	17 494	215 490
Tamaño promedio (ha)	1.88	8.77	49.44	7.33
	Caso III			
Superficie atendida (ha)	0	532 602	1 049 398	1 582 000
Número de UP	0	60 729	21 226	81 955
Tamaño promedio (ha)	0	8.77	49.44	19.3

[†]bajo el supuesto de que las UP mayores a 20 ha pertenecen a la categoría de unidades empresariales de temporal, que por definición son excluidas de MasAgro. [‡]bajo el supuesto de que toda la tierra de labor de las UP de las tres categorías de UP por tamaño, fuera sembrada con el monocultivo de maíz. En la realidad, este supuesto subestima al número de UP, en la medida proporcional de la fracción del predio efectivamente sembrada con maíz.

Para alcanzar la superficie en maíz de 1 582 000 hectáreas de maíz bajo AC, se requerirá atender mayores superficies con la misma estrategia MasAgro, para dar lugar a los cultivos en rotación con el maíz. Tal implicaría casi el doble de la superficie atendida para una rotación bianual. En el caso I, dada la pequeñez de la UP, se requeriría duplicar el número de UP atendidas en la categoría menor a 5 ha (que promedian 1.88 ha), y menos que el doble en la categoría 5 a 20 ha (que promedia 8.77 ha). Es obvio que es necesario proporcionar el mismo acompañamiento técnico a la superficie atendida con el cultivo rotante, que la proporcionada al maíz, ya que habría de ser igualmente exitoso, para ser opción viable. En los casos II y III, aunque la superficie atendida también habría de duplicarse, no sería así en el caso del número de UP atendidas, dada la mayor disponibilidad de tierra de labor principalmente en la categoría de UP que tiene más de 20 hectáreas. También es requisito de los casos I, II, y III, el que el rendimiento promedio de cada hectárea de maíz atendida, sea por lo menos de 3.92 Mg ha⁻¹.

In the surfaces directly or indirectly treated by MasAgro-maize (transformed to CA) native corn will be replaced by higher-yielding, drought and lodging resistant varieties. In Table 3, estimates of the numbers of PU, the mean farm size and farm land that would be served by MasAgro to the last year, to meet its low production target under rainfed maize monoculture. The arithmetic exercise is based in information of Table 2, in the conditions for achieving MasAgro low target and in the assumption that rainfed maize higher of 20 ha did not belong to the traditional category.

To reach the surface of 1 582 000 of ha of maize under CA, it will require addressing large areas with the same MasAgro strategy to allow for crops in rotation with maize. Such would almost double the area served for a biennial rotation. In case I, given the smallness of the PU, it would require doubling the number of PU served in the category of lesser than 5 ha (averaging 1.88 ha), and less than twice in the category 5-20

Análisis de la estrategia MasAgro- maíz

Agricultura de conservación (AC)

El concepto de AC fue introducido formalmente por FAO (FAO, 2008 a y b), para lograr el aprovechamiento eficiente y sostenible de los recursos agrícolas en la producción de cultivos. Se basa en el manejo integrado del suelo, el agua y la biota, combinado con recursos externos. La operación del concepto consta de tres elementos necesarios: 1) la mínima o nula roturación; 2) el mantenimiento permanente de cobertura orgánica del suelo a base de residuos de cosecha o mediante cultivos; y 3) rotaciones diversificadas de cultivos. Los conceptos y principios de la sostenibilidad agrícola han sido revisados con amplitud por Pretty (2008).

Se ha descrito y justificado la adopción de la AC para lograr la sostenibilidad agrícola, gracias a sus significativos y hasta virtuosos atributos en pro del capital natural del agroecosistema inter alia: a) mejoramiento del suelo en cuanto a erosión, materia orgánica, estructura, aeración, capacidad de retención de agua, ciclos de nutrimentos; b) inducción a un mejor ciclo del agua: escurrimiento superficial, infiltración, evaporación; y c) enriquecimiento de la biota: biomasa, diversidad, frecuencia, equilibrios (Habblethwaite *et al.*, 1996; Steiner *et al.*, 1998; Fowler and Rochström, 2001; Derpsch, 1998; Dumanski *et al.*, 2006; Hobbs, 2007; Hobbs *et al.*, 2008). Además, se han reportado ahorros hasta de 50% en mano de obra (Corsi *et al.*, 2012) y en el uso de maquinaria agrícola y combustibles (Saturnino y Landers, 2002; Lindwall y Sonntag, 2011).

Poco se ha analizado; sin embargo, al hecho de que al eliminar la roturación, es necesario controlar las malezas con herbicidas, lo que es un negocio potencialmente vasto en la escala mundial y buscado para los consorcios multinacionales de agroquímicos. Tal vez una parte del fervor Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en parte de la comunidad científica del mundo por la AC (Giller *et al.*, 2009), podría interpretarse como conflicto de interés de tal origen. Aunque la conceptualización de la AC es reciente (FAO, 2008a), tiene como antecedente al conocido “dust bowl” en los EE.UU, de los años 1930s, que condujo a varias formas de labranza de conservación (Faulkner, 1943; Derpsch, 1998).

Sin embargo, esta institución publicó un estudio basado en consultas en varias regiones del mundo, de las que se estimó a la superficie manejada con AC en el orden de 125 Mha. Hay

ha (averaging 8.77 ha). Obviously it is necessary to provide the same technical support to the attended area with the rotating crop that provided to maize, as it would have to be equally successful, to be a viable option. In cases II and III, although the surface also attended would have to double, it would not be so in the number of PU attended, given the greater availability of arable land mainly in the category of PU which has more than 20 hectares. It is also a requirement of the cases I, II, and III, that average yield of every hectare attended, be at least 3.92 Mg ha⁻¹.

MasAgro-maize strategy analysis

Conservation agriculture (CA)

The CA concept was formally introduced by FAO (FAO, 2008 a and b), to achieve the efficient and sustainable use of agricultural resources in crop production. It is based on the integrated management of land, water and biota, combined with external resources. The operation of the concept consists of three necessary elements: 1) the minimum or no tillage; 2) maintenance of permanent organic soil cover based on crop residues or by crops; and 3) diversified crop rotations. The concepts and principles of agricultural sustainability have been reviewed extensively by Pretty (2008).

It was described and justified the adoption of CA to achieve agricultural sustainability, thanks to significant and even virtuous attributes in favour of agroecosystems' natural capital: a) soil improvement in terms of resistant to erosion, organic matter, structure, aeration, capacity water retention, nutrient cycles; b) inducing a better water cycle: surface runoff, infiltration, evaporation; and c) enrichment of the biota: biomass, diversity, frequency, equilibria (Habblethwaite *et al.*, 1996; Steiner *et al.*, 1998; Rochström and Fowler, 2001; Derpsch, 1998; Dumanski *et al.*, 2006; Hobbs, 2007; Hobbs *et al.*, 2008). Have also been reported up to 50% savings in labor (Corsi *et al.*, 2012.) and in the use of agricultural machinery and fuels (Saturnino and Landers, 2002; Lindwall and Sonntag, 2011).

However, little has been analysed; the fact that by eliminating plowing it is necessary to control weeds with herbicides, which is a potentially vast business at global scale sought for multinational consortia of agrochemicals. Perhaps one of the fervor of the United Nations for Food and Agriculture Organization (FAO), and for the scientific community worldwide by the CA (Giller *et al.*, 2009), could be interpreted as a conflict of interest of such technology.

autores(as), que reconocen que tal monto incluye a diversas formas de labranza de conservación de las que sólo una parte sería AC (Derpsch, 1998; Friedrich *et al.*, 2012). También se reconoce que, no obstante su obvia neutralidad de escala (sus principios son igualmente aplicables para los grandes, los medianos y los pequeños productores), la gran mayoría de los adoptantes de AC son productores grandes (Kassam *et al.*, 2009). Los mismos autores sugieren que los pequeños productores carecen del conocimiento preciso tecnológico al nivel de sitio, que la adopción irreversible requiere. Por lo tanto, generar y acercarles este conocimiento tecnológico, aumentará su eficiencia y la adopción de AC. Sin embargo, otros autores sugieren que hay razones adicionales al ámbito del conocimiento, que explican la reducida adopción de la AC en las UP pequeñas (Giller *et al.*, 2009), como se verá más adelante.

También los retos de la operatividad y economía en la adopción de AC, son neutros de escala. Para los grandes productores, mayormente orientados al mercado nacional y al de exportación, el número de cultivos demandados e integrables en rotación es limitado, *i.e.*, maíz y soya en EE.UU, Argentina y sur de Brasil, y son conducentes a una rotación de cultivo corta o al monocultivo, incumpliendo el tercer componente de la AC. Así ocurre en Argentina, el sur de Brasil y Paraguay. En Argentina, la rentabilidad del cultivo de soya para exportación, supera ampliamente a la del maíz, tanto en el ciclo verde, como en el procesamiento y transporte. Además, al gobierno de Argentina le conviene una copiosa exportación de soya, porque le retiene un impuesto de 30%, que es un significativo ingreso público.

Un entorno así, es proclive al monocultivo generalizado de soya bajo labranza de conservación, que se asemeja más al modelo de la agricultura industrial que al de la AC (Pengue, 2014). Los retos de la adopción para el pequeño productor no son menos formidables, e inciden sobre los tres componentes de la AC: labranza nula, retención de residuos de cosecha y rotación de cultivos, según han descrito varios grupos de investigadores(as) (Bolliger *et al.*, 2006; Bolliger, 2007; Wall, 2007; Kassam *et al.*, 2009; Giller *et al.*, 2009).

Este último grupo de autores(as), resalta como factores opuestos a la adopción de la AC de la agricultura en pequeño: i) el bajo grado de mecanización; ii) los suelos con baja fertilidad; iii) el control inadecuado de malezas en ausencia de roturación; iv) la falta de acceso al crédito; v) las recomendaciones tecnológicas no-precisas al sitio; vi) los usos alternos de los residuos de cosecha, y vii) la escasez de mano de obra familiar. Como adicionales a

Although the conceptualization of CA is recent (FAO, 2008a), has been preceded by the familiar “dust bowl” in the USA, in the 1930s, which led to various forms of conservation tillage (Faulkner, 1943; Derpsch, 1998). There is no rigorous quantitative estimate of the global farmland area cultivated under CA, as defined by FAO.

However, this institution published an article based on consultations in various regions of the world, from which it was estimated the surface managed with CA in the order of 125 Mha. There are some authors, who recognize that such amount includes various forms of conservation tillage, and only stripart of it should be strictly considered as CA (Derpsch., 1998, Friedrich *et al.*, 2012). It is also recognized that, despite its obvious neutral scale (its principles are equally applicable to large, medium and small producers), the vast majority of adopters of CA are major producers (Kassam *et al.*, 2009). The same authors suggest that small farmers lack the technological knowledge necessary at site level, which the irreversible adoption requires. Therefore, to generate and bring near this technological would increase their efficiency and the adoption of CA. However, other authors suggest that there are additional reasons beyond the knowledge scope, which explains the low adoption of CA in small PU (Giller *et al.*, 2009), as will be seen later.

Operational challenges as well as economic ones are also scale neutral. For large producers, mostly oriented to the domestic market and export, the number of market demanded crops akin to crop rotation are limited, *i.e.*, soybeans in the United States, Argentina and southern Brazil, and are conducive to a short rotation crop or monoculture, breaching the third component of the CA. This is the case in Argentina, southern Brazil and Paraguay. In Argentina, the profitability of growing soybeans for export far exceeds that of corn, in the green cycle, as in the processing and transport. In addition, the government of the Argentin government welcomes high soybean exports, since it retains a 30 percent export tax.

Such an environment is conducive to widespread soybean monoculture under conservation tillage, which is closer to the model of industrial agriculture than to CA (Pengue, 2014). The challenges of adoption for small producers are no less formidable, and impact on the three components of the CA: zero tillage, crop residue retention and crop rotation, as described by several research groups (Bolliger *et al.*, 2006; Bolliger, 2007; Wall, 2007; Kassam *et al.*, 2009; Giller *et al.*, 2009).

estos factores, Wall (2007) cita a: viii) la prioridad en el consumo; ix) la aversión al riesgo; x) la escasez de tierra de labor; y xi) la tenencia incierta de la tierra. Giller *et al.* (2009) citan a Erenstein (2002), quien sugiere que el potencial de la AC y de las tecnologías para conservar el suelo en general, es específico para el sitio y depende del entorno biofísico y socioeconómico. Proponen el concepto de “nichos específicos para la AC”. También advierten contra la tentación de usar la AC a ultranza, como panacea.

Variedades mejoradas de maíz en 1.5 a 3 Mha

La estrategia de MasAgro ignora el carácter especial de México como centro de origen del maíz y junto con el área Andina, el más importante por la biodiversidad inter e intrarracial de la especie que atesora y que debe ser protegida y no sólo minada. La estrategia de MasAgro para el logro de sus objetivos no concede consideración explícita o implícita alguna al carácter único de México, excepto como fuente de alelos útiles y extraíbles para fines utilitarios, lo que torna a la estrategia desafortunada y poco visionaria. México es el centro de origen del maíz, según la hipótesis menos cuestionada (Doebley *et al.*, 1987; Matsuoka, *et al.*, 2001) e importante centro mundial de su biodiversidad, habiéndose descrito 59 razas nativas. Cada año se siembra alrededor de ocho Mha de maíz y se cosecha unos siete Mha en México. Según Espinosa *et al.* (2013) y Turrent *et al.* (2012), 25% de aquella superficie se siembra con híbridos, adquiriéndose la semilla del mercado en cada ciclo; en otro 25%, siembra variedades de polinización libre autoproducidas, que derivan del cruzamiento entre los maíces mejorados y las razas nativas de maíz (híbridos o variedades “acriollados”); en 50% restante se siembra razas nativas de maíz.

La previsión de MasAgro de sembrar entre 1.5 y 3 Mha con variedades mejoradas, implica desplazar a las razas nativas de maíz y a las variedades acriolladas de 25 a 50% de su espacio actual de siembra. Tal desplazamiento ocurrirá por dos caminos por lo menos: a) la sustitución explícita por variedades mejoradas; y b) la reducida resistencia de los maíces nativos al acame bajo producción intensiva, lo que los descalifica para el sistema AC. En MasAgro se justifica tal desplazamiento, por los mejores atributos de las variedades mejoradas en cuanto a rendimiento, resistencia al acame, y a la sequía. Son los mismos tipos de justificantes de la Revolución Verde (RV), que si bien trajeron grandes incrementos en la producción de alimentos al mundo, también cobraron un alto precio a la agrobiodiversidad, como describen Fowler y Mooney (1990).

This latter group of authors, stands out several factors that oppose the adoption of CA by small peasants: i) the low level of mechanization; ii) soils with low fertility; iii) inadequate weed control in no tillage conditions; iv) lack of access to credit; v) non-precise technology recommendations to the site; vi) alternative uses of crop residues, and vii) the shortage of family labor. As addition to these factors, Wall (2007) quotes: viii) priority in consumption; ix) risk aversion; x) the scarcity of arable land; and xi) the uncertain land tenure. Giller *et al.* (2009) quote Erenstein (2002), who suggests that the potential of the CA and technologies to conserve soil in general is site specific and depends on the biophysical and socioeconomic environment. They propose the concept of “specific niches for CA”. They also warn against the temptation to use the CA at all costs, as panacea.

Improved maize varieties in 1.5 to 3 Mha

MasAgro strategy ignores the special character of Mexico as the center of origin of maize and together with Andean area, the most important for inter- and intraracial biodiversity of this species holds and should be protected not only undermined. MasAgro strategy for achieving its objectives does not grant any explicit or implicit consideration to the uniqueness character of Mexico, except as a source of useful and removable alleles for utilitarian purposes, which makes its strategy unfortunate and hardly visionary. According to the less questioned hypothesis, Mexico is the center of origin of maize (Doebley *et al.*, 1987; Matsuoka *et al.*, 2001) and important global center of its biodiversity, as 59 native maize landraces have been described up to now. In Mexico, each year about eight Mha get sowed with maize and about seven Mha are harvested. According to Espinosa *et al.* (2013) and Turrent *et al.* (2012), 25% of that area is cultivated with hybrid varieties, buying the seed from the market every year; another 25 percent involves open-pollinated, farmer self produced varieties, that result from crossing native maize land races with improved maize varieties or creolized varieties “acriollados”; and 50 percent is sowed with maize native landraces.

The MasAgro plan of sowing between 1.5 and 3 Mha with improved varieties, involves displacing maize landraces and creolized varieties from 25 to 50% of its current farmland space. Such a shift will occur in two ways at least: a) explicit substitution by improved varieties; b) the reduced resistance of the natives to lodging under intensive maize production, which disqualifies them for the CA system. In MasAgro such displacement is justified by the better attributes of

Buiatti *et al.* (2013) citan a World Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (PGRFA), con ejemplos de qué tan intenso ha llegado a ser el desplazamiento de la agrobiodiversidad. En Bangladesh, 67% de la superficie bajo trigo fue sembrada sólo con la variedad “Sonalinka” en 1983, mientras que en Irlanda, 90% de la superficie de trigo fue sembrado con sólo 6 variedades mejoradas en los años 1990. Seguro que los rendimientos han superado a los que se obtenían con la agrobiodiversidad desplazada, pero también es mayor el riesgo de la producción de alimentos. Tal riesgo sería por tensiones bióticas o abióticas inesperadas, para las que las variedades desplazantes podrían no tener resistencia. Se puede anticipar que esas tensiones acompañarán al cambio climático.

Aunque no se hayan encontrado aún los alelos específicos para esas resistencias en el reservorio genético de las especies cultivadas y sus parientes silvestres, a nadie convendría que esa agrobiodiversidad fuera descartada *a priori* y menos aún, erosionada. Con MasAgro se corre el riesgo de reeditar los errores de la RV, que ya podrían haber sido superados por los investigadores del CIMMYT en cuanto a la agrobiodiversidad. La estrategia de MasAgro no valora explícitamente la condición de México como centro de origen y de biodiversidad del maíz, y le da un tratamiento que podría ser justificable en países que no son centros de biodiversidad, como los Estados Unidos de América, y en regiones como Europa, África o Asia. México es signatario de la convención de la diversidad biológica, y no debería ignorar el artículo 8c. Éste dicta “regular o manejar los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica, ya sea dentro o fuera de las áreas oficiales protegidas, para asegurar su conservación y uso sostenible”. La biodiversidad del maíz y la de sus parientes silvestres, son recursos vitales para la Nación que han de ser protegidos con visión de plazo largo (Álvarez y Piñeyro, 2013).

Base molecular del rendimiento y tolerancia a sequía de razas nativas

El conocimiento a nivel molecular de la variabilidad en el rendimiento y la resistencia a la sequía y a enfermedades del maíz de los bancos de germoplasma del CIMMYT y del INIFAP es objetivo necesario. Sin embargo, la fracción de fondos programados para este componente (41% del presupuesto total hasta 2012) (del Toro, 2012) sugiere una excesiva confianza en que su contribución será significativa a los objetivos del proyecto, dentro de sus 10 años de duración. Podría ser justificable la inversión que se planea y hasta otra mayor, como inicio de un esfuerzo científico, más bien paralelo a MasAgro y ya en la esfera del mandato

improved varieties in yield, lodging resistance, and tolerance to drought. These are the same types of arguments for the Green Revolution (GR), which although brought large increases in food production to the world, they also charged a high price to agrobiodiversity, as described by Fowler and Mooney (1990).

Buiatti *et al.* (2013) cite the World Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (PGRFA), with examples of how intense the reduction of agrobiodiversity has become. In Bangladesh, 67% of the area cultivated with wheat was sown only with the “Sonalinka” variety in 1983, while in Ireland, 90% of the wheat area was sown with only 6 improved varieties produced in the 1990’s. It is certain that yields have exceeded those obtained with the displaced agrobiodiversity, but it is also certain that the risk of food production has increased. Such risk would come from unexpected biotic or abiotic stresses, for which the displaced varieties might not be resistant. It is anticipated that these tensions will accompany the climate change.

Although specific alleles for these resistances have not yet been found in the gene pool of cultivated species and their wild relatives, nobody would agree that this agrobiodiversity should be discarded *a priori* or eroded. Through MasAgro, CIMMYT scientists run the risk of repeating the Green Revolution errors on diminishing agrobiodiversity in the center of origin of maize. The MasAgro strategy does not explicitly value Mexico's status as a center of origin and biodiversity of corn, and gives a treatment that could be justifiable in countries that are not centers of biodiversity, such as the United States, and in regions such as Europe, Africa or Asia. Mexico is a signatory to the convention of biological diversity, and should not ignore Article 8c. This dictates “regulate or manage biological resources important for the conservation of biological diversity whether within or outside formal protected areas to ensure their conservation and sustainable use”. Maize biodiversity and its wild relatives are vital resources for the Nation that must be protected with a long-term vision (Álvarez and Piñeyro, 2013).

Molecular basis of yield and drought tolerance of native maize land races

The molecular-level knowledge of the variability involved in the yield and resistance to drought and diseases of maize accessions conserved in CIMMYT and INIFAP’s gene banks is a priority objective. However, the fraction of funds

del CIMMYT, con presupuesto externo. El mandato del CIMMYT abarca los intereses de todos, desde el pequeño productor de maíz del mundo, hasta los de los grandes productores y de los consorcios multinacionales de semillas, pasando por las pequeñas y medianas empresas semilleras de capital nacional e internacional.

La parte que se deja al mercado

La estrategia de MasAgro- maíz prioriza el acceso al conocimiento técnico y a la información sobre el mercado, como factores del desarrollo de la “sustentabilidad con productores”. Se pasa por alto que el entorno económico de la producción tradicional en pequeño es fuertemente limitativo, caracterizándose inter alia por: a) el acceso reducido a apoyos institucionales como el crédito, el seguro agrícola, la asistencia técnica; b) un mercado nacional de grano de maíz no proclive a los colores y texturas de los maíces nativos; y c) relaciones de precios insumo/producto en proceso de deterioro. En el Plan Puebla se demostró que, aún sin cambiar el paradigma de la agricultura tradicional, esos elementos de estrategia son condiciones necesarias de adopción por parte de los pequeños productores de temporal (CIMMYT, 1974; Díaz *et al.*, 1999). El mayor conocimiento sobre este entorno por parte de los productores es insuficiente para la adopción de tecnología y para alcanzar el bienestar de su familia.

Discusión

Como se desprende del Cuadro 3- caso I y del objetivo de modernizar sustentablemente la agricultura tradicional en pequeñas UP, la estrategia de MasAgro habría de lograr la adopción de la AC: a) en más de 800 000 UP tradicionales de temporal (categorías menos de 5 ha y 5-20 ha); b) que cultiven en conjunto 3.164 Mha en rotación bianual, incluyendo 1.582 Mha de maíz; y c) obtengan el rendimiento promedio de maíz de 3.92 Mg ha⁻¹ hacia el décimo año. No es redundante anotar que el desafío al éxito de un programa de fomento agrícola es proporcional al número de UP atendidas, del que MasAgro no se sustrae. Los casos II y III del Cuadro 3, sugieren alternativas para cumplir el objetivo de producción, con retos menores al caso I, pero que violarían la definición de MasAgro al incluir UP empresariales (categoría con más de 20 ha). Los casos II y III involucran menores números de UP por atender.

programmed for this component (41% of the total budget until 2012) (del Toro, 2012) suggests an overconfidence in that its contribution will be significant to the objectives of the project, in its 10 years. An investment as planned in MasAgro for this objective or even a larger one, is justifiable as the beginning of a long term scientific effort, however external to MasAgro but within the sphere of Cimmyt's mandate. CIMMYT's mandate covers the interests of everyone, from the small producer of corn in the world, to the big producers and to the multinational seed corporations and the small and medium-sized seed companies of national and international capital.

The part that is left to market

MasAgro-maize strategy prioritizes the access to technical knowledge and market information, as factors in the development of “sustainability with producers”. It ignores that the economic environment of traditional small production is strongly limited, inter alia characterized by: a) the reduced institutional support such as credit, agricultural insurance, access to technical assistance; b) a national grain market is not conducive to the colors and textures of maize landraces; and c) relations of input/output prices are in a deteriorating process. The Plan Puebla showed that, even without changing the paradigm of traditional agriculture, these elements of strategy are necessary conditions for adoption by the rainfed, small peasants (CIMMYT, 1974; Díaz *et al.*, 1999). The more knowledge of this environment by producers is not enough for the adoption of technology and to achieve the welfare of their families.

Discussion

As is clear from Table 3, case I and from the objective of sustainably modernizing traditional agriculture on small PU, MasAgro strategy would achieve the adoption of CA: a) in more than 800 000 traditional rainfed PU (categories with less than 5 ha and 5-20 ha), b) that grow together 3.164 Mha in biennial rotation, including 1.582 Mha of corn; c) obtain the average corn yield of 3.92 Mg ha⁻¹ by the tenth year. It wouldn't be redundant to note that the challenge to the success of a program of agricultural development is proportional to the number of PU attended, which MasAgro cannot avoid. Cases II and III of Table 3,

El caso III explora el extremo de excluir a las UP menores de 5 ha. Los desafíos de los casos II y III son menores, también porque dos de los componentes de AC: labranza de conservación y cobertura permanente, son proclives a las mayores UP, como lo citan varios autores (Derpsch, 1998, Kassam *et al.*, 2009; y Friedrich *et al.*, 2012). Sin embargo, la estrategia de MasAgro es la adopción integral de AC por parte de los productores tradicionales. La exclusión de la categoría de menos de 5 ha de MasAgro, reclamaría una revisión profunda de sus objetivos. Lo mismo sería, si se excluyera el requisito de la rotación de cultivos.

Adopción de la agricultura de conservación entre los pequeños productores: el cambio verdadero y definitivo desde el paradigma de la agricultura tradicional al de la AC es tal vez el mayor obstáculo a vencer en el caso I. La resistencia al cambio en las pequeñas UP vendrá de la tradición cultural acompañada de poderosos fundamentos del bienestar social y del capital ecológico. El incremento en el ingreso neto familiar (INF) es la variable clave del gambito del productor. Un incremento del 25% del INF, por hectárea significa mucho menos para una UP que cuenta con 2 ha de labor, que para otra de 50 ha o más. Aquella requeriría un aumento de su INF significativamente mayor para generar el incentivo al cambio de paradigma, precondition que difícilmente se lograría con sólo la adopción de la AC.

Ésta generaría ahorros por el no-laboreo; asimismo, causaría gastos (agroquímicos, fertilizante o biofertilizante, cosecha y procesamiento del incremento del rendimiento, etc.). Se puede verificar con un ejercicio aritmético simple, que el incremento en rendimiento del orden de 2 Mg ha⁻¹ derivado de la adopción de la AC en una UP que cultiva sólo 2 hectáreas de maíz, se asociaría a incrementos anuales de su INF, menores a la mitad del salario mínimo prevalente anual. Se puede anticipar que, durante el proceso de adopción de la AC, podrá haber una fracción desconocida por su monto y ubicación geográfica de las más de 800 000 pequeñas UP adoptantes potenciales, en la que el cambio de paradigma acarrearía pérdidas en el rendimiento, que podrían persistir hasta por 10 años, reduciendo el INF en vez de aumentarlo (Giller *et al.*, 2009). No parece disponerse en MasAgro, del conocimiento para predecir las condiciones edafoclimáticas en las que tal ocurriría, ni la previsión de algún tipo de seguro contra ese riesgo.

Un factor adicional limitativo de adopción de la AC en México es la rotación de cultivos. Ésta desbalancearía el perfil de abasto de granos de las UP pequeñas, que típicamente producen para autoconsumo. Bajo el paradigma

suggest alternatives to meet the production target, with less challenges than case I, but that would violate the MASAgro definition by including entrepreneurial PU (category with more than 20 ha). Cases II and III involve smaller numbers of PU for attending.

Case III explores the extreme of excluding PU under 5 ha. The challenges of the cases II and III are lower, also because two of the CA Components: conservation tillage and permanent cover are prone to larger PU, as cited by several authors (Derpsch, 1998, Kassam *et al.*, 2009; Friedrich *et al.*, 2012). However, the MasAgro strategy is the integral adoption of CA by traditional producers. The exclusion of the category of less than 5 ha of MasAgro, would demand a thorough review of its objectives. The same would be, if the requirement of crop rotation were excluded.

Adoption of conservation agriculture among small farmers: the true and definitive change from traditional agriculture paradigm to the CA is perhaps the biggest obstacle to overcome in the case I. The resistance to change in small PU will come from cultural tradition accompanied by powerful foundations of social welfare and ecological capital. The increase in net household income (NHI) is the key variable in the producer scope. An increase of 25% of NHI, *per* hectare means much less for a PU that counts with 2 ha of farmland, than other which has 50 ha or more. The former would require a significantly greater increase in NHI to generate the incentive to change the paradigm, precondition that hardly would be achieved with only the adoption of CA.

This would generate savings from no-tillage; but at the same time also cause costs (chemicals, fertilizer or biofertilizer, harvesting and processing the increased yield, etc.). A simple arithmetic exercise would show that the yield increase in about 2 Mg ha⁻¹ associated with adopting CA on PU cultivating only 2 ha of corn, would be associated with annual increases of its NHI, less than half the annual prevailing minimum salary. It is anticipated that, during the process of adoption of the CA, there may be an unknown fraction -by the amount and location- of more than 800 000 small PU potential adopters, in which the paradigm shift would result in a yield loss that could persist for up to 10 years, reducing instead of increasing NHI (Giller *et al.*, 2009). It does not appear to be available in MasAgro, the necessary knowledge to predict the soil and climate conditions where that would occur, nor is there an insurance provision for this risk.

tradicional, la superficie sembrada con frijol, que es parte de la dieta, es menor que la que se siembra de maíz. El dedicar sendas mitades de la tierra al maíz y al frijol dejaría a la familia con más frijol del que consume y con menos maíz. Vender frijol y comprar maíz añade los riesgos del mercado a la UP. Otros factores que limitarían la adopción de la AC en UP pequeñas en el nivel internacional, han sido revisados previamente.

Incremento en los rendimientos: trabajos de investigación conducidos sobre maíz de temporal en México sugieren que para obtener un rendimiento promedio nacional de maíz del orden de 2.7 Mg ha^{-1} , se requiere aplicar el tratamiento promedio 80-40-0 (N-P₂O₅-K₂O) (Turrent, 1986). La primera recomendación para maíz de temporal en el Plan Puebla fue 120-60-0 para lograr un rendimiento promedio del orden de 3.5 Mg ha^{-1} (CIMMYT, 1974). Los suelos del área del Plan Puebla tienen bajos contenidos de materia orgánica y bajos niveles de fertilidad, que han de ser corregidos para incrementar el rendimiento. Esta condición de baja fertilidad de los suelos es típica en las pequeñas UP, debido al manejo defectuoso de su fertilidad.

Para corregirla, se puede seguir la vía de los fertilizantes químicos que son caros, o bien en algunos casos la de los biofertilizantes, que son accesibles a los pequeños productores. Los residuos de cosecha del maíz tienen una relación carbono nitrógeno alta, por lo que al dejarlos como acolchado bajo AC, su descomposición es demandante de nitrógeno adicional, situación que agudiza el ya precario nivel de fertilidad del suelo. Por tanto, el tratamiento de fertilización bajo AC ha de ser incrementado para satisfacer el nitrógeno demandado por un rendimiento mayor y por el proceso de mineralización del acolchado.

La aplicación de biofertilizante podría tener un efecto insuficiente para la mayor demanda de nitrógeno, en tanto que el fertilizante químico lo lograría pero con mayor inversión. En la estrategia de MasAgro- maíz, no se prevé la gestión al crédito, por lo que sólo los productores mayores que sí tuvieran acceso al crédito, podrían alcanzar los incrementos-objetivo en rendimiento, dejando fuera a las pequeñas UP que no lo tienen. El fenómeno de sobre fertilización inicial requerida, se puede repetir con el uso de herbicidas, agudizando el requerimiento adicional de crédito.

Agricultura de conservación y sostenibilidad en laderas empinadas y largas: con y sin AC, además de la magnitud e intensidad de la lluvia, la magnitud de la erosión hídrica

An additional factor limiting adoption of CA in Mexico is crop rotation. Rotating crops would unbalance the profile of grain supply of small PU, which typically produces for self consumption. Under the traditional paradigm, the area cultivated with beans, which is part of the diet, is less than that for maize. To dedicate halves of land to corn and beans would leave the family with more beans for consuming and less corn. Sell beans and buy corn adds market risks to the PU. Other factors that limit the adoption of CA in small PU at the international level have been reviewed previously.

Increased yields: research conducted on rainfed maize in Mexico suggests that to obtain a national average corn yield of about 2.7 Mg ha^{-1} , the average treatment 80-40-0 (N-P₂O₅-K₂O) is required (Turrent, 1986). The first recommendation for rainfed maize in the Plan Puebla was 120-60-0 to achieve an average yield of about 3.5 Mg ha^{-1} (CIMMYT, 1974). The soils of the Plan Puebla Project area have low organic matter content and low fertility levels, which have to be corrected in order to increase their yield. This condition of low soil fertility is typical in small PU, due to poor management of their fertility.

To correct this, you can follow the route of chemical fertilizers, which are expensive, or in some cases of bio-fertilizers, which are accessible to small producers. Corn crop residues have a higher carbon to nitrogen ratio, so, leaving them as mulch under the CA, its decomposition would demand additional nitrogen, a situation that exacerbates the already precarious level of soil fertility. Therefore, the fertilization treatment under CA must be increased to meet the N demand by the increased yield and by the mineralization process.

Application of biofertilizer could have an insufficient effect to the increased demand for nitrogen, while chemical fertilizer can fit it but would make it more investment. Access to credit is not part of the strategy of MasAgro, so that only producers who have access to credit, could achieve the yield target increases, leaving out small PU that has not. The phenomenon of initial higher fertilization required, can be repeated with the use of herbicides, exacerbating the additional credit requirement.

Conservation agriculture and sustainability on long steep slopes: with and without CA, in addition to the magnitude and intensity of the rain, the magnitude of water erosion depends on the slope and length of the field (Liu *et al.*, 2000). While the CA adequately protects against soil erosion on flat land and in Rolling slopes (Lal, 1998; Erenstein, 2002), protection is insufficient in steep and long slopes (Roose and

depende de la pendiente y la longitud del terreno (Liu *et al.*, 2000). Mientras la AC protege adecuadamente contra la erosión del suelo en terrenos planos y en lomeríos someros (Lal, 1998; Erenstein, 2002), su protección es insuficiente en laderas empinadas y largas (Roose y Barthes, 2001; Camas Gómez, 2012). La mitad de la superficie de labor de temporal de México se cultiva en pendientes mayores a 4% (Turrent, 1986). La fracción de pequeñas UP en laderas empinadas (más de 20%) y largas, es significativa dada la orografía montañosa del país *i.a.*, Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero. Claramente, no es sensato promover la AC a ultranza en estas condiciones edafoclimáticas. La Agroforestería puede ser la solución sensata para estas condiciones, sin excluir a la roturación como medio para la formación gradual de terrazas (Francisco- Nicolás *et al.*, 2005).

Adopción de variedades mejoradas de maíz en 1.5 a 3 millones de hectáreas: la biodiversidad de los maíces nativos refleja por igual la adaptación agronómica a las condiciones edafoclimáticas de producción como a la adaptación a su consumo como alimento y como reservorio de alelos. La muy diversa cocina pluricultural mexicana (más de 600 platillos y bebidas) está ligada a la biodiversidad del maíz, porque los maíces nativos son su materia prima especializada e insustituible (Fernández-Sánchez *et al.*, 2013). La defensa de esta biodiversidad es un derecho humano de los mexicanos que ha sido defendido ante las cortes, en contra de sus amenazas, como la derivada de la pretendida introducción de maíz transgénico a México (Concha, 2014). La reducción del espacio ocupado por los maíces nativos es otra amenaza a la biodiversidad del maíz, aun cuando hubiera la oferta de mayores rendimientos de materia seca de materiales mejorados, que difícilmente sustituirían a los maíces nativos en su uso como alimento pluricultural, ni como reservorio de biodiversidad de la especie.

Alternativas a MasAgro para las pequeñas unidades de producción: el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF), es una tecnología agroforestal multiobjetivo, desarrollada bajo colaboración por el INIFAP y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS). Esta tecnología es compatible con el paradigma agrícola tradicional, con el incremento significativo del ingreso neto familiar, con la sostenibilidad y enriquecimiento del capital ecológico, con la biodiversidad y la seguridad alimentaria (Cortés *et al.*, 2005; Cortés *et al.*, 2012a; Cortés *et al.*, 2012b). Esta tecnología agroforestal supera la gran mayoría de las limitaciones aquí apuntadas para la adopción de la AC en las pequeñas UP.

Barthes, 2001; Camas-Gómez, 2012). One half of the rainfed farmland of Mexico has slopes larger than 4 per cent (Turrent 1986). The fraction of PU on steep slopes (over 2 per cent) and long is significant given the mountainous terrain of the country *i.a.*, Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero. Clearly, it is not sensible to promote CA uncompromising in these edafoclimatic conditions. Agroforestry can be the sensible solution for these conditions, without excluding the plowing as a means for the gradual formation of terraces (Nicholas Francis *et al.*, 2005).

Adoption of improved maize varieties at 1.5 to 3 million hectares: the biodiversity of native maize reflects equally agronomic adaptation to edafoclimatic conditions of production and adaptation to their use as food and as a reservoir of alleles. The very diverse multicultural Mexican cuisine (over 600 dishes and drinks) is linked to maize biodiversity because their specialized landraces are irreplaceable raw material (Fernández- Sánchez *et al.*, 2013). The defense of this biodiversity is a human right of Mexicans that has been defended in courts against their threats, as that derived from the proposed introduction of transgenic maize in Mexico (Concha *et al.*, 2014). Reducing the space occupied by the native maize is another threat to the biodiversity of corn, even if we have the offer of higher dry matter yields of improved materials, which hardly would replace the native maize in its multicultural use as food or as a reservoir of biodiversity of the species.

Alternatives to MasAgro for small production units: the milpa intercropped with fruit trees is a multiobjective agroforestry technology developed in collaboration by INIFAP and the Postgraduate College in Agricultural Sciences (COLPOS). This technology is compatible with the traditional agricultural paradigm, with the significant increase in net family income, with sustainability and enhancement of ecological capital, with biodiversity and food security (Cortés *et al.*, 2005; Cortés *et al.*, 2012a; Cortés *et al.*, 2012b). This agroforestry technology overcomes most of the limitations here discussed for CA adoption in small PU.

Conclusions

The analysis of MasAgro strategy suggests that its application to small rainfed production units, in the very significant category of less than 5 ha, could face serious problems in meeting its objectives, due to a low permanent

Conclusiones

El análisis de la estrategia de MasAgro sugiere que su aplicación a las pequeñas unidades de producción de temporal, en la categoría muy significativa de menos de 5 ha, podría enfrentar serios problemas para cumplir sus objetivos, debido a una baja adopción permanente de la agricultura de conservación (AC). Esta baja adopción se explicaría, *i.a.*, por: a) un bajo incentivo económico que justificara el riesgo asumido en el cambio de paradigma agrícola; b) resistencia a adoptar la AC y a sustituir su maíz nativo; c) la reducida disponibilidad de crédito, de seguro agrícola y de apoyo en la comercialización; y d) incompatibilidades operativas con la rotación de cultivos y el desempeño pobre para proteger contra la erosión en laderas abruptas y largas. La estrategia de sustituir a los maíces nativos y variedades acriolladas en 25 a 50% de su espacio actual es inadecuada para México, por ser el centro de origen del maíz y muy importante centro de diversidad genética del maíz. Reedita los errores de la Revolución Verde en cuanto a la agrobiodiversidad.

Literatura citada

- Álvarez, B. E. y Piñeyro, A. 2013. El maíz en peligro ante los transgénicos: un análisis integral sobre el caso México. UNAM, UCCS, UV. 567 p.
- Bolliger, A.; Magid, T. J. C.; Amado, F. S.; Neto, M. D. D.; Ribeiro, A.; Calegari, R.; Ralisch, A. and de Neegaard, D. 2006. Taking stock of the Brazilian “zero-till revolution”: a review of landmark research and farmers’ practice. *Adv. Agron.* 91:47-110.
- Bolliger A. 2007. Is zero-till an appropriate agricultural alternative for disadvantaged smallholder sensitivities and glycoproteins? PhD. Thesis. University of Copenhagen, Copenhagen. 67 p.
- Buiatti, M. S.; Ceccarelli, F.; Dodler, J. T.; Esquinas, M. G.; Mammuccini, B.; Margainos-Rey, G. Pucci, G. and Shiva, V. 2013. The law of the seed. *Navdanya International*. 40 p.
- 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, Í. P. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, Mex. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(2):231-243.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1974. The Puebla Project: Seven years of experience: 1967-1973. El Batán, México. 118 p.
- Concha, M. 2014. Protección jurídica de la biodiversidad. *La Jornada*. <http://www.jornada.unam.mx/2014/03/22/opinion/017a1pol>.
- Corsi, S.; Friedrich, T.; Kassam, A.; Pisante, M. and de Moraes, S. A. 2012. Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: a literature review. *Integrated Crop Management*. FAO, Rome, Italy. 16:89 p.
- adoption of Conservation Agriculture (CA). Low adoption would be explained *i.a.*, by: a) a low economic incentive to justify the risk taken in changing agricultural paradigm; b) resistance to adopt the CA and replace its native corn; c) the reduced availability of credit, crop insurance and marketing support; and d) operational incompatibilities with crop rotation and poor yield to protect against erosion on steep and long slopes. The strategy of replacing the landraces and creolized varieties in 25 to 50% of its current space is inadequate to Mexico, as it is the center of origin of maize and important center of genetic diversity of this species. MasAgro reprints the mistakes of the Green Revolution in terms of agrobiodiversity.

End of the English version



- Cortés, F. J. I.; Turrent, F. A.; Díaz, V. P.; Jiménez, S. L.; Hernández, R. E. and Mendoza, R. R. 2005. Hillside agriculture and food security: advances in the sustainable hillside management project. *In: Lal, R.; Huphoff, N.; Stewart, B. A. and Hansen, D. O. (Eds.). Climate Change and Global Food Security*, Boca Raton, CRC Press/Taylor & Francis Group. 569-604 pp.
- Cortés, F. J. I.; Torres, Z. J. P.; Turrent, F. A.; Hernández, R. E.; Ramos, S. A. y Jiménez, S. L. 2012a. Manual actualizado para el establecimiento y manejo del sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en laderas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas- Campus Montecillo. México. 34 p.
- Cortés, F. J. I. y Turrent, F. A. 2012b. Una tecnología multiobjetivo para pequeñas unidades de producción. *In: Calva, J. L. (Coord.). Políticas agropecuarias, forestales y pesqueras*. Juan Pablos Editor. 162-178 pp.
- del Toro Morales, J. A. 2012. Memoria documental del programa modernización sustentable de la agricultura tradicional 2010-2012. Dirección General de Producción y Desarrollo Tecnológico. SAGARPA. México, D. F. <http://www.sagarpa.gob.mx/irc/Memorias%20Documentales/>.
- Derpsch, R. 1998. Historical review of no-tillage cultivation of crops. Proceedings, the 1st JIRCAS seminar on soybean research. No-tillage cultivation and future research needs, March 5-6 1998. Iguassu Falls, Brazil, JIRCAS Working Report No. 13. 1:18.
- Díaz, C. H.; Jiménez, S. L.; Laird, R. J. y Turrent, F. A. 1999. El Plan Puebla 1967-1992, análisis de una estrategia de desarrollo de la agricultura tradicional. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. 174 p.
- Doebley, J.; Goodman, M. M and Stuber, C. W. 1987. Patterns of isozyme variation between maize and Mexican annual teosinte. *Econ. Bot.* 41(2):234-246.
- Dumanski, J.; Reiretti, R.; Benites, J. R. McGarry, D. and Pieri, C. 2006. The paradigm of conservation agriculture. *Proc. World Assoc. Soil and Water Conservation*. PI: 58-64 pp.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Arteaga, E. I.; Turrent, F. A.; Sierra, M. O.; Gómez, M. N.; Palafox, C. A.; Valdivia, B. R.; Trejo, P. V. y Canales, I. V. 2012. Rendimiento de las generaciones F1 y F2 de híbridos trilineales de maíz en los Valles Altos de México. *Universidad y Ciencia*. 28(1):57-64.

- Erenstein, O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semitropical countries: an evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil Till. Res.* 67:115-133.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2008a. Investing in sustainable agricultural intensification. The role of conservation agriculture. A framework for action. Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2008b. Conservation agriculture. <http://www.fao.org/ag/ca/index.html>.
- Faulkner, E. H. 1943. *Plowman's folly*. The University of Oklahoma Press: Norman. Ninth Printing, 1963. 156 p.
- Fernández, S. R.; Morales, Ch. L. A. y Gálvez, M. A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(3): 275-283.
- Francisco, N. N.; Turrent, F. A.; Oropeza, M. J. L.; Martínez, M. R. y Cortés, F. J. I. 2005. Pérdidas de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo. *Terra Latino Americana.* 24(2):253-260.
- Friedrich, T.; Derpsch, R. and Kassam, A. 2012. Overview of the global spread of conservation agriculture. *The Journal of Field Actions. Special Issue 6.* <http://factsreports.revues.org/1941>.
- Fowler, R. and Mooney, P. 1990. *Shattering: food, politics and the loss of genetic diversity*. University of Arizona Press. Tucson. 278 p.
- Fowler, R. and Rockström, J. 2001. Conservation tillage for sustainable agriculture-an agrarian revolution gathers momentum in Africa. *Soil Till. Res.* 61:93-107.
- Giller K. E.; Witter, E. Corbeels, M. and Tittonell, P. 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. *Field Crops Res.* 114:23-34.
- Hablethwaite, J.; Soza, R.; Faye, A. and Hutchinson, N. 1996. Do-till and reduced tillage for improved crop production in sub-Saharan Africa. Achieving greater impact from research investments in Africa. *In: proceedings of the workshop developing African agriculture: achieving greater impact from research investments*. Addis Ababa, Ethiopia, September 26-30. 195-199 pp.
- Hobbs, P. R. 2007. Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? *J. Agric. Sci.* 145, 127-137.
- Hobbs, P. R.; Sayre, K. and Gupta, R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B12.* 363-555 pp.
- Kassam, A.; Friedrich, T.; Shaxson, F. and Pretty, J. 2009. The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *Int. J. Agric. Sust.* 7(4):292-320.
- Lal, R. 1998. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Crit. Rev. Plant Sci.* 17:319-464.
- Lindwall, C. W. and Sontag, B. 2010. *Landscape transformed: the history of conservation tillage and direct seeding, knowledge impact in society*, Saskatoon, University of Saskatchewan. 219 p.
- Liu, B. Y.; Nearing, M. A. Shi, P. J. and Jia, Z. W. 2000. Slope length effects on soils for steep slopes. *S.S.S.A.J.* 64(5):1759-1763.
- Matsuoka, Y.; Vigouroux, M. M.; Goodman, J.; Sanchez, G.; Buckler, E. and Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99:6080-6084.
- Pengue, W. A. 2014. Comunicación personal. Grupo de ecología de paisajes y medio ambiente. Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo. Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria wapengue@ungs.edu.ar.
- Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363:447-465.
- Roose, E. and Barthes, B. 2001. Organic matter management for soil conservation and productivity restoration in Africa: a contribution from Francophone research. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 61:159-170.
- Saturnino, H. N. and Landers, J. N. 2002. The environment and zero tillage, APDC-FAO, Brasilia, Brazil, UDC. 139 p.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- Steiner, K.; Derpsch, K. and Koller, K. 1998. Sustainable management of soil resources through zero tillage. *Agric. Rural Dev.* 5:64-65.
- Turrent, F. A. 1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Chapingo, México. 165 p.
- Turrent, A.; Wise, T. and Garvey, E. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz en México. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Mexican Rural Development Research Reports. Reporte 24. 36 p. <http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/wp/12-03TurrentMexMaize.pdf>.
- Wall, P.C. 2007. Tailoring conservation agriculture to the needs of small farmers in developing countries: an analysis of issues. Haworth Press Inc. <http://jcrip.haworthpress.com>.