
Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico

M. A. Damián-Huato^{1*}, B. Ramírez-Valverde², A. Aragón-García¹, M. Huerta-Lara¹, D. M. de J. Sangerman-Jarquin³, O Romero-Arenas⁴

¹ Departamento de Agroecología y Ambiente, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad, Autónoma de Puebla, Edificio 76 Complejo de Ciencias, Ciudad Universitaria, 72570 Puebla, México

² Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Km. 125.5, carretera Federal México-Puebla, 72760, Puebla, México INRA-AgroParisTech,

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental 'Valle de México', Km. 18.5 carretera Los Reyes-Lechería C. P. 56230 Chapingo, Texcoco, Estado de México.

⁴ Escuela de Ingeniería Agroforestal, BUAP, Tetela de Ocampo, Puebla.

Handling of maize in the state of Tlaxcala, Mexico: between the conventional and the agroecological.

Abstract

From an economic, social, cultural and dietary viewpoint, maize is the most important crop in Mexico. There are two contrasting ways to grow it. The first one is the conventional or commercial way and the second, is the traditional peasant way. In this paper, we studied the impact that two different techniques of cultivation have on the maize growers in the state of Tlaxcala. Results show that 20.8% of the people surveyed employed the traditional peasant way and that this was more efficient than the growers that employed "modern techniques". These results are due to the fact that traditional peasant methods maximize the productivity of their scarce resources. As an added benefit, these growers produce environmental benefit.

Key words: cultivation technique, conventional agricultural method, agroecological method, agroecology, appropriation of agricultural technology.

Resumen

El maíz es el cultivo más importante de México desde el punto de vista alimentario, económico y sociocultural. Destacan dos tipos contrastantes para la producción de maíz; el primero concierne a la agricultura convencional o comercial y el segundo a la agricultura campesina. En este trabajo se estudió el impacto que tienen estas dos formas de manejo en la productividad del maíz entre productores del estado de Tlaxcala. Los resultados muestran que 20.8% de los entrevistados emplearon tecnologías campesinas en el manejo del maíz, siendo más eficientes que las de los productores que usaron las "tecnologías modernas". Estos resultados muestran que la agricultura tradicional mejoran la productividad de los escasos recursos empleados por los maiceros. Además, estos productores prestan beneficios ambientales a la humanidad.

Palabras clave: manejo del cultivo, manejo convencional, manejo agroecológico, agroecología, apropiación de tecnología agrícola.

*Autor de correspondencia
Email: damianhuato@hotmail.com

Introducción

El manejo de cultivo comprende todas las prácticas culturales (preparación de la tierra, selección de semillas, siembra, limpia y fertilización) y otras actividades que pueden determinar directa o indirectamente los rendimientos. Considerando la tierra y sus factores limitantes, así como el potencial genético del cultivo, el manejo es, en última instancia, el factor determinante de la producción (Ponce, 1998). Para Damián *et al.* (2007), el manejo de cultivo incluye dos aspectos: a) las prácticas agrícolas (preparación del suelo, fecha de siembra, labores de cultivo, fertilización, densidad de siembra, combate de plagas y enfermedades, etcétera) que el productor lleva a cabo durante el ciclo del cultivo, y b) la forma como los agricultores combinan los factores de la producción (tierra, tecnología y trabajo) en cada una de las prácticas, que a su vez está asociado con la disponibilidad que tenga el productor a estos factores, lo cual depende de su capacidad de compra.

De este modo, el manejo y rendimientos de los cultivos están condicionados por la interacción de múltiples factores que pueden ser: 1) directos, referidos a las prácticas o técnicas de producción (modificables) y las características del suelo y clima (no modificables), y 2) indirectos, destacando los programas institucionales de fomento agrícola; el tipo de propiedad, tamaño y ubicación de la parcela; la estructura económica y demográfica de la región; las estrategias de reproducción social y los ingresos de los productores.

En México coexisten dos modelos tecnológicos contrastantes para la siembra del maíz: el convencional o comercial y el campesino o agroecológico. El primero se caracteriza porque la tecnología utilizada responde a las condiciones de la agricultura comercial sustentada en el empleo de insumos agrícolas. Esta tecnología en México, ha sido generada y recomendada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP); por este motivo, en esta investigación el manejo convencional se define como el empleo adecuado de tecnologías generadas y recomendadas por el INIFAP.

En cambio, el manejo agroecológico deriva del conocimiento campesino. Se refiere a las innovaciones y prácticas de comunidades indígenas aplicados en campos como la agricultura, industria pesca, salud, horticultura y silvicultura, artes,

música, literatura y arquitectura (Senado de la Republica, 2005). El conocimiento tradicional se crea y recrea en el tiempo como síntesis de las cualidades físicas intrínsecas de una localidad y de una visión socialmente construida de los mejores métodos de gestión de los recursos (Van der Ploeg y Long, 1994). Para el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2005), el conocimiento tradicional se refiere al conocimiento, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales de todo el mundo. Asimismo, representa un proceso acumulativo de conocimiento sobre el medio y de técnicas de producción propias (Senent, 2004). El conocimiento tradicional, indígena, rural o etnociencia, se han usado en forma intercambiable para describir el sistema de conocimiento de un grupo étnico rural que se ha originado local y naturalmente (Altieri, 1991).

El uso contemporáneo del término agroecología data de los años setenta del siglo pasado, pero la ciencia y práctica de la agroecología son tan antiguas como los orígenes de la agricultura (Hecht, 1999). Por esta razón, el manejo agroecológico se circunscribe al empleo de tecnologías campesinas, las cuales no se encuentran incluidas dentro del paquete tecnológico del INIFAP.

Es importante señalar que en la evolución de la agricultura campesina en México ha incorporado innovaciones derivadas de la "Revolución Verde". De este modo, en el manejo del maíz interactúan ambos modelos tecnológicos, sobre todo en aquellas regiones donde predomina la agricultura de temporal.

El interés de este trabajo se centró en la búsqueda de respuestas a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las tecnologías convencionales y agroecológicas que utilizan los productores del estado de Tlaxcala en el manejo del maíz? ¿Cuántos productores de maíz manejan de forma convencional y agroecológica el maíz? ¿Qué impacto tienen estas tecnologías en el mejoramiento de la productividad del maíz?

Material y Métodos

Marco geográfico de referencia

El estudio se realizó en el estado de Tlaxcala, situado entre los 97°37'07" y 98°42'51" de longitud oeste y los 19°05'43" y 19°44'07" de latitud norte. Limita al sur, este y norte con el

estado de Puebla; al noroeste con Hidalgo; y al poniente con el estado de México. Tiene una área de 4 060 km² donde habitan 1 068 207 personas, 78.2% considerada urbana, 21.8% rural. El 2.2% de la población es considerada indígena. La entidad se encuentra entre los 2 200 y 4 400 msnm, posee clima templado-húmedo y una precipitación media anual de 711 mm; los suelos predominantes son los cambisoles y feozems que cubren, respectivamente, 75.4 y 22% del territorio Tlaxcalteca. La economía del estado gira en torno a los sectores secundario y terciario, los cuales absorbieron 81.8% de la población ocupada y generaron 93.4% del Producto Interno Bruto (PIB) estatal (INEGI, 2007). Por su índice de marginación el estado Tlaxcala está considerado con grado de marginación medio (CONAPO, 2001).

El área agrícola del estado es de 239, 558 hectáreas, 88.2% de temporal y 11.8% de riego, donde se siembran 49 cultivos destacando el maíz ya que cubre el 48 del total de la superficie total cultivada en el estado (SIAP, 2009).

Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación empleadas en esta investigación fueron cuatro:

La encuesta. Consistió en un cuestionario con 125 preguntas de tipo cerrado mediante el cual se recolectó y sistematizó la mayor parte de los datos usados en la investigación (Damián *et al.*, 2007).

El muestreo. La encuesta se aplicó a una muestra representativa estimada mediante el muestreo simple aleatorio, con distribución proporcional al número de productores por municipio y localidad. El marco de muestreo fueron los 94,963 productores de maíz registrados en el Programa Directo de Apoyo al Campo (PROCAMPO) del estado de Tlaxcala. La selección de las unidades de muestreo (productores) se realizó al azar una a una y sin reemplazo. Para evitar que un productor apareciera más de una vez en la muestra, se depuró la lista original que aportó la oficina de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. El marco de muestreo resultante fue de 43 274 agricultores.

Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la siguiente expresión matemática (Gómez, 1977):

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}{Nd^2 + Z_{\alpha/2}^2 S_n^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población (43,274 productores).

d= Precisión: 20 kg

Z_{α/2}= Valor de Z en la tabla de la distribución normal estándar para una confiabilidad del 95%.

S_n²= 438.44 estimada con datos de un muestreo preliminar

El tamaño de la muestra calculada fue de 1770 productores, la cual se amplió a 1884 por la posible cancelación de algunas entrevistas y para eliminar los cuestionarios inconsistentes.

El índice de apropiación de tecnología agrícola (IATA). Con parte de los datos acopiados por medio de la encuesta se cuantificó el IATA para conocer el grado con que los productores manejaron adecuadamente el paquete tecnológico recomendado por el INIFAP. El cálculo del IATA se realizó con el siguiente procedimiento: a) se contrastaron las recomendaciones del INIFAP, para cada una de las actividades del cultivo del maíz, con las que aplica el productor, b) se asignó un valor nominal al paquete tecnológico de 100 unidades y se ponderó¹ con base en el impacto de cada componente sobre la productividad del maíz: 10 para fecha de siembra, 20 para variedad, 5 para distancia entre surcos, 5 para distancia entre matas, 5 para número de plantas por mata, 25 y 5 para dosis de fertilización y fecha de aplicación del fertilizante, 6 y 4 para tipo y dosis de herbicida, 6 y 4 para tipo y dosis de insecticida y 5 para combate de enfermedades, c) cada uno de los valores ponderados se dividió entre dos: el primer cociente correspondió al uso de la recomendación y el segundo a su manejo adecuado. Por ejemplo, si un productor usó el híbrido recomendado por el INIFAP se le asignaron 20 unidades; si utilizó otro híbrido mejorado no considerado en el paquete tecnológico, 10 unidades y si no empleó material híbrido se calificó con cero. Con lo anterior, el valor del IATA varió entre cero y 100 unidades. Para calcular el IATA se utilizó la expresión matemática elaborada por Damián *et al.* (2007).

$$IATA = \left[\sum_{i=1}^k (p_i)(SPA_i/PTA_i) \right]$$

¹ La ponderación fue realizada por los Drs. Ricardo Mendoza, Abel Gil Muñoz y el M.C. Ernesto Aceves, investigadores del Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Los tres son especialistas con más tres décadas de experiencia en el manejo del maíz.

Donde:

IATA= Índice de Apropiación de Tecnología Agrícola.

k = Número de componentes del paquete tecnológico recomendado por el INIFAP

p_i = Ponderación otorgada al i-ésimo componente de recomendación

Donde:

$\sum_{i=1}^k p_i = 100$; $i = 1, 2, \dots, k$

SPA_i = Sistema productivo agrícola para el i-ésimo componente de recomendación; $i = 1, 2, \dots, k$

PTA_i = Paquete tecnológico agrícola para el i-ésimo componente de recomendación; $i = 1, 2, \dots, k$

(SPA_i/PTA_i) = Proporción de tecnología empleada, que puede tomar valores de cero, para la no apropiación de la tecnología recomendada por el INIFAP; uno, para el uso adecuado de la tecnología y 0.5 para el uso inadecuado del componente tecnológico.

La tipología de productores. La agrupación de los maiceros se hizo en función de la tecnología que usaron para el manejo del maíz, clasificándose en agroecológicos (A) para los que aplicaron todas las tecnologías campesinas, y algunas tecnologías convencionales; y no agroecológicos (NA) para los que utilizaron tecnologías convencionales y algunas tecnologías campesinas.

Análisis estadístico. Con este fin, se utilizó básicamente estadística descriptiva y para la comparación de la variable rendimientos entre los dos tipos de productores, se empleó la prueba de t

con un nivel de significancia de 0.01.

Resultados y discusión

Manejo convencional y agroecológico del maíz

Datos de la encuesta exponen que en el manejo del maíz en el estado de Tlaxcala interaccionan tecnologías convencionales y agroecológicas, ya que del total de maiceros encuestados 392 (20.8%) son considerados A y 1492 (79.2%) NA.

Manejo convencional del maíz

Las tecnologías convencionales utilizadas en el manejo del maíz se encuentran sistematizadas en un paquete tecnológico que incluye 10 actividades, el cual se puede consultar en el Programa Rector de Desarrollo Agropecuario del estado de Tlaxcala 1999-2005 (INIFAP, 1999).

En la tabla 1 se expone el empleo de tecnologías convencionales por parte de los productores A y NA.

Estos datos muestran que: a) el uso de insumos agrícolas, sobre todo fertilizantes y herbicidas, es común entre ambos tipos de productores; b) el uso de materiales híbridos no es usual entre los maiceros Tlaxcaltecos, y c) los productores A emplearon ligeramente mayores cantidades de herbicidas e insecticidas y los NA usaron mayores cantidades de fertilizantes.

Manejo agroecológico del maíz

Dentro del manejo agroecológico del maíz resaltan las semillas criollas, la rotación y asociación de

Tabla 1. Empleo de tecnologías convencionales e índice de apropiación de tecnología agrícola, por productores A y NA del estado de Tlaxcala, México.

Actividad	Empleo del PT INIFAP				Total	
	Agroecológicos		No agroecológicos		Núm.	%*
	Núm.	%*	Núm.	%*		
Fecha siembra	392	100	1492	100	1884	100
Semilla mejorada	0	0	147	10	147	8
Densidad plantas**	392	100	1492	100	1884	100
Tipo herbicida	225	57	840	56	1065	57
Dosis herbicida	225	57	840	56	1065	57
Dosis fertilización	318	81	1281	86	1599	85
FAF***	318	81	1281	86	1599	85
Tipo insecticida	97	25	288	19	385	20
Dosis insecticida	97	25	288	19	385	20
Fungicida****	0	0	147	10	147	8

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta, 2002.

PT = paquete tecnológico; * porcentaje se encuentra en relación al número total de productores incluidos en cada tipología; ** comprende distancia entre surcos y matas, así como el número de semillas sembradas por mata; *** FAF = Fecha de aplicación de fertilizante; **** los datos del empleo de fungicidas es idéntico al de semilla mejorada porque según el INIFAP (1999 *op. cit.*), el uso de ésta previene el ataque de enfermedades.

cultivos, la conservación de suelos y el estiércol (Tabla 2). Estos datos exhiben: *a*) la relevancia de las tecnologías campesinas en Tlaxcala que no se caracteriza, como ya se vio, por la presencia de grupos étnicos ni por su marginación social; *b*) la supremacía de las tecnologías campesinas en el manejo del maíz por productores A y NA, sobre todo el empleo de materiales criollos y rotación de cultivos, y *c*) una pérdida de las tecnologías campesinas de los maiceros NA, acentuado en policultivos y técnicas de conservación de suelos.

La preponderancia que tiene el manejo agroecológico del maíz se debe a factores de índole económicos, sociales, culturales y esencialmente, agroecológicos. Por ejemplo, el amplio uso de materiales criollos se debe: *a*) a su bajo costo y facilidad que tiene el productor para conseguirlos, y *b*) a que para la elaboración de tortillas se prefiere el empleo de semillas criollas, ya que esto les garantiza a las familias que se trata de maíz nuevo, el cual posee buen sabor, olor y buena calidad (Álvarez *et al.*, 2004). Estos motivos explican porque la mayor parte del maíz en Tlaxcala se utiliza para el autoconsumo ya que, datos de la encuesta, nos indican que sólo 2.1% de la cosecha se destina íntegramente al mercado. Asimismo, los materiales criollos poseen una adaptación milenaria a los ecosistemas y eso les brinda cierta superioridad productiva respecto a las semillas híbridas cuando ambas son cultivadas en condiciones adversas o de temporal. Igualmente, la semilla criolla es la base de la producción de la ganadería ya que su alto porte provee de mayores cantidades de rastrojo, el cual es empleado como forraje para sostener a las distintas especies de ganado que poseen los maiceros.

Sin embargo, el predominio de las tecnologías

campesinas en el manejo del maíz, tal vez se explique porque promueven interacciones agroecológicas las cuales mejoran la productividad de los escasos recursos empleados por los maiceros. El manejo agroecológico del maíz enfatiza un enfoque de ingeniería ecológica que ensambla los componentes del agroecosistema (cultivos, animales, árboles, suelos), de manera que las interacciones temporales y espaciales entre estos componentes se traduzcan en rendimientos derivados de fuentes internas, reciclaje de nutrientes y materia orgánica, así como de relaciones tróficas entre plantas, insectos, patógenos, etcétera (Altieri y Nicholls, 2007).

Los policultivos, cultivos asociados o múltiples, maximizan las interacciones agroecológicas, ya que el agrupamiento de plantas con distinta eficiencia energética, hábitos de crecimiento y estructuras radiculares, emplean de forma más eficiente la energía solar, nutrientes y agua (Altieri, *op. cit.*). También la asociación maíz-frijol-calabaza potencia la relación agua-suelo-planta-ambiente, ya que el frijol fija nitrógeno atmosférico que es aprovechado por el maíz; la calabaza con su amplio follaje y hábito rastrero protege al suelo de la erosión e impide el crecimiento de malezas y la evaporación del agua (Rojas *et al.*, 2000).

La rotación de cultivos mejora, por un lado, las propiedades de los suelos ya que lo preparan desde el punto de vista microbiológico y retiene más humedad y nutrientes; y, por otra parte, rompen el ciclo biológico de las plagas, con lo cual se aporta nutrientes y una mayor sanidad al suelo (Mendoza, 2004). Del mismo modo, reduce los problemas de malezas, plagas y enfermedades. Aumentan los niveles de nitrógeno disponible en el suelo, reducen la necesidad de fertilizantes sintéticos y, junto con

Tabla 2. Tecnologías campesinas empleadas por los productores agroecológicos y no agroecológicos del estado de Tlaxcala, México.

Tecnología campesina	Agroecológicos		No agroecológicos		Total	
	Número	%	Número	%	Número	%*
Semilla criolla	392	23	1345	77	1737	92
Policultivos	392	32	833	68	1225	65
Rotación cultivos	392	28	1031	72	1423	76
Conservación suelos	392	33	804	67	1196	63
Aplicación estiércol	392	31	859	69	1251	66

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta, 2002.

* Porcentaje se encuentra en relación al número total de productores.

las prácticas de labranza conservadoras del suelo, reducen la erosión edáfica (Altieri y Nicholls, 2000). Asimismo, la rotación de cultivos es el sistema de manejo más adecuado para mantener la sustentabilidad de un agrosistema ya que evitan el agotamiento del suelo; se produce una mejor gestión de los recursos hídricos del suelo; permiten gestionar la humedad y temperatura del suelo para descomponer los residuos orgánicos incorporados; aumenta la solubilización de reservas; disminuyen el riesgo de parásitos y enfermedades, y mejoran el control de malas hierbas (Lacasta, 2003).

La conservación de suelos evita la pérdida de nutrientes que son fundamentales para mejorar las capacidades productivas de los suelos agrícolas. Además, las distintas técnicas de conservación de suelos (bordos, zanjas, terrazas) son importantes hábitats naturales de la biodiversidad, la cual garantiza una mayor polinización de las plantas, regula la proliferación de plagas, enfermedades y malezas, mejora el reciclaje de nutrientes y energía. Por estos motivos, los sistemas agrícolas biodiversos, tienden a tener una mayor productividad total (Altieri, 1992).

Por último, el uso de estiércol es un indicador clave de la calidad del suelo ya que provee nutrientes, mejora la estructura y textura del suelo, aumenta la

aireación, penetración y retención de agua, estimula el desarrollo de microorganismos benéficos para la planta y es esencial para capturar carbono (Robert, 2002).

Manejo convencional y agroecológico del maíz y productividad

En la tabla 3 se contrastan los rendimientos por hectárea de los productores A y NA, observándose que cuando el maíz se manejó de forma agroecológica fue más eficiente que cuando se utilizó convencionalmente ($t = 4.032$; $p < .001$). En estas cifras también se nota que los productores NA presentan diferencia estadística ($t = -4.650$; $p < .001$), respecto al IATA con relación a los productores campesinos.

Posiblemente los mayores rendimientos por hectárea de los productores A, se deba a que aprovechan de forma gratuita las interacciones agroecológicas que se derivan de esta forma de manejo del maíz. Esta hipótesis posee mayor sentido si se compara la productividad de los maiceros A cuando emplean tecnología convencional (Tabla 4), donde se nota que en todos los casos, los productores A lograron mayores rendimientos por hectárea que los maiceros NA, aun cuando éstos poseen mayor apropiación de tecnología.

Tabla 3. Número de productores, rendimiento por hectárea e índice de apropiación de tecnología agrícola de los productores de maíz del estado de Tlaxcala, México con y sin manejo agroecológico.

Características	Agroecológicos		No agroecológicos		Estado
	Núm.	%	Núm.	%	
Productores	392	20.8%	1492	79.2%	1884
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	1920.4		1820.5		1841.3
IATA	30.5		33.3		32.7

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta, 2002.

Tabla 4. Empleo de tecnologías recomendadas por el INIFAP por productores con manejo agroecológico y sin manejo agroecológico del maíz del estado de Tlaxcala, México.

Empleo de:	Agroecológicos		No agroecológicos		Estado	
	Rend.	IATA	Rend.	IATA	Rend.	IATA
Híbridos	0	0	2018	53.2	2018	53.2
Herbicida	1931	34.2	1862	37.4	1876	36.7
Fertilizante	1908	33.9	1816	35.9	1835	35.5
Insecticida	1961	35.1	1927	39.6	1936	38.5

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta, 2002.

En cuanto al comportamiento de los maiceros NA, en apariencia es más complejo cuando utilizaron tecnologías campesinas y cuando no la emplearon (Tabla 5). En estos datos se nota, primero, una mayor eficiencia productiva de los materiales híbridos respecto a los criollos ya que los primeros consiguieron, en promedio, 219 kg ha⁻¹. Pero, estos rendimientos se consiguieron utilizando casi el doble de insumos agrícolas. Como dicen Borlaug y Dowswell (2005), las variedades mejoradas solamente logran cosechas superiores sobre las criollas si se producen ciertos cambios en el manejo de los cultivos (riego y fertilización), los cuales ocasionan otras modificaciones que deben ser aplicados si se quiere potenciar la capacidad productiva de las variedades modernas. Así, una mayor fertilidad del suelo y mayor disponibilidad de humedad para los cultivos, también mejoran la ecología para las malezas, plagas y enfermedades. De este modo, se tienen que introducir mejoras complementarias para combatir malezas, insectos y enfermedades, a fin de conseguir el máximo beneficio.

En segundo lugar, hay una mayor productividad de los productores que no usaron cultivos asociados, respecto a los que los emplearon. Hay que anotar, sin embargo, que los rendimientos de los productores que efectuaron asociación de cultivos no incluyen el de las plantas asociadas con maíz.

En tercer término, se presenta una mayor eficiencia productiva y uso de tecnología entre productores NA que emplearon rotación de cultivos respecto a los que no la incluyeron en el manejo del maíz. La rotación de cultivos está relacionado directamente con el tamaño de la superficie de la parcela ya que los maiceros NA que alternaron cultivos poseen en promedio 2.52 hectáreas y los que no rotaron

detentan 1.52. Probablemente las unidades de producción más grandes favorecen un mayor nivel de especialización en cultivos simples y uso de tecnología; en cambio, los productores con parcelas más pequeñas favorecen la siembra de cultivos múltiples como una forma de enfrentar mayores riesgos y aprovechar las sinergias que se dan entre los cultivos asociados (Mendoza, *op. cit.*).

En cuarto lugar, no se notan diferencias en los rendimientos entre maiceros que emplearon técnicas de conservación de suelos respecto a los que no las usaron, pero si un mayor uso de tecnología en el primer tipo de productores. Es posible que esto se deba a que estos maiceros poseen parcelas con características edáficas restrictivas (fuertes pendientes, elevados grados de erosión), lo cual les exige aplicar alguna técnica de conservación de suelos. Una forma de mantener o elevar los rendimientos de estas parcelas, es mediante el empleo de más fertilizante, lo que eleva el empleo de insumos y, por ende, el IATA.

Finalmente en los datos del tabla 5 se notan mayores rendimientos por hectárea de productores que aplicaron estiércol a su parcela, respecto a los que no lo utilizaron, debido a las ventajas que ya se mencionaron con anterioridad.

Al contrastar los rendimientos por hectárea entre productores A y NA al parecer la ventaja es para los primeros. Sin embargo, la noción de la productividad no se puede reducir a la rentabilidad económica de la agricultura cuantificada mediante los rendimientos por hectárea. Más bien la productividad abarca la totalidad de productos, servicios y externalidades creados por la actividad agrícola, los cuales tienen un impacto directo o indirecto sobre la economía y sociedad en su conjunto. Esta totalidad de productos no son

Tabla 5. Número, rendimiento (kg ha⁻¹) e índice de apropiación de tecnología de productores NA que emplearon o no, tecnologías campesinas.

Empleo de:	ETC		No ETC		Estado	
	Rend.	IATA	Rend.	IATA	Rend.	IATA
Semilla criolla	1799	31.1	2018	53.2	1826	31.0
Policultivos	1783	33.0	1868	33.6	1827	32.2
Rot. cultivos	1860	34.5	1752	30.5	1870	33.4
Cons. suelos	1818	33.8	1823	32.7	1852	32.7
Estiércol	1899	33.0	1715	33.7	1905	32.2

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta, 2002; ETC = emplearon tecnologías campesinas; No ETC = no emplearon tecnologías campesinas.

reguladas por el mercado, en particular aquellas que tienen una incidencia social o ambiental (Bonnal *et al.*, 2003). La agricultura tiene importantes funciones ambientales, económicas y sociales, además de su labor primaria de producir alimentos y de contribuir a la seguridad alimentaria (FAO, 2000; Pérez, 2004; Gómez *et al.*, 2007).

En este trabajo sólo se pretende resaltar los servicios ambientales que prestan los productores A del maíz en oposición a los NA. Como se sabe, la agricultura *per se* implica un proceso de transformación del paisaje, cambios en el flujo energético, homogeneización de especies y desplazamiento o pérdida de la biodiversidad. La agricultura moderna ha multiplicado estos impactos negativos sobre el ambiente y sociedad. La deforestación, la pérdida estructural del suelo, la exportación de nutrientes, la salinización, la contaminación con fertilizantes y plaguicidas, se cuentan entre los impactos negativos de la "Revolución Verde" (Pengue, 2005). El abuso en el empleo de agroquímicos, ha contribuido con 14% del calentamiento del planeta (Informe Stern, 2007). En México, la participación del sector agropecuario en las emisiones de CO₂ ha sido estimada en cerca de 30.6% del total (Etchevers, 2002).

Con el manejo agroecológico el maicero obtiene gratuitamente nitrógeno, mientras que el manejo convencional adiciona grandes cantidades de nutrientes². Asimismo, potencia interacciones agroecológicas que mejoran los rendimientos por hectárea y, además, tiene la propiedad de capturar carbono. En un estudio realizado por Etchevers *et al.*, (2001) en tres regiones del estado de Oaxaca con sistemas forestales y agrícolas campesinos, los autores encontraron que los sistemas agrícolas tradicionales acumulan, en general, tanto carbono como los sistemas forestales. Como se sabe, uno de los elementos principales que ocasionan el calentamiento global es la alta concentración de CO₂ que hay en la atmósfera.

A pesar de las evidentes ventajas que poseen las tecnologías campesinas, el paquete tecnológico del INIFAP no las incluye. Esta situación se explica porque la mayoría de tecnologías campesinas no participan en la valorización del capital y es justamente esta función la que condiciona la aplicación de los descubrimientos en el capitalismo

² La dosis de fertilizantes recomendada por el INIFAP fluctúa entre los 100-60-00 y 180-60-45.

Katz (1997). Este no es el caso de las tecnologías modernas que se encuentran totalmente articuladas a la reproducción del capital.

Conclusiones

Los resultados de la investigación muestran que en el manejo del maíz en el estado de Tlaxcala es esencial el empleo de tecnologías campesinas las cuales, en las condiciones de los productores estudiados, resultaron ser más productivas que las tecnologías basadas en el uso de insumos modernos que aceleran el deterioro de los recursos humanos y naturales. El INIFAP es el encargado de generar y recomendar esta tecnología; sin embargo, se encontró que la mayoría de los productores no asume adecuadamente las recomendaciones hechas por el INIFAP. Se ha demostrado que la tecnología campesina se ha generado en una relación armónica entre el hombre y la naturaleza a través del tiempo, y por esta razón inducen interacciones agronómicas las cuales mejoran la productividad de los escasos recursos empleados por los maiceros. Asimismo, promueven el reciclaje de nutrientes, la biodiversidad, y la relación agricultura-ganadería. Finalmente, otras investigaciones han demostrado que los sistemas agrícolas campesinos sirven como sumidores de carbono, amortiguando el calentamiento del globo terráqueo.

Agradecimientos

Al Sistema de Investigación Zaragoza-CONACYT y a al Sr. Melquíades Pérez González, diputado de la LXVII legislatura del estado de Tlaxcala por el financiamiento otorgado para efectuar la investigación.

Bibliografía

- Altieri M. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?, en Agroecosistemas. Agroecología y desarrollo, revista de CLADES, núm. especial 11/12, noviembre, <http://www.clades.cl/revistas/1112/rev1112.htm>, Santiago de Chile, pp. 16-24.
- Altieri M. A. 1992. El Rol Ecológico de la Biodiversidad, en Agroecosistemas. Agroecología y desarrollo, revista de CLADES, núm. 4, diciembre, <http://www.clades.cl/revistas/4/rev4.htm>, Santiago de Chile, pp. 2-11.
- Altieri M. y C. I. Nicholls. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable, Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, primera edición. ISBN 968-7913-04-X, México, pp. 13-44.

- Altieri M. y C. I. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación, revista *Ecosistemas*, Asociación Española de Ecología Terrestre, volumen 16, Núm. ISBN 1697-2473, Barcelona, España, pp. 3-12.
- Álvarez Calderón, N. M., A. Gil, M. Aliphath, B. Ramírez y A. Santacruz. 2004. El maíz criollo en los alimentos típicos de la región Iztacihuatl-Popocatepetl, Puebla. Ponencia presentada en el 2 encuentro de Investigación y transferencia de tecnología agropecuaria y agroindustrial en el estado de Puebla, México, p. 54.
- Bonnal, P., P.M. Bosc, J.M. Díaz y B. Losch. 2003. Multifuncionalidad de la agricultura y Nueva Ruralidad ¿Reestructuración de las políticas públicas a la hora de la globalización?, Seminario Internacional El Mundo Rural: Transformaciones y Perspectivas a la luz de la Nueva Ruralidad. Universidad Javeriana, CLACSO, REDCAPA, [www.ftierra.org/ftierra1104/Docstrabajo/024.pdf, 12 de noviembre de 2008], Bogotá, Colombia, 23p.
- Borlaug N. y Ch. Dowsnell. 2005. La Inacabada Revolución Verde. El Futuro Rol de la Ciencia y la Tecnología en la Alimentación del Mundo en Desarrollo. Agbioworld, [http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/spanish/desarrollo.html, 21 de octubre de 2007], Alabama, USA, p. 2.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2001. Índices de Marginación 2000. Grupo S. M. Impreso, México. ISBN: 970-628-537-7, México, p. 19.
- Convention on Biological Diversity (CBD). 2000. Sustaining life on Earth. How the Convention on Biological Diversity promotes nature and human well-being. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and the United Nations Environment Programme (UNEP). ISBN 92-807-1904-1, Montreal, Quebec Canada, p. 12.
- Damián Huato, M. A., B. Ramírez, F. Parra, J. A. Paredes, A. Gil, J. F. López y A. Cruz. 2007. Apropiación de tecnología y territorio: el caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala, México”, *Boletín Investigaciones Geográficas*” Número 63, UNAM, México, ISSN 0188-4611, pp. 36-55.
- Etchevers B. J. D., M. Acosta, C. Monreal, K. Quednow y L. Jiménez. 2001. Los stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México. [http://www.iufro.org/publications/series/world-series/worldseries-13/, 17 de septiembre de 2007], México.
- Etchevers B. J. D. 2002. Metodología de la medición de la captura de carbono. Proyecto Manejo Sustentable de Laderas (PMSL). Colegio de Postgraduados, Montecillo, IUFRO Research Series, volumen 13, [http://www.iufro.org/publications/series/world-series/worldseries-13/, 17 de septiembre de 2007], Viena, Austria, p. 1.
- Gliessman S.R. F.J. Rosado-May, C. Guadarrama-Zugasti, J. Jedlicka, A. Cohn, V.E. Mendez, R. Cohen, L. Trujillo, C. Bacon, R. Jaffe. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad, revista *Ecosistemas*, Asociación Española de Ecología Terrestre, *Ecosistemas* 16 (1): 13-23. ISBN 1697-2473, Barcelona, España.
- Gómez-Aguilar J. R. 1977). Introducción al muestreo, *Tesis de Maestría*, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, pp. 43-93.
- Gómez Limón, J. A., E. Moyano; E. Vera y F. Garrido. 2007. Actitudes y percepciones sociales sobre la multifuncionalidad agraria: el caso de Andalucía, revista de Estudios Regionales, Núm. 80, septiembre-diciembre, Andalucía España, pp. 71-101.
- Hecht, S. 1999. La evolución del pensamiento agroecológico. En Altieri, M. A., Susanna Hecht, Matt Liebman, Fred Magdoff, Richard Norgaard, y Thomas O. Sikor. 1999. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*, Editorial Nordan-Comunidad. ISBN: 9974-42-052-0, Uruguay, Montevideo p. 15.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y Gobierno del Estado de Tlaxcala. 2007. Anuario estadístico de Tlaxcala, [http://www.inegi.gob.mx, 28 de enero de 2008], México.
- Informe Stern. 2007. Stern Review: la economía del cambio climático. HM Treasury Stern Review, Department for Environment, Food and Rural Affairs, [http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange 15 de octubre de 2007], Londres, Inglaterra. p. 5.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1999. Programa Rector de Desarrollo Agropecuario 1999-2005, Base de Datos de Tecnología Agropecuaria del estado de Tlaxcala, [CD-ROM], México.
- Katz C. 1997. Discusiones Marxistas sobre tecnología. *Revista Razón y Revolución* Número 3, Centro de Estudios e Investigaciones en Ciencias Sociales, [http://www.razonyrevolucion.org.ar/ revista.html, 25 de marzo de 2007], Buenos Aires, Argentina.
- Lacasta, C. 2003. Alternativas al uso de herbicidas, *Fundamentos de Agricultura Ecológica*, Colección Ciencia y Técnica n° 41, Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha, España, pp. 175-193.
- Mendoza R. 2004. Otras prácticas de cultivo de los productores de maíz: diversificación, rotación de cultivos y técnicas de conservación de suelos. En Damián Huato, M. A., Benito Ramírez, Abel Gil, Nicolás Gutiérrez, Agustín Aragón, Ricardo Mendoza, Juan C. Paredes, Tania Damián y Ángel Almazán. 2004. *Apropiación de tecnología agrícola. Características técnicas y sociales de los productores de maíz de Tlaxcala*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, CONACYT-SIZA y H. Congreso del estado de Tlaxcala. ISSN 0188-4611, México, pp. 191-208.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. 22ª Conferencia regional de la FAO para Europa, Tema 9 del programa: carácter multifuncional de la agricultura y la tierra. [http://www.fao.org/docrep/meeting/X7073S.htm, 23 de enero de 2008], Oporto Portugal.
- Pengue W. 2005. Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. ¿La transgénesis de un continente? Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental Número 9, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, [http://www.gepama.com.ar, 3 de abril de 2007], Universidad de Buenos Aires, Argentina, p. 48.
- Pérez M. M. 2004. La iniciativa comunitaria LEADER en el marco teórico de la política agraria, *Revista Galega de Economía*, volumen 13, núm. 1-2. ISSN 1132-2799, Universidade de Santiago de Compostela, Galicia, España, pp. 1-23.
- Ponce R. 1998. Zonificación ecológica-económica: una Propuesta Metodológica para la Amazonia, *Tratado de Cooperación Amazónica*, Secretaría *pro tempore*, [http://www.fao.org/docrep/field/381313.htm, 30 de marzo de 2007]. Caracas, Venezuela, p. 22.
- Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (PNUMA), 2005. El conocimiento tradicional y el convenio

- sobre diversidad biológica, PNUMA, [<http://www.biodiv.org/doc/publication/8j-brouche-es.pdf>], 11 de mayo de 2007], Nairobi, Kenya.
- Robert M. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la Tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. ISBN 92-5-304690-2, Roma, Italia, p. 5.
- Rojas R. T. 1990. La agricultura en la época prehispánica. En Rojas, T., M. Romero, C. Rodríguez, G. Von Wobeser y T. Martínez. 1991. La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días, editorial Grijalbo y Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. ISBN Number 9700502716, México, pp. 15-138.
- Senado de la Republica. 2005. Dictamen de las Comisiones con Proyecto de Decreto que expide la Ley para el Acceso y Aprovechamiento de los Recursos Biológicos y Genéticos. Gaceta parlamentaria del Senado de la republica, Núm. 111, 27 de Abril, Segundo Periodo Ordinario, México, D. F.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, [<http://www.sagarpa.gob.mx>, 18 de noviembre de 2010], México, D. F.
- Senent de Frutos J. A. 2004. Sociedad del conocimiento, biotecnología y biodiversidad. *Hiléia: Revista de Direito Ambiental da Amazônia*. 2 (2). Edições Governo do Estado do Amazonas, Brasil, ISSN: 1679-931, pp. 115-144.
- Van der Ploeg, J.D., and Ann Long (eds.) 1994. *Styles of Farming: an Introductory Note on Concepts and Methodology*. En J.D. Van der Ploeg, A. Long (Eds), *Born from within. Practice and Perspectives of Endogenous Rural Development*, Edited by Jan Douwe van der Ploeg and Ann Long. Van Gorcum, Assen, the Netherlands, ISBN 90 232 2893 6, 298p.