



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

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

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN BOTÁNICA**

## **EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE MAÍZ EN SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA**

**Cristóbal Daniel Sánchez Sánchez**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

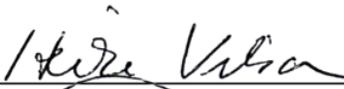
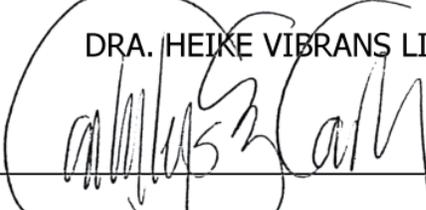
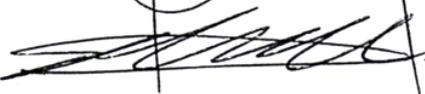
**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2015**

La presente tesis titulada: **Evaluación de los sistemas productivos de maíz en San Juan Ixtenco, Tlaxcala**, realizada por el alumno: **Cristóbal Daniel Sánchez Sánchez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO	 _____
	DRA. HEIKE VIBRANS LINDEMANN
ASESOR	 _____
	DR. CARLOS CASTILLEJOS CRUZ
ASESOR	 _____
	M. EN C. CECILIO MOTA CRUZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Febrero de 2015

# **EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE MAÍZ EN SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA**

Cristóbal Daniel Sánchez Sánchez

Colegio de Postgraduados, 2015.

Esta investigación evalúa los componentes del sistema productivo de maíz en una comunidad maicera de los Valles Altos de México, haciendo hincapié en las prácticas y tecnologías tradicionales persistentes. Esta región se encuentra inmersa en un cambio cultural y generacional. En San Juan Ixtenco, Tlaxcala, México se comparó la producción total (grano, zacate y arvenses útiles) de 26 terrenos de cultivo de maíz en diferentes ambientes ecológicos locales y bajo diferentes niveles de tecnificación. Los tres niveles de tecnificación o manejo se definieron por el tipo de maíz sembrado (nativo o híbrido) y la tecnología de labranza (yunta, tractor o maquinaria de precisión). Los ambientes ecológicos son niveles altitudinales reconocidos localmente (zona alta, zona media y zona baja del municipio). Se evaluaron los rendimientos de grano y zacate, así como la riqueza, cobertura y biogeografía de arvenses sobre superficies de 5 x 5 m en cada parcela. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento del grano de maíz por ambiente o manejo, pero sí un promedio mayor en parcelas manejadas con yunta/semillas nativas. Los maíces nativos rindieron 60% más zacate que los híbridos y son preferidos por los compradores. La riqueza de arvenses de los terrenos no varió con respecto a las tecnologías agrícolas empleadas pero sí lo hizo de acuerdo con el piso ecológico. En las zonas altas del municipio se registró un número significativamente mayor de especies en promedio. En los terrenos sembrados con yunta, las arvenses de origen mesoamericano fueron más abundantes. Las arvenses han dejado de ser aprovechadas en la región y especies útiles anteriormente frecuentes, escasearon en los campos, debido principalmente al uso de herbicidas y una menor integración de animales a las unidades de producción. El cultivo de maíces nativos conviene más a muchos productores de Ixtenco, considerando únicamente la producción total de biomasa útil. Sin embargo, la tecnología novedosa ahorra tiempo y esto conviene a productores cuyo valor de tiempo compensa los insumos más costosos y los rendimientos totales más bajos.

Palabras clave: Valles Altos, *Zea mays*, tecnificación, yunta, costo de oportunidad del tiempo, rendimiento total, arvenses.

# **MAIZE PRODUCTIVE SYSTEM EVALUATION IN SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA**

Cristóbal Daniel Sánchez Sánchez

Colegio de Postgraduados, 2015.

This study evaluates the components of the maize production system in a maize-growing community in the central highlands of Mexico, emphasizing persistent traditional practices and technology. The region is immersed in cultural and generational change. In San Juan Ixtenco, Tlaxcala, total production (grain, maize straw and useful weeds) was compared for 26 maize fields in three different environments and levels of modernization. The three levels of modernization or management were defined by the type of seed (landrace or hybrid) and the tillage technology (traction by animal, tractor or precision machinery). The three different environments were altitude levels recognized locally (upper, middle and lower zone of the municipality). Yields of grain and maize straw, species richness, coverage and biogeography of weeds were assessed on a plot of 5 x 5 m in each field. No significant differences were found in grain yield of maize between management types, but we observed an average higher yield in plots managed with animal traction/landrace seeds. The landrace maize yielded 60% more straw than the hybrids and was preferred by buyers. Weed species richness did not vary between management types, but by environmental type. The higher zone of the municipality had a significantly higher average number of species. Mesoamerican weeds were more abundant in fields with animal traction. The weeds are no longer widely used in the region and previously common useful species have become rare, mainly due to herbicide use, and a decrease of integration of animals in the farms. The cultivation of landrace maize is best for many producers in Ixtenco, considering only the total production of useful biomass. However, the new technology saves time and this should suit people whose value of time offsets the more expensive inputs and lower total yields.

**Key words:** Central highlands of Mexico, *Zea mays*, modernization, yunta, opportunity costs, total yields, weed.

Dedico esta tesis a mis padres: Clarisa y Julio

y a mis abuelos: Anita, Ramón, Lupe y Benjamín,

por todos sus sacrificios, sus enseñanzas y su amor.

Agradezco a:

Los millones de mexicanos y mexicanas que pagan impuestos, quienes, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y el Postgrado en Botánica del Colegio de Postgraduados, han financiado parte de mi formación.

La Dra. Heike, por haber dirigido esta investigación con tanto entusiasmo. Su labor botánica es una verdadera inspiración para mí. Al Dr. Carlos, por otro logro obtenido, que no hubiera sido posible sin su guía y ayuda en campo. También al M. en C. Cecilio, por sus valiosas aportaciones a esta investigación, sobre todo aquellas acerca del maíz y su cultivo.

Las autoridades ejidales, municipales y eclesiásticas de San Juan Ixtenco por su apoyo a esta investigación.

El Antropólogo Cornelio Hernández Rojas y su esposa Teresa Solís López por todas sus atenciones; asimismo a la Sra. Margarita Cisneros Ortega, a la familia Vargas Mexicano, a la familia Domínguez, a la familia Bixano, a los miembros de la Asociación Dignidad Ética A.C. y a los habitantes del municipio que hicieron posible esta investigación, entre ellos Agustín Ranchero Márquez, Alejandro Rojas Ortega, Alfonso Hernández Baltazar, Andrés Cortés Rojas, Andrés Huerta Ortega, Antonio Vargas Mexicano, Aristeo Angoa Aguilar, Benedicto Mexicano Solis, Camilo Domínguez, Fermín Carpintero Patlani, Fernando Cajero Patlani, Florentino Morales Domínguez, Francisco Valdéz González, Gabriel Soni Flores, Germán Domínguez, Guillermo Vargas Mexicano, Isaac Flores, Ismael Maceda Campeche, José Martín Francisco Herrera, José Daniel Antonio, Jose Luis Juárez González, Josué Angoa Aguilar, Juan Altamirano León, Juan González Rojas, Juan Vargas Mexicano, Leonardo Rojas Salvador, Liborio Bixano Domínguez, Lino Guadalupe Saavedra Cervantes, Manuel Antonio Flores Angoa, Miguel Contreras Mexicano, Moises Angoa Mauricio, Pascual Gaspar Angoa, Pedro Escalona Durán, Pedro Hernández Sangrador, Porfirio Peña, René Aragón Solís, Rosalio Hernández Baltazar, Rufino Bixano

Domínguez, Silvestre Escalona Durán, Silvestre Rojas López, Ventura Vargas Mexicano y todas aquellas personas que me brindaron parte de su tiempo y cuyo nombre pudiera haber omitido involuntariamente.

El Dr. Julio Sánchez Escudero, por haber encaminado esta investigación hacia Ixtenco y por todas sus enseñanzas en torno al agro mexicano, las cuales son base de mi formación.

El Dr. Alberto Escalante Estrada, por sus consejos y observaciones, que ayudaron a mejorar esta investigación.

El Sr. Aniseto Mota Cruz, por las invaluable enseñanzas y atenciones brindadas en Todos Santos Almolonga, Tepexi, Puebla.

El “equipo tanzania”: Josue Trejo (Tarzán) y Saúl Arias Corpus (Sully), por su valiosa ayuda durante los muestreos de suelo.

El M. en C. Patricio Sánchez Guzmán, a los técnicos del laboratorio de Génesis de Suelos del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y al futuro biólogo: Daniel Gerardo Sánchez Carreto, por la ayuda brindada durante los análisis de suelo.

Mis amigos y hermanos: Ángel, Roberto, Rubén, Elam y Rodrigo, por la música que nos libera y que nunca abandonaré.

Mi hermana Ethel, por todo su cariño, pero sobre todo por hacerme ver mis aciertos y mis errores, gracias por ayudarme a ser mejor cada día.

Liliana Hernández Sosa, por nunca permitirme caer, eres el oasis que da luz a mi vida.

Mi amada familia Sánchez, quienes desde Cuernavaca, Taxco y Querétaro siempre me mandan su cariño y todo su apoyo.

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Agricultura tradicional mesoamericana, cultivos mixtos y uso múltiple.....	2
Arvenses de los sistemas productivos.....	4
Sistemas productivos de maíz en el estado de Tlaxcala.....	5
Innovación y transferencia de tecnología en los sistemas agrícolas.....	7
El cultivo de maíz en San Juan Ixtenco. ....	9
OBJETIVOS GENERALES.....	17
HIPÓTESIS GENERALES.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Reconocimiento y clasificación de los sistemas productivos.....	18
Análisis de suelo.....	20
CAPÍTULO 1. RIQUEZA Y BIOGEOGRAFÍA DE ARVENSES EN CULTIVOS DE MAÍZ DE SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA, MÉXICO.....	21
RESUMEN.....	22
INTRODUCCIÓN.....	23
ÁREA DE ESTUDIO.....	24
MÉTODOS.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIONES.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO 1.....	42
ANEXO2.....	45

CAPÍTULO 2. BIOMASA ÚTIL DE CULTIVOS DE MAÍZ NATIVO E HÍBRIDO EN SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA, MÉXICO.....	47
RESUMEN.....	48
SUMMARY.....	49
INTRODUCCIÓN.....	50
ÁREA DE ESTUDIO.....	51
MÉTODOS.....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
CONCLUSIONES.....	63
AGRADECIMIENTOS.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	63
CONCLUSIONES GENERALES.....	70
RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES FINALES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	74
SITIOS WEB CONSULTADOS.....	81
ANEXO 1. CUESTIONARIOS.....	83
Cuestionario de manejo de los terrenos dirigido a los agricultores responsables de los terrenos estudiados.....	83
Preguntas de la entrevista semiestructurada dirigida a los campesinos acerca de las plantas útiles en sus parcelas.....	84
ANEXO 2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELO .....	86

## LISTA DE CUADROS

### INTRODUCCIÓN

	Página
Cuadro 1. Lista de cultivares de maíz identificados en Ixtenco, Tlaxcala (tomado de Espinoza, 2013).....	12
Cuadro 2. Clasificación de los sistemas productivos de maíz en Ixtenco, Tlaxcala.....	19
Cuadro 3. Datos de producción agrícola de los diez cultivos de temporal con mayor valor de producción en el estado de Tlaxcala. Ciclo de cultivo 2013 (SIAP, 2014). ....	72
Cuadro 4. Datos de producción agrícola de los cultivos con mayor valor de producción en Ixtenco, Tlaxcala. Ciclo de cultivo 2013 (SIAP, 2014).....	72

### CAPÍTULO 1. RIQUEZA Y BIOGEOGRAFÍA DE ARVENSES EN CULTIVOS DE MAÍZ DE SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA, MÉXICO.

Cuadro 1. Escala de Braun-Blanquet para estimar la cobertura y abundancia de las especies (Modificado de Matteucci y Colma, 1982).....	28
Anexo 1. Listado de especies encontradas en los campos de cultivo de maíz de San Juan Ixtenco, Tlaxcala.....	42

## LISTA DE FIGURAS

	Página
INTRODUCCIÓN	
Figura 1. Balance hídrico y precipitación histórica por etapa fenológica del maíz en siembras con humedad residual, Estación Huamantla, Tlaxcala (tomado de Anónimo, 2012).....	11
Figura 2. Cuexcomates tradicionales del municipio de Ixtenco, Tlaxcala (fotografías del autor).....	14
Figura 3. Cuexcomates modernos del municipio de Ixtenco, Tlaxcala (fotografías del autor).....	14
Figura 4. Tapete de semillas expuesto en el atrio de la iglesia de San Juan Bautista en Ixtenco, durante la fiesta patronal (fotografías del autor).....	15
Figura 5. Detalle del tapete de semillas, en el centro de la flor representada pueden apreciarse los granos de maíz morados nativos de la localidad (fotografías del autor).....	16
Figura 6. Detalle de un arco decorado con granos y semillas (izquierda) y un cuadro elaborado con granos de maíz de diversos colores (derecha) (Fotografías del autor).....	16
CAPÍTULO 1. RIQUEZA Y BIOGEOGRAFÍA DE ARVENSES EN CULTIVOS DE MAÍZ DE SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA, MÉXICO.	
Figura 1. Ubicación geográfica de Ixtenco en México.....	24
Figura 2. Ubicación geográfica de las parcelas estudiadas en cada piso ecológico identificado, en el municipio de Ixtenco, Tlaxcala (Modificado de Google Maps® 2014).....	27
Figura 3. Ubicación de los cuadrantes de muestreo en los terrenos de cultivo.....	29
Figura 4. Familias de plantas con mayor número de especies en los terrenos de cultivo de maíz estudiados.....	31
Figura 5. Familias de plantas con mayor cobertura en los terrenos de cultivo de maíz estudiados.....	31
Figura 6. Arvenses con mayor cobertura en los terrenos de cultivo de maíz	

	Página
estudiados.....	
Figura 7. Promedio de número de especies de arvenses (en los cuadrantes de muestreo), de acuerdo con el piso ecológico y la tecnología de labranza empleada.....	33
Figura 8. Promedio de la cobertura de arvenses en los terrenos estudiados, de acuerdo con su afinidad fitogeográfica, en los diferentes pisos ecológicos y la tecnología de labranza empleada.....	35
 <b>CAPÍTULO 2. BIOMASA ÚTIL DE CULTIVOS DE MAÍZ NATIVO E HÍBRIDO EN SAN JUAN IXTENCO, TLAXCALA, MÉXICO</b>	
Figura 1. Ubicación geográfica de Ixtenco en México.....	52
Figura 2. Clasificación de los sistemas productivos de maíz en Ixtenco, Tlaxcala .....	53
Figura 3. Posición del cuadrante de muestreo en el campo de cultivo.....	54
Figura 4. Ubicación geográfica de las parcelas estudiadas en cada piso ecológico identificado, en el municipio de Ixtenco, Tlaxcala (Modificado de Google Maps® 2014).....	56
Figura 5. Especies de arvenses con mayor cobertura en los terrenos de cultivo de maíz estudiados.....	57
Figura 6. Rendimiento del grano ( $t\ ha^{-1}$ ) promedio calculado a partir del peso de mazorcas a punto de cosecha (A) y con datos de las entrevistas (B), de acuerdo con el piso ecológico y el nivel de tecnificación.....	59
Figura 7. Rendimiento del zacate ( $t\ ha^{-1}$ ) promedio calculado a partir del peso de las plantas a punto de cosecha, de acuerdo con el piso ecológico y el nivel de tecnificación.....	61

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La historia del maíz comenzó hace 9,000 años cuando grupos de cazadores-recolectores del Altiplano Central y del norte del Balsas iniciaron su domesticación (Benz, 2001; Díaz, 2010; Serratos, 2012). Por su nombre en náhuatl (*milli*, cultivo y *pan*, locativo) la milpa es el “lugar de cultivo”. En este sistema el maíz es el eje principal aunque también está conformado por una gran diversidad de plantas asociadas como son los cultivos secundarios, frutales, plantas medicinales, ornamentales y las arvenses que proliferan en estos campos (Ortega-Paczka, 2003; Linares *et al.*, 2011; Buenrostro, 2009; Palacios, 2011).

Actualmente en México existe todo un mosaico de sistemas productivos de maíz, debido a la mezcla de prácticas y tecnologías tradicionales y modernas. Algunas responden principalmente a intereses capitalistas de la economía agraria y del mercado, mientras que otras conservan una lógica productiva que a menudo es racional en sentido ecológico, cultural y económico (Barkin y Suarez, 1985; Buenrostro, 2009; Rosas y Barkin, 2009; Turiján *et al.*, 2012; Lazos y Chauvet, 2011).

En el estado de Tlaxcala se ha documentado el cultivo tradicional de maíces nativos manejados en rotación y asociación con otros cultivos, así como aprovechamiento de las arvenses. Asimismo son notables los sistemas productivos de maíz intercalado con frutales, el uso de metepantles, jagüeyes y el uso combinado de tracción animal y tractor (Altieri y Trujillo, 1987; Torres y Carreto, 1998; Magdaleno *et al.*, 2005; González-Amaro *et al.*, 2009). En las milpas también pueden encontrarse innovaciones que han sido adoptadas de acuerdo con las necesidades y la lógica de cada campesino (Lazos y Chauvet, 2011; Damián *et al.* 2004; Anónimo, 2012).

Durante mucho tiempo se ha intentado generalizar el uso de “exotecnologías” (muchas de ellas originadas a partir de la Revolución Verde) en los sistemas agrícolas campesinos (Borlaug y Dowsell, 2005, en línea). Aun así, actualmente en México se conservan muchas prácticas tradicionales (“endotecnologías”) en sistemas productivos de maíz a pequeña escala, que son atendidos por el 85% de los maiceros del país. Los motivos de este hecho se basan en la racionalidad campesina, ya que existe una diversidad de componentes de estos agroecosistemas y prácticas asociadas que siguen siendo rentables, (Barkin y Suarez, 1985; Rosas y Barkin, 2009; Villa *et al.*, 2012)

Se requiere una evaluación más integral para poder comprender los factores determinantes en las motivaciones de los campesinos que mantienen estos sistemas. Es decir, el reto es contestar la pregunta retórica de Aguilar *et al.* (2003, citado por Rosas y Barkin, 2009): “¿Cómo comparar el rendimiento de una hectárea de monocultivo de maíz con los múltiples aprovechamientos de una hectárea de milpa?”.

### **Agricultura tradicional mesoamericana, cultivos mixtos y uso múltiple**

Durante el Holoceno, hace aproximadamente 10 mil años, ocurrieron cambios climáticos que causaron el desplazamiento de los bosques boreales por vegetación tropical (selvas caducifolias y perennifolias). En estos ambientes hubo recambio de especies C3 por C4, como ciertas gramíneas (incluidas ancestros del maíz), chenopodiáceas, amarantáceas, y algunas asteráceas, cucurbitáceas y solanáceas. Igualmente ocurrió un desplazamiento de la fauna del pleistoceno por animales adaptados a estas nuevas condiciones, entre ellos el ser humano que se internó en América (Zizumbo y Colunga, 2008).

Estas nuevas condiciones ligadas al aumento de la población y otros factores, propiciaron el inicio de la agricultura en Mesoamérica, ya que era necesario concentrar los alimentos y aumentar su disponibilidad. El ser humano ya conocía los principios de la modificación y fragmentación de ambientes usando el fuego, así que el aprovechamiento de la vegetación se hizo más intensivo. Esto resultó en el cultivo y selección de plantas cuyas características deseadas quedaron fijadas rápidamente debido al síndrome de domesticación (Zizumbo y Colunga, 2008).

El cultivo del maíz inició bajo estas condiciones y una vez domesticado, se diferenció en dos fases; la sedentaria y la itinerante. La primera consistió en el sistema de milpa y el de “chinampa”, mientras que la fase itinerante está representada por la “roza-tumba-quema-milpa” (Miranda-Colín, 2000). Las evidencias indican que hace 5500 a 4400 años se estableció la combinación de maíz, frijol y calabaza (Zizumbo y Colunga, 2008) y con esto el sistema milpa. Los sistemas agrícolas derivados de esta asociación se diversificaron y se adaptaron a las condiciones de cada región, tanto de riego como de temporal. Asimismo se consolidó el uso de un amplio número de plantas arvenses (Cruz y Hernández, 1989; Mariaca *et al.*, 2007; Sánchez 2011).

Tras la llegada del ganado europeo a las unidades de producción, se modificaron las condiciones de manejo. Algunos sistemas tradicionales precolombinos como la agricultura en chinampas quedaron reducidos a relictos como los que se localizan en la zona del Altiplano central, principalmente por la expansión urbana (Turrent *et al.* 2010).

Las formas tradicionales de producción de alimentos, aún modificadas, continuaron basadas en el manejo diversificado, el aprovechamiento integral y el autoabasto. Así se

originaron los sistemas campesinos tradicionales actuales, cuyas formas de producción nos son estáticas, ya que continuamente se incorporan nuevos elementos al sistema a través de la innovación y adopción (Díaz *et al.*, 2011). Este proceso generalmente avanza de manera empírica y es impulsado por diversas motivaciones. A menudo, una motivación importante es la búsqueda de la autonomía de los individuos, las familias y la comunidad, lo cual difiere del paradigma modernizador predominante en nuestros días (Chávez-García *et al.*, 2012; Zurita *et al.*, 2012).

### **Arvenses de los sistemas productivos**

La flora arvense en Mesoamérica incluye una amplia diversidad de especies, la mayoría de ellas son nativas (Vibrans, 1997; Rzedowski *et al.*, 2005). La composición de plantas asociadas a los campos varía de acuerdo con la región, el cultivo y su manejo. Gran parte de estas especies han acompañado a las plantas domesticadas durante cientos de años, en sus lugares de cultivo, de manera que tampoco han escapado del proceso de adaptación, incluso la domesticación. En un campo de cultivo pueden encontrarse especies toleradas, fomentadas, protegidas, cultivadas y domesticadas, así como plantas no deseadas (Casas *et al.*, 2007).

Las arvenses pueden afectar negativamente el desarrollo de los cultivos y entorpecer las labores culturales, por esta razón son llamadas "malezas" en el ámbito agronómico. Esto ha impulsado la investigación de métodos de erradicación de arvenses, sobre todo durante la revolución verde del siglo pasado (Nava *et al.*, 2000).

El aprovechamiento de arvenses es una práctica común en la agricultura tradicional. En estos sistemas, las plantas asociadas a los campos forman parte importante de la dieta

familiar. Estos vegetales pueden tener valores nutricionales incluso mayores que los cultivos principales y, tan sólo en México se conocen alrededor de 500 especies de quelites (Linares y Bye, 1992). También son usadas con fines curativos o medicinales (Sanchez, 1996) y otras son utilizadas como forraje para animales domésticos. Este último aprovechamiento se acentuó en muchos sistemas productivos de México desde la incorporación de los animales provenientes del Viejo Mundo a las labores agrícolas. Incluso es un ingreso adicional que no se contabiliza en los reportes de cosecha convencionales y que puede alcanzar más del 50% del valor de la cosecha de maíz en grano (Vieyra-Odilon y Vibrans, 2001; González-Amaro *et al.*, 2009).

### **Sistemas productivos de maíz en el estado de Tlaxcala**

La agricultura en el territorio tlaxcalteca se remonta a los 1700 a.C. aproximadamente. El grupo otomí-pame llegó a la región que actualmente ocupa Ixtenco aproximadamente en 1170 d.C. (Giordano, 1993; Muñoz, 1998). Durante ese periodo las principales plantas que se cultivaban en Tlaxcala eran: el maíz (*Zea mays* L. subsp. *mays*), la calabaza (*Cucurbita pepo* L.), el chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché), el frijol (*Phaseolus* spp.), el ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), el amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), el maguey (*Agave* spp.), el izote (*Yucca* spp.), el nopal (*Opuntia* spp.), el aguacate (*Persea americana* Mill.), el zapote blanco (*Casimiroa edulis* La Llave & Lex.), el tejocote (*Crataegus pubescens* (C. Presl) C. Presl) y el capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh) (Ramos *et al.*, 1995).

Durante la época prehispánica la agricultura se llevaba a cabo principalmente en sistemas de barbecho y de roza, así como en sistemas de retención de humedad como las terrazas en terrenos accidentados y barrancas. El *uitzoctli* o bastón plantador y la coa o

*uictli* eran las herramientas empleadas para estas labores, asimismo se utilizaban los pixcadores, los azotadores, las azadas, las hachas entre otros enseres (Ramos *et al.*, 1995; Giordano, 2007).

Cuando terminó la conquista, se fundaron nuevos poblados a lo largo de todo el territorio tlaxcalteca. Con el tiempo estos nuevos asentamientos serían utilizados para tener un mayor control, cobrar tributos y evitar rebeliones por parte de la población nativa a través de las encomiendas que dieron lugar a las haciendas. En el caso de Ixtenco hubo dos haciendas importantes aledañas al pueblo; la hacienda de San Antonio Cuautla y la de San Cristóbal Velazquez (Ramos *et al.*, 1995).

Con la introducción de la tecnología europea se modificaron las labores culturales ya que se sustituyó la coa por el arado, la yunta y la rueda, se impulsó el uso intensivo del suelo. La introducción del ganado permitió que los suelos poco aptos para la agricultura, como era el caso de las tierras de Ixtenco, se volvieran fértiles gracias al empleo del estiércol como fertilizante (Cruz y Hernández, 1989; Ramos *et al.*, 1995).

Fue hasta 1947 que la tecnificación promovida por la revolución verde llegó a la región de estudio, particularmente a los valles de Huamantla, Calpulalpan y Nativitas, en donde se inauguró el distrito de riego bajo la coordinación de la Junta de Aguas del gobierno del Estado. Estos lugares fueron fáciles de mecanizar por sus terrenos llanos, donde se promovió el empleo de insumos, técnicas de riego y fertilizantes químicos. Asimismo el uso de tracción animal fue disminuyendo, se sustituyó el arado vacuno por el equino y en las últimas décadas, el uso de tractor ha ido desplazando a la tracción animal (Hernández, 2014).

Actualmente en el estado de Tlaxcala, el maíz ocupa el primer lugar en superficie cultivada. En la presente década se ha sembrado una superficie anual que varía entre 100

mil y 128 mil hectáreas; las variaciones dependen de las oportunidades de los diferentes cultivos de granos básicos. En el año 2013 se sembraron 100,472 ha y se cosecharon 284,117.6 toneladas, con un valor de producción de 860 millones de pesos (SIAP, 2014, en línea).

### **Innovación y transferencia de tecnología en los sistemas agrícolas**

La investigación agronómica en México se formalizó a mediados de la década de los cuarentas, con estudios que buscaban optimizar las recomendaciones sobre el uso de fertilizantes. Desde entonces, el campo mexicano ha estado bajo estudio de diversas instituciones, primero por la Oficina de Estudios Especiales (OEE) y el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), después por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y actualmente por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), entre otras instituciones (González, 1990; Damián *et al.*, 2007).

La sustitución de la milpa por el monocultivo en muchas regiones de México careció de sustentos sólidos que lo justificaran. En sus primeros años, la investigación agrícola pública impulsó esta permuta con la premisa de la superioridad técnica del monocultivo. Esto limitó la capacidad productiva del campo mexicano, ya que no se consideraron opciones tecnológicas que atendieran las necesidades del sistema milpa (Turrent *et al.*, 2010).

Los programas de desarrollo agrícola y rural, como el Plan Puebla, señalaron niveles de adopción de las tecnologías recomendadas muy inferiores a lo esperado. Los economistas aceptaron el desafío de explicar las causas de la baja adopción prestando

atención al estudio de los factores identificados como limitantes en el proceso de la adopción (González, 1990).

Actualmente el INIFAP cuenta con un programa de validación y transferencia de tecnología pecuaria que consiste de módulos distribuidos en todo el país. Estas investigaciones se llevan a cabo convencionalmente en campos experimentales, sin contar con un conocimiento a fondo de las circunstancias de los agricultores en el área de influencia. La evaluación de la nueva tecnología se ha efectuado directamente en el campo experimental o en pocos sitios en terrenos de los usuarios, donde el investigador controla las prácticas de la producción. Bajo estas circunstancias es de esperarse que las recomendaciones de la investigación puedan requerir la validación antes de difundirlas entre los productores (Laird *et al.*, 1993; Damián *et al.*, 2007).

Se supone que las recomendaciones generadas o adaptadas por la investigación en productividad de agrosistemas, se planean en función de un conocimiento a fondo de las circunstancias de los agricultores. Se lleva a cabo en sitios seleccionados de acuerdo con una estratificación de los ambientes locales y continúa durante varios años para muestrear la variabilidad de clima, o se emplean los datos históricos de clima para ajustar los resultados experimentales.

Las recomendaciones tecnológicas que resultan de este proceso, son validadas hasta donde es posible por los investigadores (Laird *et al.*, 1993). Sin embargo actualmente la transferencia de tecnología sigue fallando en gran parte de los sistemas agrícolas milperos de México y las razones de este hecho aún no han sido comprendidas del todo (Damián *et al.*, 2004). El último estudio de apropiación tecnológica por productores de maíz en el

estado de Tlaxcala, México, reportó que el 73% de los campesinos no usaron todas las tecnologías recomendadas en el paquete tecnológico del INIFAP para la región (Damián *et al.*, 2007). Sólo un tercio de estas tecnologías fueron usadas. Por lo tanto resulta importante analizar por qué no todas las innovaciones agronómicas (aparentemente perfeccionadas) han sido adoptadas en estos sistemas productivos, y averiguar entonces cuáles elementos del sistema son tan provechosos que “se resisten” a ser sustituidos, y por eso, deben ser considerados como punto de partida en las nuevas propuestas de desarrollo.

### **El cultivo de maíz en San Juan Ixtenco**

El pueblo de San Juan Bautista de Ixtenco se fundó en 1532. La palabra Ixtenco (*Ixttyngo*) proviene de la palabra otomí *Ix*, que significa “agrio”, *ttêy* “atole”, y de la terminación *ngo* que significa festividad. Entonces, Ixtenco literalmente se interpreta como el “lugar del atole agrio en festividad” (Cajero, 2009).

El sector primario demanda el 45.8% de la población económicamente activa del municipio, principalmente para el cultivo de maíz (Cajero, 2009; INEGI, 2012). En la entidad actualmente predomina el cultivo de maíz en monocultivo (Ortiz y Espinoza 2013), sin embargo también pueden encontrarse otros manejos como los pluricultivos de maíz con calabaza y/o haba y/o alberjón (al menos en una parte del terreno), monocultivos de maíz híbrido y de manera menos frecuente se siembran maíces nativos intercalados con árboles frutales, nopales y agaves. De igual manera resulta inusual la rotación de cultivos que suele hacerse alternando con el maíz, monocultivos de frijol “de mata” (con crecimiento determinado) o asociaciones de haba, calabaza y alberjón. La tenencia de tierra es ejidal

salvo en las parcelas ubicadas en las faldas de la Malinche, las cuales son catalogadas como terrenos de pequeña propiedad (Fuente: Comisario Ejidal Municipal).

Cajero (2009) menciona que anteriormente, la siembra en el municipio comenzaba cuando la sombra del Pico de Orizaba se proyectaba en la cúspide de la Malintzin (fecha no especificada), por considerarse este evento como “un contacto de fuerza volcánica” que ayuda a la buena germinación del maíz. Actualmente el 2 de febrero marca el inicio de las siembras, de manera que es el día en el que se bendicen en la iglesia las semillas de maíz, frijol, haba y todo lo que se vaya a sembrar. Para cultivos reproducidos vegetativamente como los nopales, se bendicen pequeñas rocas recolectadas de los campos, para luego ser reincorporadas al lugar donde se encuentran dichos cultivos (Hernández, 2014).

Actualmente, la siembra del maíz en Ixtenco inicia en marzo y se extiende hasta mayo. Comienza por las zonas más altas, cercanas al volcán Malintzin y luego se siembra en las zonas más bajas del municipio. Como se puede apreciar en la Figura 1, la siembra coincide con el inicio de las precipitaciones reportadas por la estación meteorológica de Huamantla, el municipio vecino más cercano.

El estudio más reciente acerca de la diversidad y distribución actual de los maíces nativos en el Estado de Tlaxcala muestra que en Ixtenco se encuentran cinco de las 12 razas nativas de maíz reconocidas para el Estado (María y Hernández, 2010); razas son agrupaciones de cultivares con características en común. Sánchez y Bassols (2011) reportan 18 cultivares de maíz para este municipio, mientras que Espinoza (2013) documentó 21 cultivares para la entidad (Cuadro 1). Asimismo en la base de datos de maíces nativos del Proyecto Global de Maíces Nativos disponible en línea (ver: Sitios Web Consultados) existe registro de 40 recolectas de maíces para el municipio de Ixtenco de las cuales 25 no

están identificadas. El resto corresponde a 6 razas diferentes: Cónico, Cónico x Chalqueño, Cónico x Cacahuacintle, Chalqueño, Chalqueño x Cónico y Elotes Cónicos.

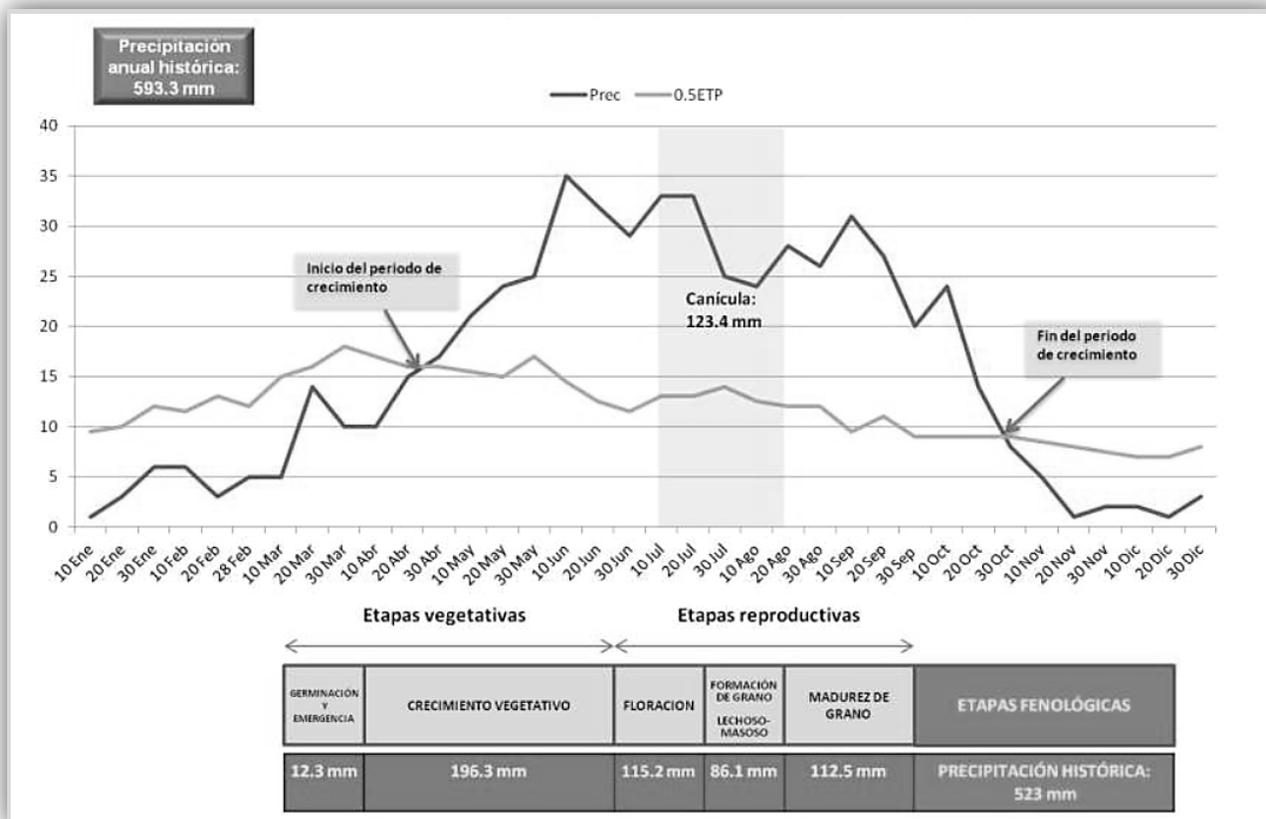


Figura 1: Balance hídrico y precipitación histórica por etapa fenológica del maíz en siembras con humedad residual, Estación Huamantla, Tlaxcala (tomado de Anónimo, 2012).

En la localidad también pueden encontrarse formas de maíz tunicado que son desconocidas por muchos productores locales, pero han ido adquiriendo popularidad en la entidad gracias a los eventos culturales y religiosos en torno a la valoración de los maíces nativos. Asimismo se cultivan híbridos de la empresa mexicana Aspros ® y en menor medida algunos otros como los llamados “H-40” y “H-48”, los cuales forman parte del paquete tecnológico promovido por el INIFAP para la región (Anónimo, 2012). De acuerdo con los usuarios de estas semillas, fueron diseñados por investigadores del INIFAP, Campo Experimental Valle de México, a partir de maíces nativos de Ixtenco.

En los terrenos donde se siembran maíces nativos se pueden encontrar varios cultivares diferentes aunque existe una tendencia a sembrar maíz blanco de manera predominante. Se guardan como reserva otros cultivares de semilla en previsión de pérdidas por heladas o granizo. En estos casos se resiembrar con maíces de ciclo corto como el amarillo, azul o crema (Ortiz y Espinoza, 2013; Hernández, 2014).

Cuadro 1: Lista de cultivares de maíz identificados en Ixtenco, Tlaxcala (tomado de Espinoza, 2013)

<b>Grupo</b>	<b>Raza</b>	<b>Cultivares</b>
Cónico	Cacahuacintle	Cacahuacintle Blanco x Cacahuacintle
	Cónico	Maíz Perla
Chalqueño		Maíz Perla con corona blanca
		Blanco
		Blanco, olote rojo
		Blanco de hoja morada
		Crema
		Amarillo
Elotes cónicos		Rojo
		Azul
		Azul, olote blanco
		Azul, olote morado
		Azul, olote rojo
		Morado o negro, olote blanco
Dulce		Negro, olote negro
		Maíces pintos
Arrocillo		Maíz gato
		Coral
Tunicados	Tunicata	Sangre de Cristo
		Maíz ajo

La apicultura toma un papel importante en la comunidad durante los meses de agosto y septiembre ya que existe una asociación local de apicultores que trasladan a la comunidad decenas de cajones de abejas traídas desde Veracruz para aprovechar la floración de la

vegetación en esta época del año. Es frecuente que los campesinos renten sus terrenos para alojar estos enjambres a cambio de miel o ayuda en las labores culturales de las milpas. Para este fin se ocupan principalmente los terrenos de la zona media y baja.

Generalmente después de la siembra se aplica herbicida (incluso en varias ocasiones), preferentemente en terrenos donde no se haya sembrado calabaza, debido a que la mayoría de herbicidas utilizados son selectivos de plantas con hoja ancha. Algunos prefieren hacer deshierbes a mano, con pala, con machete o azadón, ya que el herbicida favorece el desarrollo de plantas monocotiledóneas como el coquito (*Cyperus esculentus* L.) y otras hierbas no deseadas. Es conocida la utilidad comestible e incluso medicinal de algunas arvenses (Sánchez, 1996).

El uso de herbicidas en Ixtenco inició hace poco más de 30 años y actualmente su aplicación se ha generalizado entre los campesinos del municipio. Entre los productos más usados se encuentran el 2,4-D, la atrazina y el glifosato bajo diferentes nombres comerciales.

En la mayoría de los terrenos, el fertilizante (principalmente urea o sulfato de amonio y más recientemente abono orgánico de composta y lombricomposta) se aplica junto con una labor cultural llamada “segunda”, que consiste en arrimar el suelo del surco hacia la base de las plantas de maíz con el arado. La cosecha de maíz se hace desde octubre hasta enero mientras que la cosecha de frijol, haba y calabaza se lleva a cabo de septiembre a octubre. El rendimiento de maíz en grano en Ixtenco en la última década, varía entre 2.4 y 3.1 ton ha<sup>-1</sup> de acuerdo con el SIAP (2014, en línea), sin embargo los campesinos entrevistados en esta investigación estiman que el rendimiento del grano actualmente puede variar desde 4 a 6.5 ton ha<sup>-1</sup>, para maíces nativos e híbridos respectivamente. El zacate usado como forraje se vende empaquetado en “pacas” o se tritura con el arado y se reincorpora a los terrenos.

Después de su cosecha, las mazorcas se almacenan en cuartos con buena aireación en las casas de los campesinos. Anteriormente se usaban cuexcomates para este fin (Hernández, 1985; Hernández, 2014), sin embargo actualmente son pocos los que conservan estos almacenes en el municipio. En algunos casos, el diseño tradicional de madera ha sido sustituido por novedosos cuexcomates de ladrillos y cemento (Figuras 2 y 3).



Figura 2: Cuexcomates tradicionales del municipio de Ixtenco, Tlaxcala (fotografías del autor).



Figura 3: Cuexcomates modernos del municipio de Ixtenco, Tlaxcala (fotografías del autor).

Todos los maíces se usan para elaborar los diversos productos de la típica gastronomía regional, en tortillas y atoles o para consumirlos como elotes preparados y “esquites” El maíz morado es usado preferentemente para la elaboración del “atole agrío” que le da el nombre al municipio (Ortiz y Espinoza, 2013).

Cada año las mayordomías de Ixtenco organizan varias “fiestas del maíz” que sirven para la adquisición de semillas y atraen visitantes regionalmente. Además, destacan como fechas religiosas importantes para la agricultura local el 2 de febrero, día de la bendición de la semilla; 3 de mayo, que es la adoración de la "Cruz del Pastor"; el 15 de mayo, la misa a San Isidro Labrador; el 24 de junio, la fiesta patronal, y el 12 de diciembre, la fiesta en la ermita del antiguo camino a Huamantla (Cajero, 2009; Hernández, 2014).

Durante dichas fiestas relucen los tapetes de semillas y las artesanías confeccionadas principalmente con granos de maíces de colores. Estas obras de arte son muestra de la diversidad cultural y agronómica que aún existe en esta localidad (Figuras 4, 5 y 6).



Figura 4: Tapete de semillas expuesto en el atrio de la iglesia de San Juan Bautista en Ixtenco, durante la fiesta patronal (fotografías del autor).



Figura 5: Detalle del tapete de semillas, en el centro de la flor representada pueden apreciarse los granos de maíz morados nativos de la localidad (fotografías del autor).



Figura 6: Detalle de un arco decorado con granos y semillas (izquierda) y un cuadro elaborado con granos de maíz de diversos colores (derecha) (Fotografías del autor).

Esta investigación evalúa los componentes del sistema productivo de maíz en una comunidad maicera de los Valles Altos en pleno cambio cultural y generacional, haciendo hincapié en las prácticas y tecnologías tradicionales persistentes.

## **OBJETIVOS GENERALES**

El objetivo general del presente trabajo fue comparar la producción total de cultivos de maíz bajo diferentes niveles de tecnificación en San Juan Ixtenco, Tlaxcala, para entender la racionalidad productiva actual de los agricultores.

Para esto fue necesario (1) describir y clasificar los diferentes sistemas de producción de maíz existentes en la comunidad, (2) analizar las poblaciones de arvenses de los diferentes sistemas productivos de maíz y (3) comparar la productividad total (grano, zacate y arvenses útiles) de los cultivos de maíz bajo diferentes niveles de tecnificación.

## **HIPÓTESIS**

Considerando los antecedentes del uso de suelo en la región, esperamos encontrar lo siguiente:

Los terrenos más tecnificados tienen menor riqueza y cobertura de arvenses.

La producción total (considerando toda la biomasa útil) de los sistemas menos tecnificados es mayor.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En esta sección se amplía la información que no se detalla en los Capítulos 1 y 2, pero no se repite la información de éstos.

Se visitó la comunidad al inicio del ciclo de cultivo de maíz del 2013, para conocer la zona de estudio y sus habitantes. Asimismo se obtuvieron permisos de los agricultores y las autoridades locales (Presidencia Municipal y Comisariado Ejidal) para iniciar la investigación en la comunidad.

## **Reconocimiento y clasificación de los sistemas productivos**

El primer acercamiento con el municipio ocurrió durante una “fiesta del maíz” organizada por productores de la Asociación Dignidad Étnica A.C., la cual se caracteriza por participar activamente en proyectos relacionados con la producción y conservación de los maíces nativos y las tradiciones de Ixtenco. Gracias a su colaboración pudieron hacerse entrevistas abiertas preliminares de acuerdo con lo sugerido en Smith *et al.* (2009) a diez agricultores de dicha asociación más algunos otros encontrados durante el trabajo de campo, para recopilar información cualitativa acerca del cultivo de maíz en el municipio y para conocer los ambientes ecológicos y manejos agrícolas locales.

Los terrenos de cultivo de maíz se seleccionaron con base en dos criterios: las condiciones ecológicas y la tecnología de siembra. Las condiciones ecológicas fueron representadas por los ambientes agrícolas de zona alta, media y baja (descritas en los Capítulos 1 y 2). En cada uno de estos ambientes, se distinguió la tecnología de siembra de acuerdo con el tipo de semilla (grano) sembrado: semillas nativas o híbridas, y la tecnología de labranza: yunta, tractor o maquinaria de precisión. Así, se distinguieron tres niveles tecnológicos: semilla nativa/yunta, semilla nativa/tractor y semilla híbrida/maquinaria de precisión. Estas condiciones de producción están asociadas a otros factores, como es el nivel socioeconómico del dueño, edad, escolaridad, etc. Se seleccionaron 26 parcelas con diferente nivel tecnológico, preferentemente colindantes, ocho en la zona alta y nueve en la zona media y baja (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de los sistemas productivos de maíz en Ixtenco, Tlaxcala.

#	Productor	Tipo de semilla		Tecnología de labranza			Piso Ecológico			Coordenadas
		Autóctona	Híbrida	Yunta	Tractor	Maquinaria de Precisión	Zona baja	Zona media	Zona alta	
1	1	X		X			X			19°15'15.7"N, 97°52'21.8"O
2	2	X		X			X			19°15'36"N, 97°51'42"O
3	3	X		X			X			19°15'21.1"N, 97°52'39.4"O
4	4	X		X				X		19°15'53"N,97°53'51.6"O
5	4	X		X				X		19°16'15.1"N,97°54'29.8"O
6	5	X		X				X		19°13'39.3"N,97°53'21.7"O
7	6	X		X					X	19°13'49.6"N, 97°54'37.6"O
8	7	X		X					X	19°13'35.3"N, 97°54'52.1"O
9	8	X		X					X	19°15'31.4"N, 97°54'44.1"O
10	9	X			X		X			19°15'20"N, 97°52'43.1"O
11	10	X			X		X			19°15'24.3"N, 97°52'30.5"O
12	11	X			X		X			19°15'35.2"N, 97°51'43.3"O
13	12	X			X			X		19°15'55.4"N, 97°53'49.6"O
14	13	X			X			X		19°16'17.2"N, 97°54'41.7"O
15	14	X			X			X		19°13'36"N, 97°53'30.2"O
16	15	X			X				X	19°13'49.8"N, 97°54'28.8"O
17	16	X			X				X	19°13'32"N, 97°54'47.1"O
18	17	X			X				X	19°15'25.3"N, 97°54'40.5"O
19	18		X			X	X			19°15'40.2"N, 97°51'46.7"O
20	19		X			X	X			19°15'32.5"N, 97°52'20.2"O
21	20		X			X	X			19°15'21.7"N, 97°52'08.5"O
22	18		X			X		X		19°13'37.4"N, 97°53'26.4"O
23	19		X			X		X		19°16'14.5"N, 97°54'39.4"O
24	18		X			X		X		19°15'53.9"N, 97°53'49.1"O
25	18					X			X	19°15'28.5"N, 97°54'42.5"O
26	15					X			X	19°13'49.7"N, 97°54'31.2"O

## **Análisis de suelo**

Se tomó una muestra compuesta de suelo superficial de 10 puntos elegidos al azar hasta el fondo de la capa barbechada (aproximadamente 20-25 cm de profundidad) por cada parcela estudiada, según las recomendaciones de Marten y Sancholuz (1981). Se analizó el color, textura, densidad aparente, contenido de materia orgánica, pH y nitrógeno total de las muestras, siguiendo los métodos descritos en el manual de Muñoz *et al.* (2007).

El pH se midió con un potenciómetro marca Corning®, modelo 7. La materia orgánica se midió con el método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico, desarrollado por Walkley y Black. El color se determinó con la técnica de comparación con tablas de color de Munsell. La densidad aparente se midió con el método volumétrico o de la probeta, desarrollado por Beaver. La textura de la fracción fina del suelo se determinó con el método del hidrómetro de Bouyoucos. El nitrógeno total se midió con el método de Micro-Kjeldahl, modificado por Bremner.

Estos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Génesis de Suelos del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

(Nota: la literatura citada en la introducción se encuentra en la sección de Bibliografía al final de la tesis, p. 73; los capítulos 2 y 3, que están estructurados en formato de artículo, tienen sus propias secciones de referencias).

**RIQUEZA Y BIOGEOGRAFÍA DE ARVENSES EN CULTIVOS DE MAÍZ DE SAN  
JUAN IXTENCO, TLAXCALA, MÉXICO.**

Cristóbal D. Sánchez-Sánchez<sup>1</sup>, Heike Vibrans<sup>1\*</sup>, Carlos Castillejos-Cruz<sup>2</sup> y Cecilio Mota-Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. +52 (595) 9520200 Ext. 1335. <sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Batalla 5 de mayo s/n Esq. Fuerte de Loreto. Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa 09230 México D.F. <sup>3</sup>Cecilio Mota Cruz. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Liga Periférico-Insurgentes Sur, No. 4903, Col. Parques del Pedregal, Tlalpan 14010, México, D.F.

**\*Autor de correspondencia: heike@colpos.mx**

**Cornisa: Arvenses en cultivos de maíz en Ixtenco, Tlaxcala.**

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue conocer la florística, riqueza y composición fitogeográfica de las arvenses presentes en cultivos de maíz bajo diferentes niveles ecológicos y de tecnificación en Ixtenco, Tlaxcala. Se estudiaron 26 parcelas distribuidas en tres pisos ecológicos reconocidos localmente. Las parcelas elegidas fueron preferentemente colindantes y contrastantes de acuerdo con el tipo de semilla usada (autóctona o híbrida) y la tecnología de labranza (yunta, tractor o maquinaria de precisión). Se analizó la riqueza de especies y su recambio entre los diferentes sistemas productivos de maíz, así como la afinidad fitogeográfica de las arvenses. Contrario a lo esperado, se encontró que la riqueza de arvenses de los terrenos no variaba con respecto a las tecnologías agrícolas empleadas pero sí lo hacía de acuerdo con el piso ecológico en el que se encuentren. Así, en las zonas altas del municipio se registró un número significativamente mayor de especies en promedio, así como los mayores valores de materia orgánica en el suelo. Pero, en la composición biogeográfica sí se encontró diferencias por tipo de manejo. En los terrenos sembrados con yunta, las arvenses de origen mesoamericano fueron más abundantes, mientras que en los campos sembrados con tractor y maquinaria de precisión se observó una abundancia menor de plantas nativas y más arvenses originarias de otros continentes, principalmente monocotiledóneas. En todos los terrenos muestreados escasearon ciertas arvenses nativas útiles que anteriormente eran frecuentes (*Amaranthus hybridus*, *Chenopodium berlandieri* y *Jaltomata procumbens*). En los últimos años la intensificación generalizada de los sistemas productivos de maíz y el uso extensivo de herbicidas han modificado la composición florística de los campos de maíz del municipio.

Palabras clave: arvenses, neófitas, yunta, Valles Altos, herbicidas, manejo agrícola.

## INTRODUCCIÓN

La flora arvense en Mesoamérica incluye una amplia diversidad de especies, muchas de ellas nativas. Estas plantas han acompañado a las plantas domesticadas durante miles de años en sus lugares de cultivo (Vibrans, 1997; Rzedowski *et al.*, 2005), de manera que tampoco han escapado al proceso de adaptación a este ambiente. En los campos de cultivo pueden encontrarse arvenses toleradas, fomentadas, protegidas e incluso cultivadas (Casas *et al.*, 2007).

Las arvenses son recursos alimenticios, medicinales y forrajeros. En México su aprovechamiento para autoabasto y comercialización ha sido documentado en diversas investigaciones (González-Amaro *et al.* 2009; Vieyra-Odilon y Vibrans, 2001; Vibrans 1997). También se ha identificado su importancia agroecológica por los servicios que brindan a los cultivos, tales como cobertura de suelo, fijación de nitrógeno, alimento para polinizadores, entre otros (Altieri y Trujillo, 1987).

Las arvenses pueden afectar negativamente el desarrollo de los cultivos y entorpecer las labores culturales, por esta razón son llamadas "malezas" en el ámbito agronómico. Esto ha impulsado la investigación de métodos de erradicación de arvenses, sobre todo durante la revolución verde del siglo pasado (Nava *et al.*, 2000).

La composición de plantas asociadas a los campos varía a través de tiempo, de acuerdo con la región, el cultivo y su manejo. Las comunidades arvenses pueden ser indicadoras de la estabilidad del sistema productivo. Igualmente, pueden ser puertas de entrada para especies nuevas a los sistemas o las regiones.

El objetivo de esta investigación fue conocer la florística, riqueza y composición biogeográfica de arvenses presentes en cultivos de maíz bajo diferentes niveles ecológicos y de tecnificación en Ixtenco, Tlaxcala.

### ÁREA DE ESTUDIO

Ixtenco es un municipio localizado en la falda oriental del volcán llamado Malintzin, Malinche o Matlalcueye, al sur del Estado de Tlaxcala, entre las coordenadas 18°15' norte y 97°57' oeste (Figura 1). Tiene una superficie de 46.6 km<sup>2</sup>. La altitud de sus tierras varía entre 2350 m, hasta los 2900 m (Vera, 2008; INAFED, 2010; INEGI, 2013).



Figura 1: Ubicación geográfica de Ixtenco en México.

El clima corresponde al tipo C(wo) de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1990), es decir, templado subhúmedo con régimen de lluvias en los meses de mayo a septiembre y una precipitación media anual de 623.7 mm. Las temperaturas más altas se registran en mayo y junio y se tiene una temperatura media anual de 16°C (INEGI, 2013).

Los suelos, de origen volcánico, son franco-arenosos, ácidos (pH 5.5) con niveles muy bajos de materia orgánica (1-2.5%) (Anónimo, 2002; INEGI, 2013). El municipio cuenta un arroyos temporales y un manantial que se origina en la montaña Malintzin que ha sido entubado para proveer agua potable a la comunidad (Cajero, 2009; INAFED, 2010; INEGI, 2013).

El maíz, principalmente de temporal, ocupa la mayor parte de la superficie municipal (82.6 %). Se siembra principalmente en monocultivo, pero también en rotación y asociación con cucurbitáceas (*Cucurbita pepo* L.) y leguminosas (*Vicia faba* L., *Phaseolus vulgaris* L. y *Phaseolus coccineus* L.) (Ortiz y Espinoza 2013). En las zonas boscosas más bajas del municipio pueden encontrarse sabinos (*Juniperus deppeana* Steud.), capulines (*Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh.), tepozanes (*Buddleja cordata* Kunth) y arbustos como el azomiate (*Barkleyanthus salicifolius* (Kunth) H. Rob. y Brettell) y la jarilla (*Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers.). En las porciones de bosque cercanas al volcán Malintzin pueden encontrarse encinares y asociaciones pino-encino, cuyas especies dominantes son *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. montezumae* Lamb. y *P. pseudostrobus* Lindl., así como los encinos *Quercus crassipes* Bonpl., *Q. mexicana* Bonpl. y *Q. rugosa* Née (Vibrans, 1997; INEGI, 2013; Villers *et al.* 2006).

El Censo General de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2013) reporta 6791 habitantes en el municipio de Ixtenco y aproximadamente la mitad está dedicada al sector agropecuario. Cajero (2009) reporta 519 hablantes de la lengua indígena “Yum’hu” (otomí) en la entidad, de los cuales más del 85% son mayores de 50 años.

## MÉTODOS

### Selección de los campos de cultivo

Ixtenco cuenta con una gran diversidad de maíces nativos, sin embargo estos cultivares se siembran en una superficie mínima comparada con la destinada para maíz “blanco” o “crema”, cultivares de la raza Cónico x Chalqueño. También perdura el uso de tracción animal para la siembra, combinada con el tractor, la mayoría de las veces. En los últimos quince años una minoría de productores ha optado por sembrar maíces híbridos con el sistema de labranza de conservación y maquinaria especializada.

Esta diversidad de manejos se ordenó en un gradiente de tecnificación de acuerdo con el tipo de semillas usadas, es decir si sembraron maíces nativos o híbridos y la tecnología de labranza utilizada para la siembra (yunta, tractor o maquinaria de precisión). Se distinguieron tres niveles de tecnificación: maíz nativo/yunta, maíz nativo/tractor y maíz híbrido/maquinaria de precisión.

Los campesinos de la localidad identifican tres zonas o pisos ecológicos en el municipio que ya fueron descritos por Ortiz y Espinoza (2013). Estos ambientes se diferencian por ciertas características meteorológicas y agronómicas que se describen a continuación:

- Zona alta: Son aquellos encontrados a las faldas del volcán Malintzin, entre los 2900 a los 2560 m de altitud aproximadamente. Los suelos son pedregosos y ricos en materia orgánica. Es la zona con más precipitaciones y las temperaturas son más frías durante todo el año, pero ocurren pocas heladas.
- Zona media: Se localizan entre los 2560 y los 2470 m de altitud. Predominan suelos de textura gruesa y son los más cercanos a la cabecera municipal. Son menos vulnerables a las heladas que las zonas bajas.

- Zona baja. Ubicados entre los 2470 m hasta los 2350 m de altitud. Los suelos son arenosos y poco inclinados, pero muy susceptibles a deslaves y erosión, a causa del agua arrastrada desde las partes altas. Las heladas son más frecuentes que en los otros ambientes.

Esta variación espacial también fue considerada para elegir los terrenos, de manera que se seleccionaron 26 parcelas con tres niveles de tecnificación, preferentemente colindantes y distribuidas en estos tres ambientes. Así se consiguió tener un panorama representativo general del manejo de maíz en Ixtenco (Figura2).

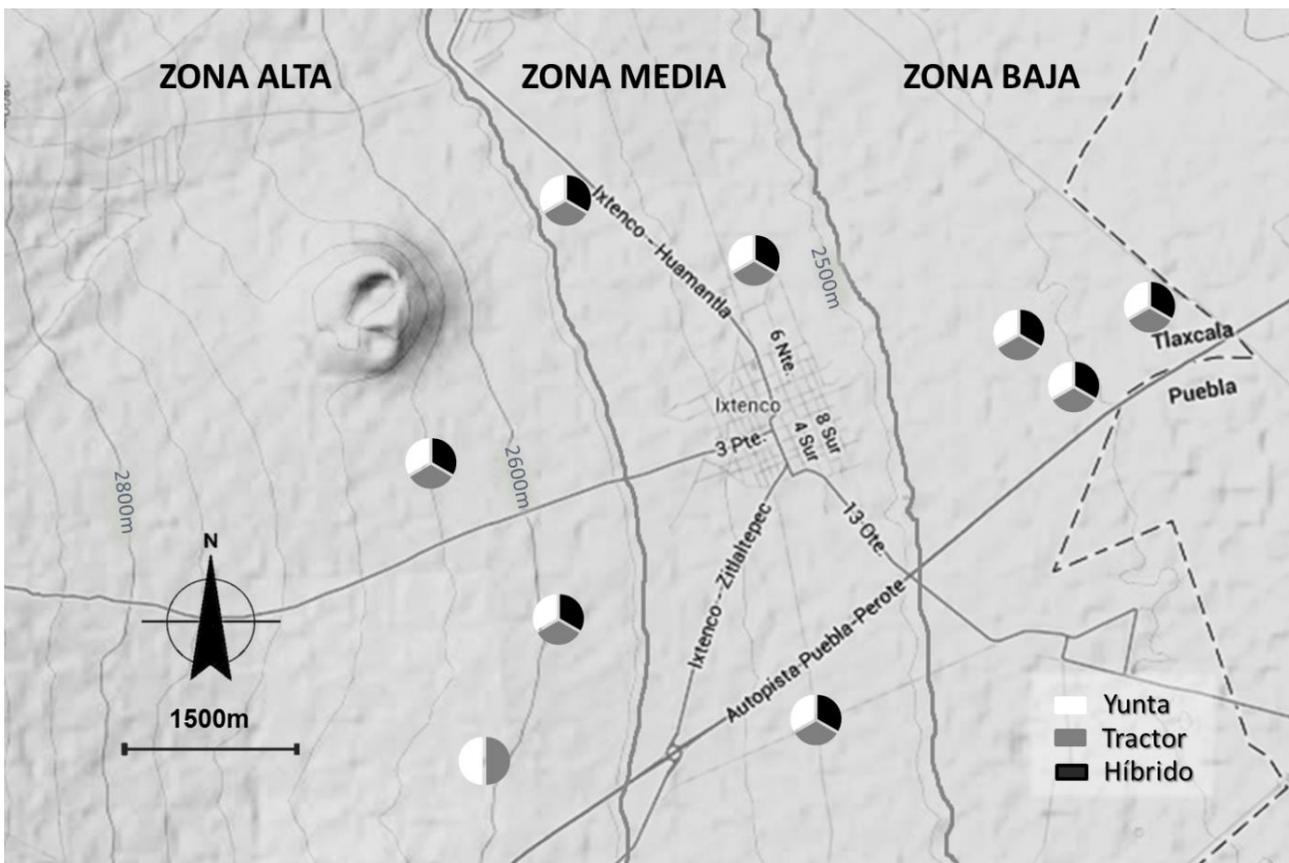


Figura 2. Ubicación geográfica de las parcelas estudiadas en cada piso ecológico identificado, en el municipio de Ixtenco, Tlaxcala (Modificado de Google Maps® 2014).

## Muestreo de las poblaciones arvenses.

Se hicieron recolectas preliminares para reconocer las especies más comunes en los terrenos, los cuales se herborizaron con los métodos estándar. Se siguió el sistema de clasificación APG III (2009). Los ejemplares se identificaron y cotejaron en los herbarios MEXU y CHAPA, y se depositaron las plantas identificadas en el CHAPA.

Los muestreos de arvenses se hicieron durante el mes de septiembre del año 2013 en un cuadrante de 5x5 m ubicado en la esquina sureste de cada terreno, alejado 5 metros de los márgenes para evitar el efecto de borde (Figura 3). Se registraron las diferentes especies y se estimó visualmente su cobertura y abundancia con base en la escala de Braun-Blanquet transformada a porcentaje de cobertura (Cuadro 1).

Cuadro 1 .Escala de Braun-Blanquet para estimar la cobertura y abundancia de las especies

(Modificado de Matteucci y Colma, 1982)

Escala Braun-Blanquet	Amplitud de cobertura	Cobertura promedio (%) Tüxen & Ellenberg (1937)
R	Un individuo con baja cobertura	-
+	Pocos individuos con baja cobertura	0.1
1	>50 individuos, con cobertura < 5%	2.5
2m	<50 individuos, con cobertura <5%	11.6
2a	5-15% cobertura	13.3
2b	15-25% cobertura	24.9
3	25-50% de cobertura	37.5
4	50-75% de cobertura	62.5
5	75-100% de cobertura	87.5

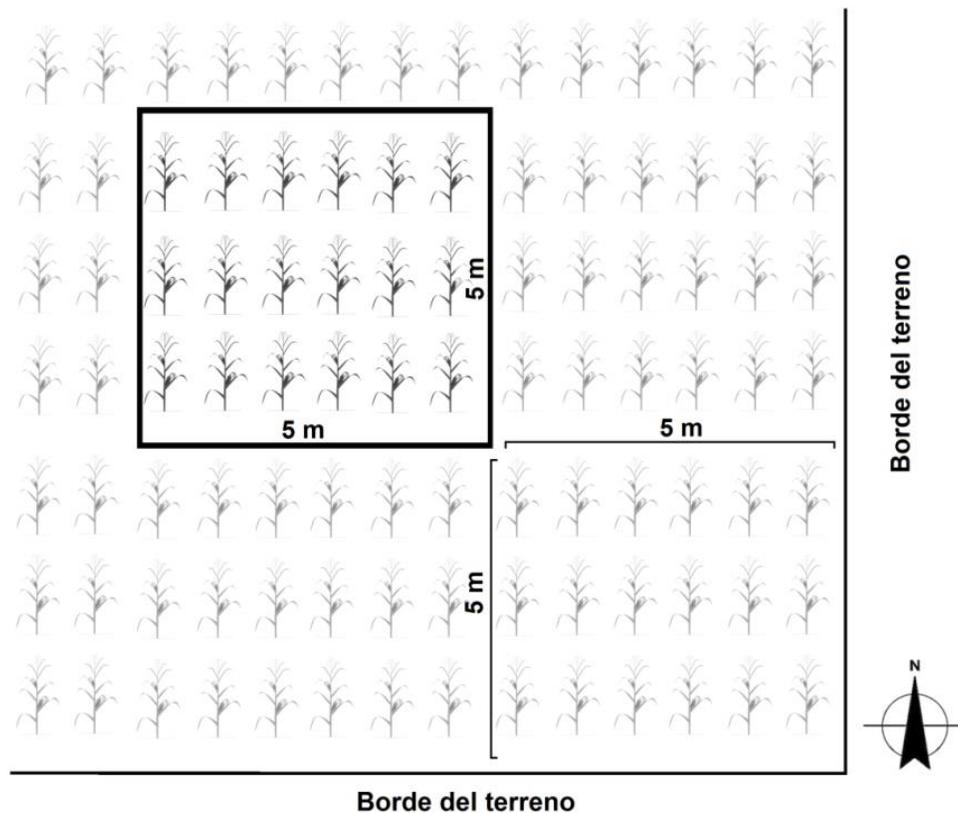


Figura 3. Ubicación de los cuadrantes de muestreo en los terrenos de cultivo.

### Análisis fitogeográfico

Para conocer la afinidad fitogeográfica de las especies arvenses se utilizaron los criterios de clasificación de Vibrans (1998b), quien establece cuatro categorías generales:

Endémicas regionales: Incluye plantas endémicas de México dentro de sus límites políticos, también aquellas que se distribuyen desde el suroeste de Estados Unidos hasta México, las que se restringen a México y América Central (Guatemala y Panamá) y aquellas que se encuentran al oeste de Estados Unidos hasta Centroamérica. Corresponde al Megaméxico descrito por Rzedowski (1991).

Especies ampliamente distribuidas en América: Son plantas que se distribuyen desde el sur de Estados Unidos o México hasta Sudamérica (sur de Panamá), e incluye principalmente especies con afinidad tropical.

Neofitas: También llamadas exóticas, son especies provenientes de otros continentes.

Otras: Son aquellas plantas que tienen una distribución no contemplada en las otras categorías (p.ej. desde Canadá a México, circunboreal o de origen desconocido).

### **Análisis de suelos**

Se tomó una muestra compuesta de suelo superficial de 10 puntos elegidos al azar hasta el fondo de la capa barbechada (aproximadamente 20-25cm de profundidad) por cada parcela estudiada, para analizar su color, textura, densidad aparente, contenido de materia orgánica, pH y nitrógeno total con los métodos descritos en el manual de Muñoz *et al.* (2007).

### **Métodos estadísticos**

Para la evaluación estadística de los datos se empleó un análisis de varianza ( $p < 0.05$ ) y prueba de Tukey con el paquete estadístico InfoStat versión 2013.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se encontraron 49 especies de arvenses pertenecientes a 40 géneros y 19 familias. De éstas, seis especies fueron identificadas sólo a género y no fueron consideradas para los análisis fitogeográficos. La familia Poaceae estuvo representada por un mayor número de especies (13), seguida de la familia Asteraceae (5), Amaranthaceae (4) y Caryophyllaceae (4). En cobertura, sobresale la familia Asteraceae con 28.2% de cobertura promedio, seguida de la familia Poaceae con 8.4% y la familia Cyperaceae con 5.8% (Figuras 4 y 5).

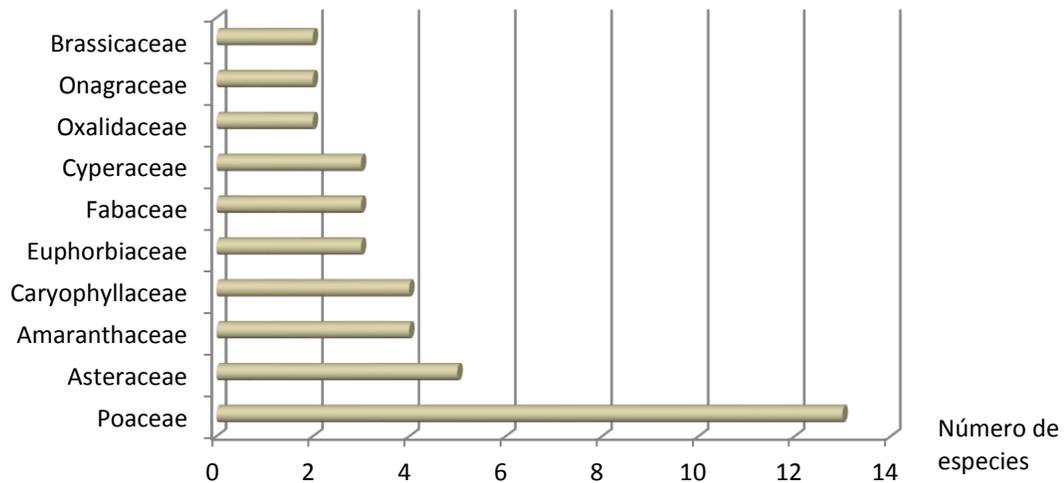


Figura 4. Familias de plantas con mayor número de especies en los terrenos de cultivo de maíz estudiados.

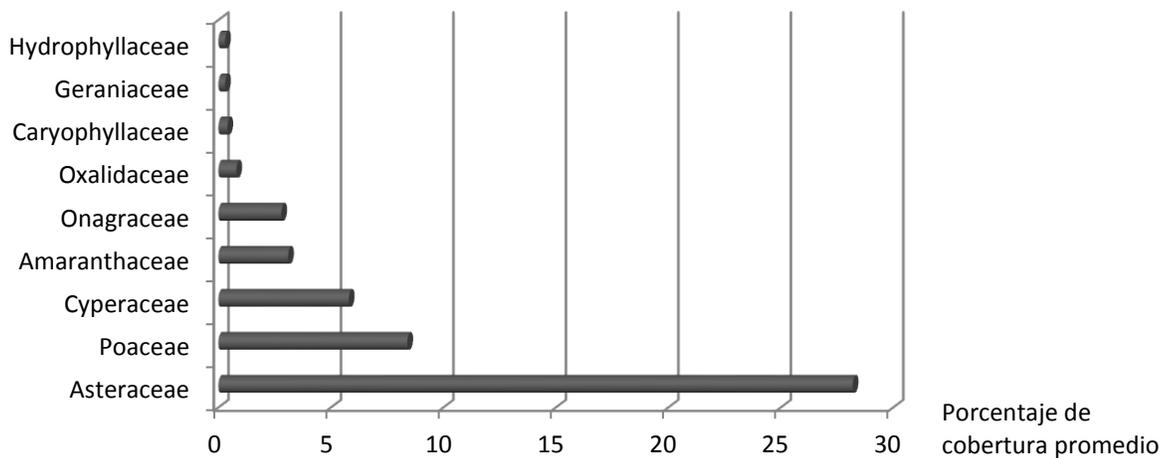


Figura 5. Familias de plantas con mayor cobertura en los terrenos de cultivo de maíz estudiados.

Durante los muestreos se encontraron poblaciones arvenses con un desarrollo morfológico anormal denominado fasciación (Flores, 1994). Estaban afectadas 13 especies de 7 familias diferentes en cultivos de maíz de los tres pisos ecológicos. Las arvenses fasciadas de la familia Asteraceae se ilustran en el Anexo 2. El origen del fenómeno es

desconocido. Los campesinos lo atribuyen al uso inadecuado de herbicidas, aunque también podría deberse a fitopatógenos y otros factores.

El análisis fitogeográfico con los criterios de Vibrans (1998) mostró que el 35% de las especies arvenses encontradas son plantas endémicas regionales, mientras que 30% tienen amplia distribución en América y 20% son neofitas introducidas de otros continentes. Las especies arvenses más representativas por su cobertura promedio en los terrenos se presentan en la Figura 6. El acahual (*Simsia amplexicaulis*) y el mozoquelite (*Bidens odorata*) fueron las plantas más abundantes en casi todos los campos. Estas dos especies son dominantes típicas de los cultivos de maíz del centro de México (Vibrans, 1998b; Rzedowski *et al.* 2005)

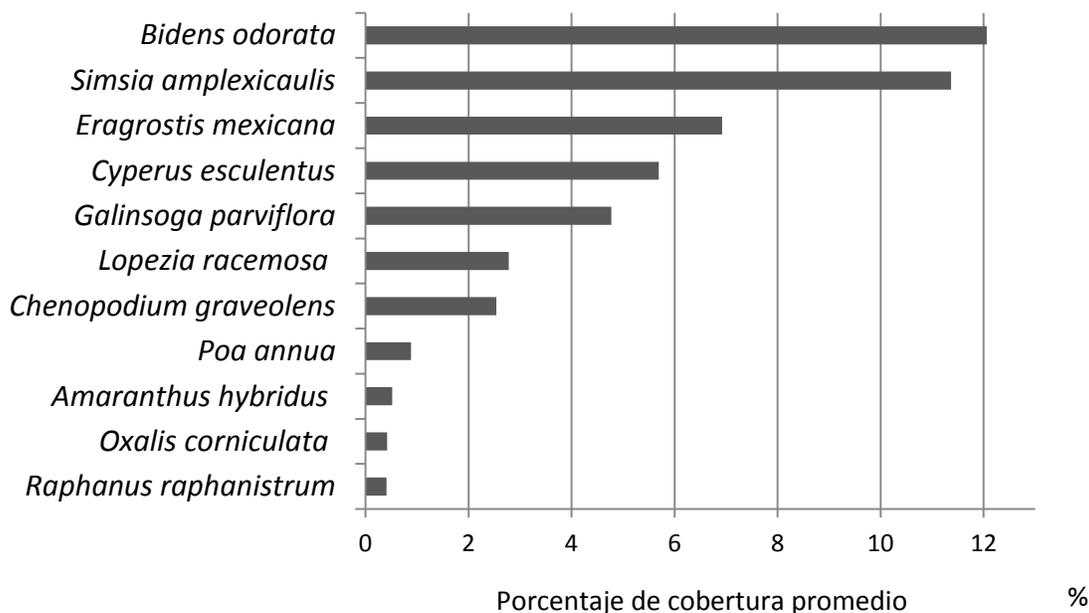


Figura 6. Arvenses con mayor cobertura en los terrenos de cultivo de maíz estudiados.

Las demás especies, *Eragrostis mexicana*, *Lopezia racemosa* Cav. y *Galinsoga parviflora* Cav., ya han sido reportados como elementos importantes en los cultivos de

maíz de la región (Vibrans, 1999; Molina-Freaner *et al.*, 2008). En los terrenos se encontraron plantas útiles como el quintonil (*Amaranthus hybridus* L.), el jaramao (*Raphanus raphanistrum* L.) y quelites (*Chenopodium* spp.). Sin embargo estas arvenses ya no son utilizadas, incluso algunas de ellas casi han desaparecido de los terrenos de cultivo. El “jaltomate” (*Jaltomata procumbens* (Cav.) J.L. Gentry), muy valorado por sus frutos comestibles como golosina, tuvo una cobertura promedio de 0.01% y el “quelite cenizo” (*Chenopodium berlandieri* Moq.), planta comestible, sólo se encontró en un terreno.

Los productores atribuyen el desuso de estas plantas y su desaparición a los herbicidas aplicados en la mayoría de los campos, ya que al saber que se han empleado estos productos prefieren no coleccionar ni consumir las arvenses por temor a la toxicidad y residualidad de los agroquímicos. Estos temores no son desatinados ya que se han documentado ampliamente los efectos negativos a la salud humana, causados por exposición a los herbicidas más usados en Ixtenco: la atrazina, el glifosato y el 2-4D (Swan, 2006; Bejarano, 2007; Anónimo, 2009; Vargas, 2009).

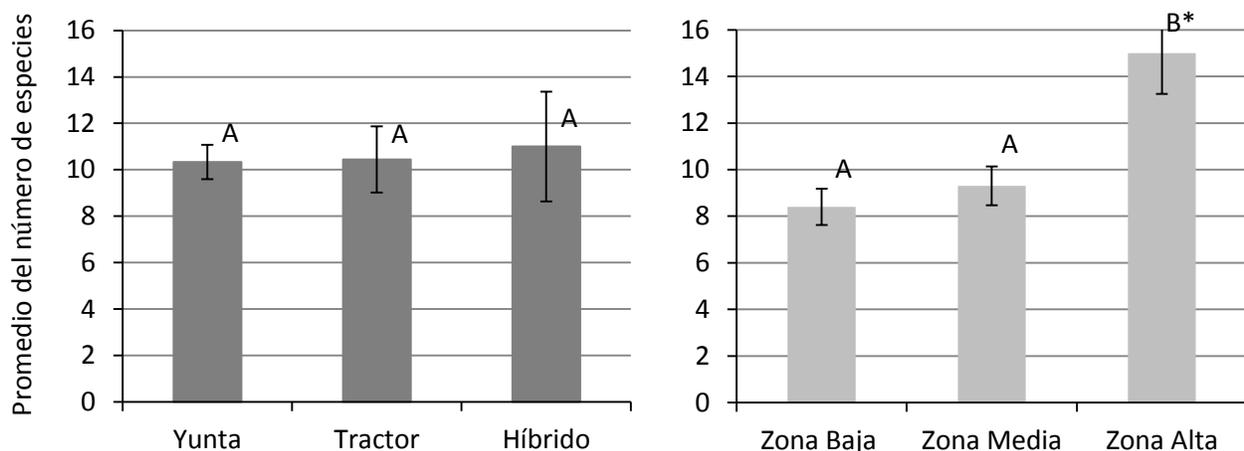


Figura 7. Promedio de número de especies de arvenses (en los cuadrantes de muestreo), de acuerdo con el piso ecológico y la tecnología de labranza empleada.

Los terrenos de la zona alta del municipio tuvieron un número significativamente mayor ( $p=0.0009$ ) de especies arvenses en promedio, mientras que no hubo diferencias en la riqueza de arvenses en el gradiente de tecnificación de los terrenos (Figura 7). Probablemente eso se deba a las mejores condiciones de humedad y nutrimentos que presentan los suelos de las zonas con mayor altitud, además del mayor ingreso de semillas, ya que se encuentran más cercanas a las áreas boscosas de las faldas del volcán. El contenido de materia orgánica de estos suelos también fue significativamente mayor que las zonas altas, con un valor promedio de 2.63%.

El promedio del número de arvenses de maizales híbridos fue el dato con el mayor error estándar. Esto se debió a que uno de los muestreos de maizales híbridos en la zona alta presentó el mayor número de especies (26), pero dicho terreno había estado dos años en descanso y es posible que esto influyera en los resultados ya que el promedio de especies en los otros terrenos fue de 9.96 por cuadrante de muestreo.

El análisis fitogeográfico mostró que los terrenos menos tecnificados tienen una mayor abundancia (no significativa;  $p=0.06$ ) de arvenses nativas mesoamericanas y menor abundancia de neófitas (Figura 8). La proporción de las arvenses con diferente afinidad geográfica no tuvo variaciones considerables entre los terrenos ubicados en los diferentes pisos ecológicos.

El manejo agronómico de los terrenos puede modificar considerablemente la composición florística de las arvenses asociadas a los campos de cultivo. Se ha comprobado que la aplicación de urea durante varios años lleva a una acidificación del suelo y a la inhibición de la actividad de los *Rhizobium*, simbiontes de las leguminosas (Pysek y Leps, 1991; Mc Kenzie, 2003). Además, los herbicidas atrazina y 2,4 D actúan contra plantas

dicotiledóneas, de modo que su empleo aumenta drásticamente la cobertura de pastos arvenses y monocotiledóneas (Radosevich, 1997). En el caso de terrenos mecanizados para la siembra, las especies de *Eragrostis* ocupan gran parte del terreno. Asimismo es notable el caso de *Cyperus esculentus* L., ya que anteriormente no se había registrado su presencia en los campos de la región (Vibrans, 1997; Vibrans, 1998a); también los agricultores aseguraron que era relativamente reciente su llegada a los terrenos de cultivo.

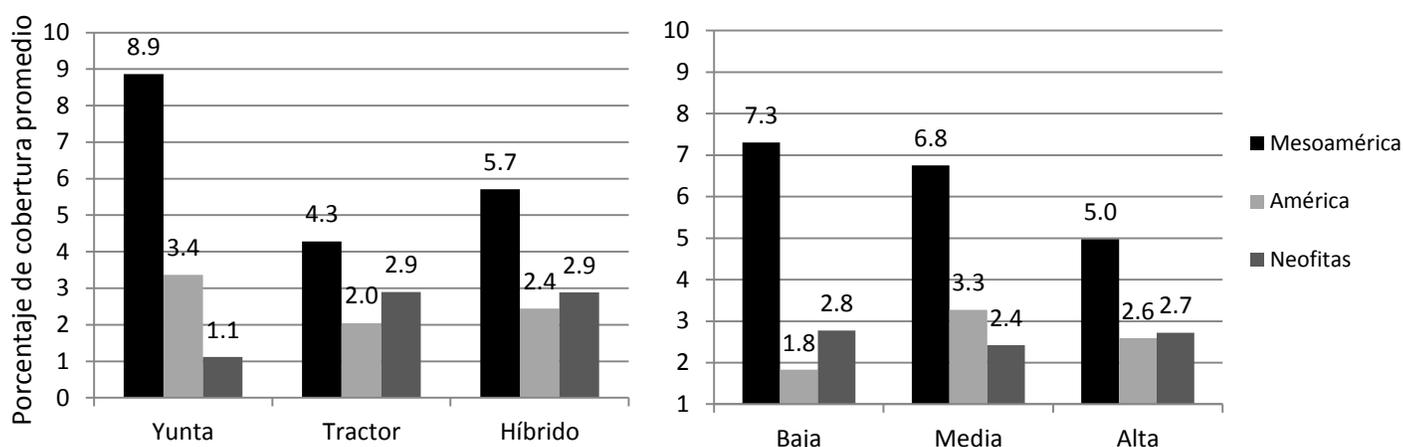


Figura 8. Promedio de la cobertura de arvenses en los terrenos estudiados, de acuerdo con su afinidad fitogeográfica, en los diferentes pisos ecológicos y la tecnología de labranza empleada.

La composición de arvenses de los cultivos de maíz es similar a la reportada por otros estudios de la región y en general tiene elementos dominantes que coinciden con los descritos para las comunidades arvenses del centro de México (Vibrans 1998b, Vibrans, 1999; Molina-Freaner *et al.*, 2008). Sin embargo la mayor abundancia de ciertas especies exóticas en terrenos más tecnificados, y la desaparición de nativas útiles de los campos de maíz, es un cambio ecológico que puede implicar una pérdida de conocimiento y de alternativas de autoabasto. Se están perdiendo elementos que son parte de una lógica campesina dirigida a la autonomía de los individuos, las familias y la comunidad (De Grammont, 2006; Chávez-García *et al.*, 2012; Zurita *et al.*, 2012).

## CONCLUSIONES

Las arvenses dominantes en los terrenos de maíz estudiados fueron especies ya conocidas como importantes en la región, principalmente plantas nativas de Mesoamérica. Sin embargo, se observó la desaparición casi completa de las arvenses útiles anteriormente aprovechadas como alimento, así como la entrada de una especie exótica antes desconocida en el lugar, *Cyperus esculentus*.

La riqueza de arvenses de los terrenos no varió con respecto a las tecnologías agrícolas empleadas pero sí lo hizo de acuerdo con el piso ecológico evaluado; su abundancia no mostró diferencias. Los terrenos menos tecnificados tuvieron una tendencia a presentar mayor abundancia de especies nativas mesoamericanas y menor abundancia de neofitas. Los cambios en la composición arvense parecen obedecer más a un proceso general de tecnificación, y no están ligados estrictamente a formas de manejo particulares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altieri M. A. y J. Trujillo (1987)** The agroecology of corn production in Tlaxcala, México. *Human Ecology* 15:189-220.
- Alvarado, C. M., J. A. Colmenero R., M. de la L. Valderrábano A. (2007)** La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el Estado de Tlaxcala, México. *Ciencia Ergo Sum* 14: 317-326,
- Anónimo (2002)** Norma Oficial Mexicana (NOM) NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. México, D. F.
- Anónimo (2012)** Pronóstico agroclimático Tlaxcala 2012. Secretaría de Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Secretaría de Fomento Agropecuario, Fundación Produce, Tlaxcala A. C. Tlaxcala, México.
- APG III (2009)** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161:105-121.
- Bejarano, G. F. (Ed) (2007)** El 2,4-D razones para su prohibición mundial. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM). Texcoco, Estado de México.
- Cajero M. (2009)** Historia de los Otomíes en Ixtenco. Instituto Tlaxcalteca de la Cultura, Programa de Apoyo a las Culturas Municipales y Comunitarias Tlaxcala, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Tlaxcala, México.

- Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet (2007)** In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100:1101–1115.
- Chávez-García, E., S. Rist, y A. Galmiche-Tejeda (2012)** Lógica de manejo del huerto familiar en el contexto del impacto modernizador en Tabasco, México. *Cuadernos de desarrollo rural* 9:177-200.
- Chiang, F. y A. Lot (Comp.) (1986)** Manual de herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de Flora de México. D.F., México.
- Ciampitti I. A. y T. J. Vyn (2013)** Grain nitrogen source changes over time in maize: A review. *Crop Science* 53:366-377.
- De Grammont H. (2006)** La nueva estructura ocupacional en los hogares rurales mexicanos: de la Unidad Económica Campesina a la Unidad Familiar Pluriactiva. Asociación Latinoamericana De Sociología Rural (ALASRU). Quito, Ecuador, pp. 2 y 12-13.
- Flores O. H. (1994)** Fasciación en un individuo de *Atriplex elegans* (Moq.) D. Dietr. (Chenopodiaceae). *Acta Botánica Mexicana* 26:21-25.
- García, E. (1990)** Climas, 1: 4000 000. IV.4.10 (A). Atlas Nacional de México. Vol. II. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D.F.
- Google Maps (2014)** Google Maps®. Disponible en: <https://www.google.com.mx/maps> (Accesado en febrero de 2014).

**González-Amaro R. M., A. Martínez Bernal, F. Basurto Peña y H. Vibrans (2009)** Crop and non-crop productivity in a traditional maize agroecosystem of the highland of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 5:38-46.

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).** Disponible en:

www.inegi.gob.mx. (Accesado en diciembre de 2014).

**Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED).** Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Disponible en: [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC\\_Enciclopedia](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia) (Accesado en diciembre de 2014).

**Madrigal S. X. y H. Días Barriga (1991)** Un caso teratológico de fasciación en *Agave inaequidens* C. Koch (Amaryllidaceae) en la cuenca de Pátzcuaro, Michoacán (México). *Acta Botánica Mexicana* 15:65-70.

**Muñoz I. D. J., A. Mendoza C., F. López G., A. Soler. A., M. M. Hernández M. (2007)** Edafología Manual de Prácticas. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Tlalnepantla, Estado de México.

**Mc Kenzie, R. H. (2003)** Soil pH and plant nutrients. AgDex 531-4. Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobierno de Alberta, Canadá.

**Nava B. E. G., C. Arriaga J. y M. C. Chávez M. (2000)** La vegetación arvense en sistemas de producción campesinos de dos zonas del municipio de San Felipe del Progreso, México. *Revista Geografía Agrícola* 29:29-42.

**Matteucci, S. D., y A. Colma (1982)** Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington D.C.

- Ortiz B. P. A. y J. Espinoza B. (2013)** Los campesinos de Ixtenco como productores de biodiversidad, selección de semillas y diversidad ecológica en la ladera este del volcán Malinche. En: Conde F., A., P. A. Ortiz Báez, A. Delgado R. y F. Gómez Rábago. *Naturaleza-Sociedad, Reflexiones desde la complejidad*. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlaxcala. pp. 275-278.
- Pyšek, P. y L. Leps (1991)** Response of a weed community to nitrogen fertilization: a multivariate analysis. *Journal of Vegetation Science* 2:237–244.
- Radosevich, S. R., J. S. Holt y C. Ghera (1997)** *Weed Ecology: Implications for Management*. John Wiley and Sons. Nueva York, USA
- Rzedowski, J. (1991)** Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica del México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores (2005)** *Flora Fanerogámica del Valle de México*. 2ª. ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán.
- Vibrans H. (1997)** Listado florístico comentada de plantas silvestres en San Juan Quetzalcoapan, Tlaxcala, México. *Acta Botánica Mexicana* 38:21-67.
- Vibrans H. (1998a)** *Flora und Vegetation der Maisfelder im Raum Puebla-Tlaxcala, Mexiko*. Dissertationes Botanicae 287. J. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- Vibrans H. (1998b)** Native maize field weed communities in south central Mexico. *Weed Research* 38:153-166.

- Vibrans H. (1999)** Epianthropochory in Mexican weed communities. *American Journal of botany* 86:476-481.
- Vieyra-Odilon L. and H. Vibrans (2001)** Weeds as crops: the value of maize field weeds in the Valley of Toluca, México. *Economic Botany* 55:426-443.
- Villers R. L., F. Rojas G. y P. Tenorio L. (2006)** Guía botánica del parque nacional Malinche. Universidad nacional autónoma. Centro de ciencias de la atmósfera. Instituto de biología. México, D.F.
- Zurita B. M. G., E. Léonard. y S. M. Carrière (2012)** Integración mercantil de la milpa campesina y transformación de los conocimientos locales agrícolas. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 18: 37-51.

## ANEXO 1

Listado de especies encontradas en los campos de cultivo de maíz de San Juan Ixtenco, Tlaxcala.  
(Amer.=Americana; Meso.=Mesoamericana; Neof.=Neofita; Cosm.=Cosmopolita)

FAMILIA	Especie	Afinidad Fitogeográfica
Amaranthaceae	<i>Alternanthera caracasana</i> Kunth	Amer.
	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amer.
	<i>Chenopodium berlandieri</i> Moq.	Amer.
	<i>Chenopodium graveolens</i> Willd.	Amer.
Apocynaceae	<i>Matelea prostrata</i> (Cav.) Woodson	Meso.
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i> Cav.	Meso
	<i>Florestina pedata</i> (Cav.) Cass.	Amer.
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Amer.
	<i>Parthenium bipinnatifidum</i> (Ortega) Rollins	Meso.*
	<i>Pinaropappus roseus</i> (Less.) Less. var. <i>roseus</i>	Meso
	<i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.) Pers.	Meso
Boraginaceae	<i>Nama dichotoma</i> (Ruiz & Pav.) Choisy	Amer.
Brassicaceae	<i>Descurainia virletii</i> E. Fourn.	Meso.
	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Neof.
Caryophyllaceae	<i>Arenaria</i> sp.	-
	<i>Drymaria</i> sp.	-
	<i>Scleranthus annuus</i> L.	Neof.

---

\* Esta especie no se encontró en los cuadrantes de muestreo y no fue considerada para los análisis de datos, sin embargo se incluye en la lista de especies fasciadas que se ilustran en el Anexo 2.

	<i>Spergula arvensis</i> L.	Neof.
Commelinaceae	<i>Commelina coelestis</i> Willd.	Meso.
Cucurbitaceae	<i>Sicyos deppei</i> G. Don	Meso.
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Neof.
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Neof
	<i>Cyperus</i> sp.	-
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> aff. <i>hirta</i> L.	Amer.
	<i>Euphorbia</i> sp.	-
	<i>Stillingia zelayensis</i> (Kunth) Müll. Arg.	Meso.
Fabaceae	<i>Cologania obovata</i> Schldl.	Meso.
	<i>Dalea foliolosa</i> (Aiton) Barneby	Meso.
	<i>Dalea obovatifolia</i> Ortega var. <i>obovatifolia</i>	Meso.
Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	Meso.
Malvaceae	<i>Fuertesimalva limensis</i> (L.) Fryxell	Meso.
Onagraceae	<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	Meso.
	<i>Oenothera pubescens</i> Willd. ex Spreng.	Amer.
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Amer.
	<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindl.	Meso.
Papaveraceae	<i>Argemone platyceras</i> Link & Otto	Meso.
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Amer.
	<i>Cynodon</i> aff. <i>dactylon</i> (L.) Pers.	Neof.
	<i>Digitaria</i> aff. <i>ciliaris</i> (Retz.) Koeler	Cosm.
	<i>Eleusine multiflora</i> Hochst. ex A. Rich.	Neof.

	<i>Eragrostis curvula</i> (Schrader) Nees	Neof.
	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Amer.
	<i>Eragrostis</i> sp.	-
	<i>Muhlenbergia</i> sp.	-
	<i>Paspalum distichum</i> L.	Amer.
	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Neof.
	<i>Poa annua</i> L.	Neof.
	<i>Sporobolus indica</i> (L.) Br.	Amer.
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltldl.	Meso.
Solanaceae	<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L. Gentry	Amer.

---

## ANEXO 2

Arvenses fasciadas de la familia Asteraceae encontradas en los cultivos de maíz de Ixtenco, Tlaxcala.



*Parthenium bipinnatifidum* (Ortega) Rollins



*Bidens odorata* Cav.



*Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers.



*Galinsoga parviflora* Cav.



*Florestina pedata* (Cav.) Cass.



**BIOMASA ÚTIL DE CULTIVOS DE MAÍZ NATIVO E HÍBRIDO EN SAN JUAN IXTENCO,  
TLAXCALA, MÉXICO**

**USEFUL BIOMASS OF NATIVE AND HYBRID MAIZE FIELDS IN SAN JUAN IXTENCO,  
TLAXCALA, MEXICO**

Cristóbal D. Sánchez-Sánchez<sup>1</sup>, Heike Vibrans<sup>1\*</sup>, Carlos Castillejos-Cruz<sup>2</sup> y Cecilio Mota-Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. +52 (595) 9520200 Ext. 1335. <sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Batalla 5 de mayo s/n Esq. Fuerte de Loreto. Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa 09230 México D.F. <sup>3</sup>Cecilio Mota Cruz. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Liga Periférico-Insurgentes Sur, No. 4903, Col. Parques del Pedregal, Tlalpan 14010, México, D.F.

*\*Autor de correspondencia:* heike@colpos.mx

**Cornisa: Biomasa útil de maíz en Ixtenco**

## RESUMEN

El mosaico actual de los sistemas productivos de maíz en México es resultado de una mezcla de prácticas y tecnologías modernas y tradicionales. Estas últimas predominan en los cultivos de maíz del estado de Tlaxcala a pesar de las innovaciones desarrolladas y promovidas por diversas instituciones del sector agropecuario. Una práctica tradicional sobresaliente es el aprovechamiento de arvenses y zacate (rastrajo) de maíz para forraje, productos generalmente no contabilizados en reportes de rendimientos. Esta investigación comparó la producción total (grano, zacate y arvenses útiles) de cultivos de maíz bajo diferentes niveles de tecnificación y ambientes en San Juan Ixtenco, Tlaxcala, México. Los tres niveles de tecnificación o manejo se definieron por el tipo de maíz sembrado (nativo o híbrido) y la tecnología de labranza (yunta, tractor o maquinaria de precisión). Los tres ambientes son pisos altitudinales reconocidos localmente. Las 26 parcelas estudiadas fueron preferentemente colindantes, pero con diferente nivel de tecnificación. Se evaluaron los rendimientos de grano y zacate, así como las poblaciones de arvenses sobre superficies de 5 x 5 m en cada parcela. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento del grano de maíz por ambiente o manejo, pero sí un promedio mayor en parcelas manejadas con yunta/semillas nativas. Los maíces nativos, preferidos por los compradores, rindieron 60% más zacate que los híbridos. Las arvenses han dejado de ser aprovechadas en la región, debido principalmente al uso de herbicidas y una menor integración de animales a las unidades de producción. El cultivo de maíces nativos conviene más a muchos productores de Ixtenco, considerando únicamente la producción total. Sin embargo, la tecnología novedosa ahorra tiempo y esto conviene, si el valor del tiempo compensa los costos más altos de la tecnología y los rendimientos totales más bajos.

**Palabras clave:** *Zea mays*, yunta, costo de oportunidad del tiempo, rendimiento total, tecnificación agrícola, Valles Altos.

## SUMMARY

The present-day mosaic of the maize production systems in Mexico is a result of a mixture of traditional and modern practices and technologies. Traditional practices dominate the maize production in the state of Tlaxcala, despite the innovations developed and promoted by various institutions of the agricultural sector. The use of weeds and maize straw for fodder is an important traditional practice not usually included in yield reports. This study compared the total productivity (grain, straw and useful weeds) of maize fields cultivated at different technology levels and environments in San Juan Ixtenco, Tlaxcala, Mexico. The three technology or management levels were defined by the type of maize seed (landrace or hybrid) and the tillage technology (animal, tractor or precision). The three environments were altitude levels recognized locally. The 26 studied fields were preferably adjacent, but of different management levels. The yields of maize grain and straw and the weed populations were documented on plots of 5 x 5 m in each field. No significant differences were found in grain yield between management types or environments, with a higher average in fields with animal traction/landrace seeds. Landrace maizes, preferred by buyers, produced 60% more maize straw than hybrid maizes. Weeds are not used anymore in the region, mainly due to herbicide application and lower integration of animal husbandry in the farms. Landrace maize cultivation is more appropriate for many farmers of Ixtenco, considering only total yield. However, the new technologies save time and are suited if the value of this time compensates for the lower total yield and the higher cost of the technology.

**Index words:** *Zea mays*, yunta, opportunity cost of time, total yield, agricultural technology, central highlands of Mexico.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L. subsp. *mays*) representa 85% del volumen nacional de cereales en México, ocupa el 36% de la superficie sembrada del país (22 millones de ha) y más del 40% de la fuerza de trabajo del sector agrícola, donde la mayoría de los maiceros (85%) trabajan sistemas productivos a pequeña escala (menores a cinco hectáreas) con rendimientos entre 2.5 y 5.6 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2014). Se ha producido de manera tradicional asociado con otras plantas cultivadas y no cultivadas en el sistema mixto conocido como “milpa”, el cual tiene una gran diversidad de configuraciones y manejos. En la actualidad los sistemas productivos de maíz constituyen un mosaico de prácticas y tecnologías modernas y tradicionales.

Los sistemas tradicionales de maíz del estado de Tlaxcala, incluyen técnicas la rotación y asociación con otros cultivos anuales. Son notables los sistemas de maíz intercalado con frutales, el uso de metepantles (terrazas), jagüeyes (estanques de agua) y el uso combinado de tracción animal y tractor (Damián y Ramírez, 2008). Existe una tradición de cría de animales domésticos (tanto los animales de tiro como los productivos, por ejemplo vacas, borregos y cerdos) en sistemas integrados de pequeña escala (Vibrans, 1998; González-Amaro *et al.*, 2009). Los animales domésticos son alimentados con pastoreo y biomasa diversa producida en la misma unidad productiva. Una práctica tradicional sobresaliente es el aprovechamiento de arvenses para forraje y alimento, que constituye un producto adicional no contabilizado en reportes de cosecha convencionales, que puede superar el 50% del valor de cosecha del maíz en grano. De igual manera, el zacate o rastrojo (forraje de la planta seca del maíz) de maíz puede tener un valor importante debido a su uso como forraje (Altieri y Trujillo, 1987; Vieyra-Odilon y Vibrans, 2001; Magdaleno *et al.*, 2005; González-Amaro *et al.*, 2009).

En los últimos 30-40 años, los maiceros de este estado han incorporado nuevas tecnologías, como son los maíces híbridos, maquinaria de precisión, herbicidas y fertilizantes, según sus necesidades y

posibilidades (Damián *et al.*, 2004; INIFAP, 2014). Pero, la gran mayoría (73%) usa solo una parte - alrededor de un tercio - de las recomendaciones del paquete tecnológico del INIFAP para la región (Damián *et al.*, 2007). Resulta importante analizar por qué no todas las innovaciones agronómicas (aparentemente perfeccionadas) han sido adoptadas, y averiguar entonces, si acaso existen elementos del sistema que deban ser revalorados en futuras propuestas de desarrollo.

Esta investigación comparó la producción total (grano, zacate y arvenses útiles) de cultivos de maíz bajo diferentes niveles de tecnificación en San Juan Ixtenco, Tlaxcala. Se espera que los sistemas más tradicionales tengan mayor producción total, considerando toda la biomasa útil, y que esto pueda explicar por qué los productores no aplican las tecnologías más recientes.

### **ÁREA DE ESTUDIO**

El municipio de Ixtenco, Tlaxcala, México, se ubica en la falda oriente del volcán Malintzin (18°15' N, 97°57' W) (Figura 1). Ocupa una superficie de 46.6 km<sup>2</sup> y su altitud varía desde los 2350 m en los terrenos al oriente de la entidad, hasta los 2900 m de la zona poniente (INEGI, 2013). En la zona de estudio predomina el clima C(wo), templado subhúmedo con régimen de lluvias en los meses de mayo a septiembre. Los meses más calurosos son mayo y junio. Tiene una precipitación media anual de 623.7 mm; la temperatura media anual es de 16°C, la temperatura máxima media en agosto alcanza los 30°C y la mínima media alrededor de 0°C en enero (Cajero, 2009; INEGI, 2013; INIFAP, 2014). El municipio cuenta con 6,791 habitantes (INEGI, 2013); 519 son hablantes de “Yum’hu” (otomí), de los cuales más del 85% son mayores de 50 años, y el 45.8% se dedican al sector primario (Cajero, 2009).



Figura 1. : Ubicación geográfica de Ixtenco en México

Los suelos son de origen volcánico, franco-arenosos, ácidos (pH 5.5) y con niveles muy bajos de materia orgánica (1-2.5%) (análisis propios), es decir, poco fértiles. Existen arroyos estacionales así como un manantial del volcán Malintzin que provee de agua potable a la comunidad (Cajero, 2009; INEGI, 2013). La mayor parte de la superficie municipal (82.6 %) se destina al cultivo de maíz nativo de temporal (*Zea mays* L. subsp. *mays*) principalmente en monocultivo, aunque también asociado con calabaza (*Cucurbita pepo* L.), haba (*Vicia faba* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y ayocote (*Phaseolus coccineus* L.). Al poniente del municipio se localizan bosques de pino-encino (*Pinus* spp. y *Quercus* spp.), sabinos (*Juniperus deppeana* Steud.), capulines (*Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh) y otras plantas nativas (Vibrans, 1997; INEGI, 2013; Ortiz y Espinoza, 2013).

## MÉTODOS

### **Reconocimiento y clasificación de los sistemas productivos.**

Se obtuvieron los permisos de las autoridades municipales (Presidencia Municipal y Comisariado Ejidal) y de cada entrevistado en forma oral, después de explicar el alcance del proyecto, que se llevó a

cabo durante el ciclo de cultivo del año 2013. Primero, se aplicaron entrevistas abiertas preliminares a diez productores colaboradores de la Asociación Dignidad Étnica A.C. más algunos otros, para recopilar información cualitativa acerca del cultivo de maíz y los tipos de ambientes y manejos agrícolas en el municipio.

Una vez reconocidos los ambientes y manejos locales, se eligieron 26 parcelas distribuidas en tres pisos ecológicos. Las parcelas seleccionadas fueron preferentemente colindantes (para que presentaran el mismo tipo de suelo y condiciones meteorológicas) y contrastantes de acuerdo con el tipo de semilla sembrada (nativa o híbrida) y la tecnología de labranza (yunta, tractor o maquinaria de precisión). Se distinguieron tres niveles de tecnificación: maíz nativo/yunta, maíz nativo/tractor y maíz híbrido/maquinaria de precisión (Figura 2). Las semillas y maquinaria agrícola están asociados a una serie de otras prácticas, y pueden servir como indicador del grado de modernización del sistema productivo. El maíz nativo era un maíz blanco e intermedio entre Cónico y Chalqueño, y los híbridos eran Aspros® 722 y HC8.

Tipo de semilla	Tecnología de labranza	Piso ecológico		
Maíz nativo (maíz blanco, Cónico x Chalqueño)	Yunta	ZONA BAJA	ZONA MEDIA	ZONA ALTA
	Tractor			
Maíz híbrido (Aspros ® 722 y HC8)	Maquinaria de precisión			

Figura 2. Clasificación de los sistemas productivos de maíz en Ixtenco, Tlaxcala.

### **Análisis de las poblaciones arvenses.**

Se reconocieron las plantas arvenses más comunes con recolectas preliminares. Los ejemplares se identificaron en los herbarios MEXU (Herbario Nacional, UNAM) y CHAPA (Herbario-Hortorio,

Colegio de Postgraduados); se depositaron en CHAPA. Se muestrearon las comunidades arvenses en julio de 2013, en la temporada usual de recolecta de quelites y especies forrajeras, en un cuadrante de 5x5 m en la esquina sureste de cada terreno, alejado 5 m de los márgenes para evitar el efecto de borde (Figura 2). Se estimó visualmente la cobertura y abundancia de cada especie (escala de Braun-Blanquet transformada en porcentaje de cobertura). Con entrevistas abiertas a los responsables de los terrenos, se documentó el conocimiento y aprovechamiento actual de las arvenses.

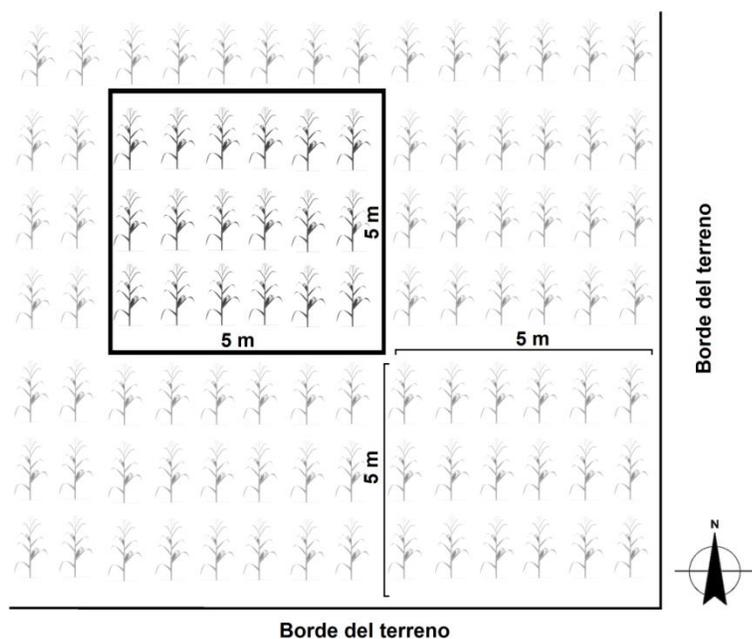


Figura 3. Posición del cuadrante de muestreo en el campo de cultivo.

### **Estimación de rendimiento en campo.**

Se midió el peso a punto de cosecha del zacate y las mazorcas con brácteas (totomoxtle) de todas las plantas presentes en el mismo cuadrante de 5x5 m usado para los muestreos de arvenses (Figura 3). Seguidamente se pesaron por separado el grano, el olote (raquis de la mazorca) y las brácteas de una muestra de 10 mazorcas por cuadrante. El grano de cada mazorca se almacenó en bolsas de papel y se secó durante 7 días bajo el sol en un invernadero a aproximadamente a 45 °C de temperatura máxima. Los granos se pesaron nuevamente para calcular el peso perdido durante del secado y se ajustaron los

datos de campo para estimar el rendimiento. Se usaron estos métodos, y no otros más estandarizados para medir el rendimiento de grano, debido al interés por conocer la biomasa aprovechada al momento de la siega del maíz y para no entorpecer las labores de los productores. Además, era importante contar con los datos de grano, zacate y arvenses sobre la misma superficie. Para la evaluación estadística de los datos se empleó un análisis de varianza ( $p < 0.05$ ) y prueba de Tukey con el paquete estadístico InfoStat versión 2013.

### **Entrevistas sobre prácticas agrícolas, usos y rendimiento.**

Se hicieron entrevistas semiestructuradas acerca de las prácticas agrícolas, la biomasa útil de los cultivos, así como el rendimiento esperado a los responsables del cultivo de las parcelas, 20 productores hombres, con edades entre los 44 y los 74 años. Algunos eran dueños de varias parcelas muestreadas, sobre todo de aquellas de maíces híbridos, debido a que son pocos los que utilizan esta tecnología en el municipio.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Ambientes agronómicos locales.**

Los tres ambientes agrícolas reconocidos por los entrevistados coincidieron con los tres “pisos ecológicos” agronómicos descritos por Ortiz y Espinoza (2013) para Ixtenco, y que se tomaron en cuenta para la ubicación de las parcelas estudiadas (Figura 4):

- Terrenos de la zona alta en las faldas de la Malinche, desde los 2900 a los 2560 m de altitud aproximadamente. Son ricos en materia orgánica y conservan bien la humedad, pero son muy pedregosos y dificultan el uso de tractor. Es la zona de mayor precipitación y temperaturas más frías durante todo el año, pero pocas heladas.

- Terrenos de la zona media entre los 2560 y los 2470 m de altitud. Predominan suelos de textura gruesa y son los más cercanos a las viviendas, y por lo tanto reciben mayores atenciones. Son menos vulnerables a las heladas que las zonas bajas.
- Terrenos de zona baja entre los 2470 m hasta los 2350 m de altitud. Sus suelos arenosos y poco inclinados, sin terrazas o “metepantles”, son susceptibles a deslaves y erosión hídrica. Son muy valorados por los productores por ser mecanizables; a pesar de su pobreza original, con fertilizantes son altamente productivos. Las heladas a destiempo son más comunes y se siembra más tarde que en las zonas más altas.

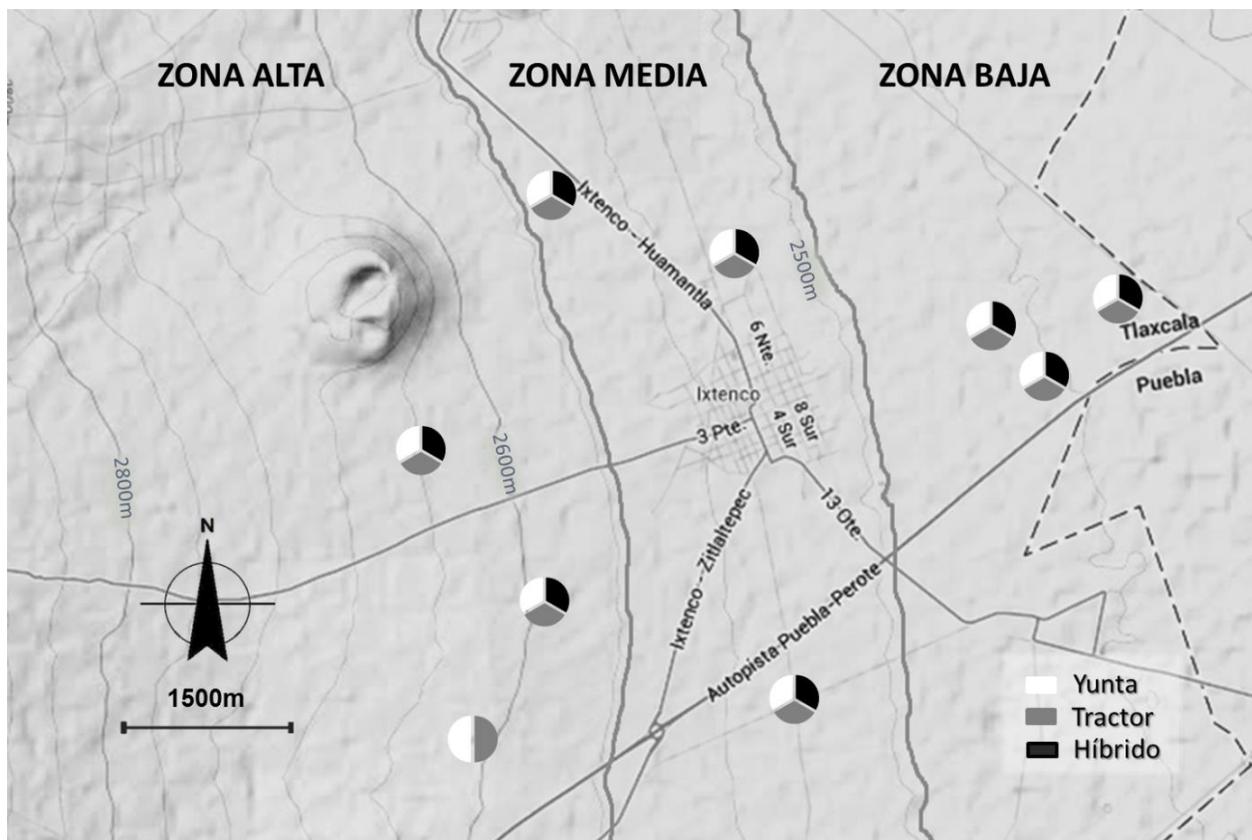


Figura 4. Ubicación geográfica de las parcelas estudiadas en cada piso ecológico identificado, en el municipio de Ixtenco, Tlaxcala (Modificado de Google Maps® 2014).

### Las arvenses y su aprovechamiento.

Se identificaron 49 especies de arvenses pertenecientes a 40 géneros y 20 familias. La figura 5 muestra las especies arvenses con la mayor cobertura promedio. El acahual (*Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers.) y el mozoquelite (*Bidens odorata* Cav.) tenían la mayor presencia en casi todas las parcelas. Estas dos especies nativas son arvenses dominantes en los cultivos de maíz del centro de México (Vibrans 1998; Nava *et al.* 2000, González-Amaro *et al.*, 2009). Asimismo *Lopezia racemosa* Cav. y *Galinsoga parviflora* Cav. son importantes en los cultivos de maíz en los valles altos (Vibrans, 1999; Molina-Freaner *et al.*, 2008). *Cyperus esculentus* L., en cuarto lugar, no se conocía como arvense sobresaliente en la región. Varios productores aseguraron que anteriormente era desconocida y que la aplicación de herbicidas selectivos para plantas con hoja ancha causó la proliferación. *Sicyos microphyllus* Kunth, llamada “papalacosa”, también se volvió más problemática por cambios en el manejo agronómico.

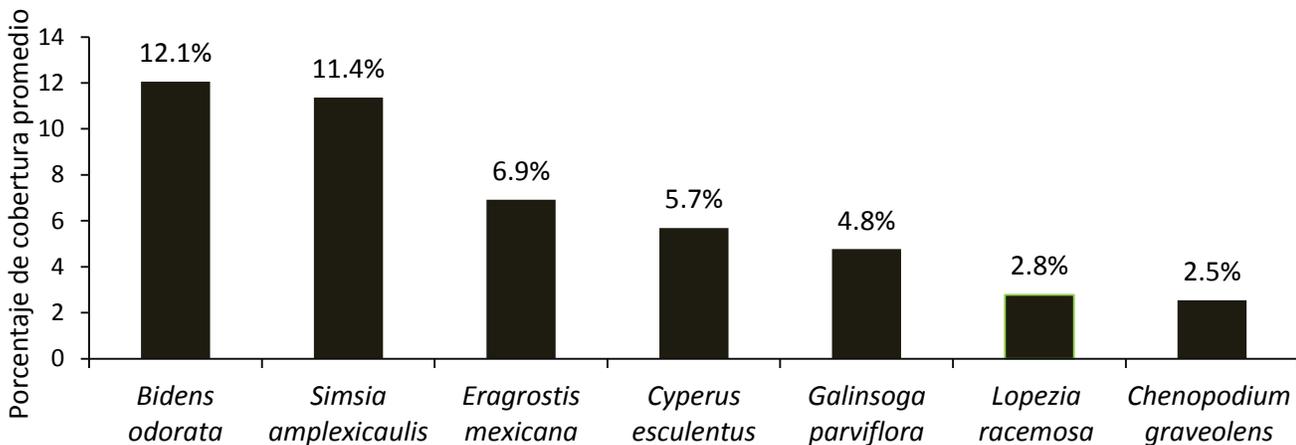


Figura 5. Especies de arvenses con mayor cobertura en los terrenos de cultivo de maíz estudiados.

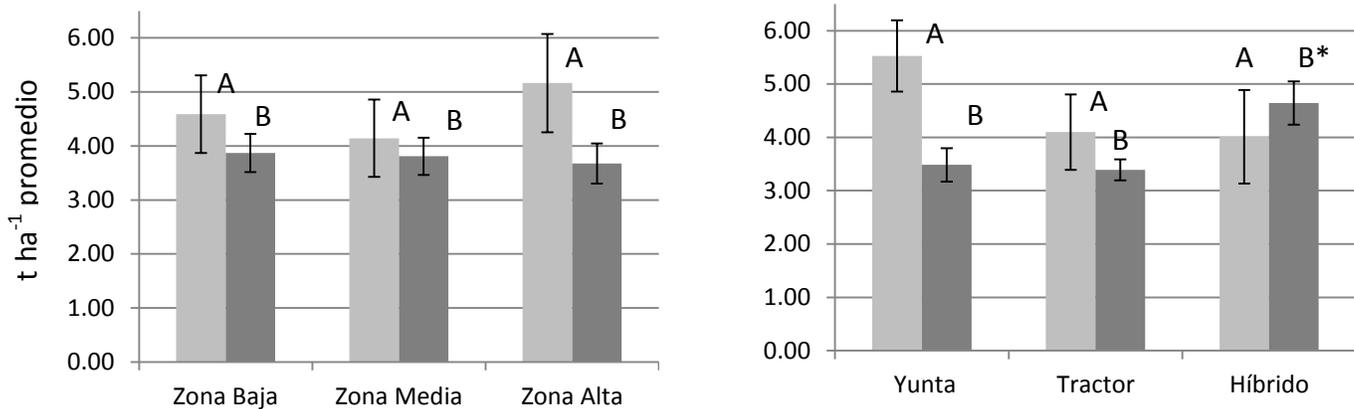
En el área de estudio, las arvenses ya no se usan, a pesar de que fue una práctica ampliamente conocida en la región (Vibrans, 1997; González-Amaro *et al.*, 2009). Los productores todavía conocían la utilidad alimenticia de plantas como el quelite cenizo (*Chenopodium berlandieri* Moq.), el quintonil (*Amaranthus hybridus* L.) y el jaltomate (*Jaltomata procumbens* (Cav.) J.L. Gentry), así como las

plantas forrajeras, principalmente el acahual (*Simsia amplexicaulis*) y el mozoquelite (*Bidens odorata*). Algunas plantas comestibles casi han desaparecido de los terrenos de cultivo. El jaltomate sólo se encontró en cinco terrenos con una cobertura mínima y el quelite cenizo en uno. Los entrevistados atribuyeron la desaparición y el desuso de estas plantas a los herbicidas. Al saber que se han empleado los agroquímicos prefieren no coleccionar ni consumir las arvenses por temor a la toxicidad y residualidad. Las unidades de producción ya casi no tienen ganado, así que tampoco se aprovechan las especies forrajeras (Damián-Huato *et al.*, 2011). Por estas razones, las arvenses no fueron consideradas en los análisis de rendimientos de biomasa útil.

### **Rendimiento del grano.**

El rendimiento medido del grano varió entre 3.4 y 5.4 t ha<sup>-1</sup> (Fig. 6); se trató de un año favorable, de acuerdo con los entrevistados. Estos valores son considerablemente más altos que las 2.86 t ha<sup>-1</sup> de grano registradas por el SIAP (2014, en línea) para el año evaluado (2013) en Ixtenco, con maíces y métodos no especificados, y no tenemos explicación para esta diferencia.

El rendimiento no varió significativamente entre de los terrenos en distintos ámbitos ecológicos, o de los diferentes niveles de tecnificación, si bien las parcelas trabajadas con yunta mostraron los mayores rendimientos en promedio. Esto contrasta de las estimaciones de los propietarios de las parcelas, quienes indicaron en las entrevistas que se obtiene mayor rendimiento de los maíces híbridos ( $p=0.018$ ) en comparación con los maíces nativos manejados con yunta y con tractor (Figura 6).



\*  $p \leq 0.05$

Figura 6. Rendimiento del grano ( $t\ ha^{-1}$ ) promedio calculado a partir del peso de mazorcas a punto de cosecha (A) y con datos de las entrevistas (B), de acuerdo con el piso ecológico y el nivel de tecnificación

Las diferencias entre las mediciones de los rendimientos en campo y las estimaciones de los propietarios pueden deberse a equivocaciones de los entrevistados o a limitaciones en el método de muestreo. Se observó que la altura y la densidad del maíz fue menor en los bordes de la mayoría de las parcelas sembradas con tractor o maquinaria de precisión, debido a las maniobras que hace la maquinaria al dar la vuelta en las orillas y que aplastan a las plantas. En algunos casos las plantas a más de cinco metros de las orillas fueron afectadas.

Otras consideraciones apoyan los resultados de las mediciones. Con yunta, las maniobras de barbecho y de las labores se hacen más lentamente y con mayor precisión; el agricultor puede esquivar obstáculos y controlar mejor la profundidad de labranza, además de que los animales de tiro no compactan el suelo como lo hace el tractor; así se aprovechan mejor las plantas de las orillas (Cruz y Hernández, 1989; Suárez *et al.*, 2005). Varios entrevistados conocían el fenómeno: “la yunta es mejor para las labores y no te daña tanto las plantas

como el tractor, lo malo es que va lenta”, “el manejo de tractor tarda años en aprenderse”, “el tractor es mejor para labores pesadas como el barbecho, pero para lo demás la yunta da mejores resultados”. Algunos estudios recientes recomiendan el uso combinado de la tracción animal con la maquinaria moderna (Suárez *et al.*, 2005; Ayala *et al.*, 2012).

Maíces híbridos generalmente se pueden sembrar más densamente (60 mil ha<sup>-1</sup> recomendadas) (Tadeo-Robledo *et al.* 2015) que los nativos (menos de 45 mil plantas ha<sup>-1</sup> en la región de estudio). Pero, las recomendaciones a menudo son mal atendidas (Damián y Ramírez, 2008). Además, se ha encontrado que algunas de las circunstancias ambientales (granizadas, heladas) en Tlaxcala pueden impedir el desarrollo óptimo de los maíces mejorados (Damián *et al.*, 2009.). Una ventaja destacada de los maíces híbridos es su resistencia al acame, mientras los maíces nativos de los Valles Altos son susceptibles; el acame dificulta la cosecha, aumenta la pudrición de mazorca y por lo tanto es un factor limitante del rendimiento (González *et al.* 2007). El tiempo y la experiencia en el manejo de estas nuevas tecnologías también es un factor importante a considerar. En esta investigación, los productores con más años de experiencia en el manejo de cultivos híbridos registraron los mejores rendimientos.

Los pocos estudios comparativos - todos experimentales - muestran resultados contrastantes para el rendimiento del grano. Por ejemplo, en 2010 Arellano *et al.* (2013) registraron rendimientos de maíces azules mejorados de temporal de 10.6 y 9 t ha<sup>-1</sup>, en dos municipios de la región de estudio (Calpulalpan y Huamantla respectivamente) que puede indicar un gran potencial productivo si la tecnología se implementa adecuadamente (Damián y Ramírez, 2008). Pero, también es posible que los factores desfavorables mencionados reducen las ventajas de los híbridos y los mantengan a la par con los nativos

sobresalientes, como sucedió en el estudio comparativo de Tadeo-Robledo *et al.* (2015) en Cuautitlan, Izcalli, Estado de México.

El cultivo de maíces híbridos, por su grado de mecanización, requiere menos tiempo. El productor puede invertir el tiempo ganado en otros trabajos u otros terrenos, siempre y cuando cuente con opciones. Esta ganancia en tiempo tiene que ser valorada con relación en la inversión adicional en maquinaria, semillas, etc., que requiere la siembra de híbridos. En otras palabras, el costo de oportunidad del tiempo del agricultor es un factor determinante, y tiene que ser relativamente alto para que estas nuevas tecnologías sean rentables (De Grammont, 2006).

#### **Rendimiento del zacate o rastrojo del maíz.**

El maíz nativo produjo 60 % más zacate que el maíz híbrido (Figura 7; la relación es significativa). Este valor coincide con los resultados de Elizondo y Boschini (2002); ellos encontraron que el maíz nativo superó al híbrido en un 64 % más en producción de biomasa verde. El porte bajo de los maíces mejorados (1.6 a 2.2 m vs. 2.4 a 3 m de los maíces nativos) explica esta diferencia (Elizondo y Boschini, 2002).

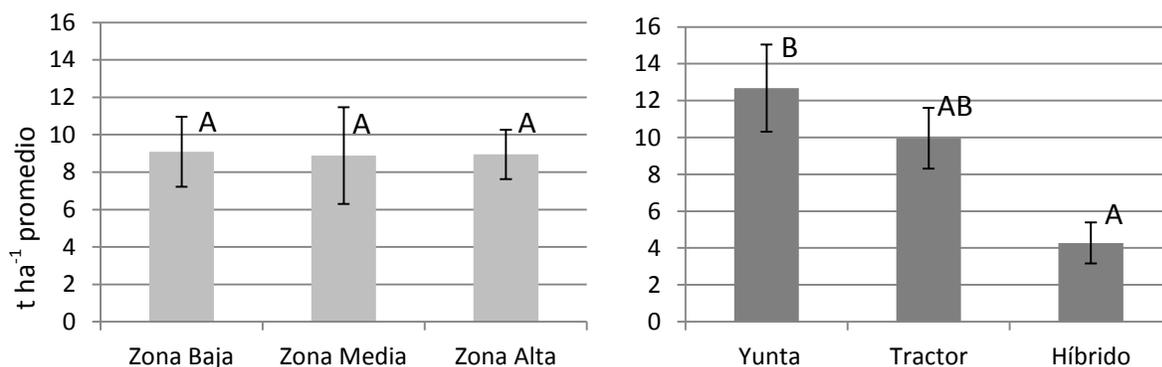


Figura 7. Rendimiento del zacate ( $t\ ha^{-1}$ ) promedio calculado a partir del peso de las plantas a punto de cosecha, de acuerdo con el piso ecológico y el nivel de tecnificación.

Además varios productores entrevistados resaltaron que los compradores de zacate forrajero evitan comprar pacas de maíces híbridos, a pesar de ser de líneas recomendadas para grano y forraje (de acuerdo con la ficha técnica de los híbridos de Aspros®, en línea). Según ellos, el ganado prefiere el zacate del maíz nativo. Los productores de maíz híbrido generalmente incorporan los esquilmos al suelo, como parte del manejo de labranza de conservación (Ramírez-López *et al.*, 2013).

### **Observaciones generales.**

Los híbridos utilizados en Ixtenco no están diseñados para suplir las necesidades locales de forraje como lo hacen los maíces nativos. Esto representa una pérdida importante de alternativas de ingresos. Vásquez *et al.* (2012) indican que híbridos de Tlaxcala con mayor estabilidad en rendimiento, no tuvieron la mejor calidad de grano para el proceso de nixtamalización, ni cumplieron las especificaciones de la industria de harinas nixtamalizadas debido a la suavidad de su grano.

Existen pocos estudios que evalúen el desempeño real de cultivares híbridos y nativos bajo el manejo actual de los productores y que incluyan una evaluación integral de costos y beneficios (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005a, Kibet *et al.*, 2009). Las investigaciones por lo general consisten en evaluaciones experimentales que se centran en los rendimientos y utilizan uno o varios cultivares de maíces nativos como testigo sin considerar la diversidad local con sus respectivos manejos y productos.

### **La simplificación de los agroecosistemas y sus consecuencias.**

Los árboles en las orillas de las parcelas son comunes en el estado de Tlaxcala, incluyendo localidades circundantes a Ixtenco (Altieri y Trujillo, 1987). Actualmente, son escasos en los terrenos del municipio. Los entrevistados indicaron que anteriormente había más árboles, sobre todo frutales, pero fueron removidos porque hospedaban la oruga de un lepidóptero que consumía el follaje del maíz y causó pérdidas importantes en la década pasada.

Un problema relacionado tiene su origen en los deslaves por erosión hídrica en la zona baja del municipio. Con las lluvias, se abren cárcavas que arrastran el suelo e incluso causan conflictos sociales, pues los caminos también se arruinan y los productores invaden linderos de terrenos ajenos para poder transitar. Se deben principalmente a la falta de técnicas de conservación, como terrazas o hileras de magueyes y árboles frutales. El 93.7% de la superficie de Tlaxcala registra algún grado de erosión; en Ixtenco es severo (Alvarado *et al.*, 2007). Es un limitante importante del desarrollo agrícola en México (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005a). El problema requiere de acciones a corto plazo.

## **CONCLUSIONES**

Las arvenses han dejado de ser aprovechadas en la región, debido principalmente al uso de herbicidas y una menor integración de animales a las unidades de producción.

Los maíces nativos convienen a muchos productores de Ixtenco considerando la producción total de semilla y zacate, incluso sin el aprovechamiento de arvenses. Sin embargo, la tecnología novedosa ahorra tiempo y esto implica ganancias de otra naturaleza para los productores con alternativas.

Es necesario evaluar las estrategias de investigación agrícola y las sugerencias de tecnología novedosa para la región. Las recomendaciones oficiales se centran en unos

cuantos cultivares híbridos y se hacen extensivas a regiones muy diversas (Barrios-Ayala *et al.*, 2004). Esto explica en gran parte el bajo impacto que tienen dichas innovaciones sobre los rendimientos. Se trata de que las tecnologías se adapten a las necesidades locales y no que éstas tengan que adaptarse a las tecnologías disponibles (Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005a; Turrent-Fernández y Cortés-Flores, 2005b). Si esto no es posible, entonces la vía más prometedora es la investigación en la variación del germoplasma y de las técnicas locales existentes.

### **AGRADECIMIENTOS**

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) la beca otorgada para llevar a cabo sus estudios de maestría. Agradecemos a Cornelio Hernández y Teresa Solíz por todas sus atenciones; asimismo a la familia Vargas Mexicano, a la familia Domínguez, a la familia Bixano y a los miembros de la Asociación Dignidad Ética A.C. y los productores que hicieron posible esta investigación.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Altieri M. A. and J. Trujillo (1987)** The agroecology of corn production in Tlaxcala, México. *Human Ecology* 15:189-220.
- Alvarado C. M., J. A. Colmenero R., M. de la L. Valderrábano A. (2007)** La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el Estado de Tlaxcala, México. *Ciencia Ergo Sum* 14:317-326.
- Arellano V. J. L., I. Rojas M. y G. F. Gutiérrez H. (2013)** Híbridos y variedades sintéticas de maíz azul para el Altiplano Central de México: potencial agronómico y estabilidad del rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4:999-1011.

- Ayala G. A. V, L. Cortés E., B. S. Larqué S., D. Ma. Sangerman-Jarquín, M. Garay H.**  
(2012) Situación de la mecanización del Estado de México: el caso de Teotihuacán, Tepotzotlán y Zumpango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4:838-846.
- Barrios-Ayala A., A. Turrent-Fernández, J. I. Cortés-Flores, C. A. Ortiz-Solorio, N. O. Gómez-Montiel y A. Martínez-Garza (2004)** Interacción genotipo x prácticas de manejo en híbridos de maíz. Efectos sobre el diseño de recomendaciones. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:399-407.
- Cajero M. (2009)** Historia de los Otomíes en Ixtenco. Instituto Tlaxcalteca de la Cultura, Programa de Apoyo a las Culturas Municipales y Comunitarias Tlaxcala, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Tlaxcala, México.
- Cruz L. A. y E. Hernández X. (1989)** Consideraciones iniciales sobre la tracción animal en la agricultura mexicana. *Revista de Geografía Agrícola* 19:137-143.
- Damián M. H., B. Ramírez, A. Gil, N. Gutiérrez, A. Aragón, R. Mendoza, J. Paredes, T. Damián y A. Almazán (2004)** Apropiación de Tecnología Agrícola: Características Técnicas y Sociales de los Productores de Maíz de Tlaxcala. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Damián H. M., B. Ramírez V., F. Parra I., J. A. Paredes S., A. Gil M., A. Cruz L. y J. F. López O. (2007)** Apropiación de tecnología por productores de maíz en el estado de Tlaxcala, México. *Agricultura Técnica en México* 33:163-173.
- Damián H. M. A. y B. Ramírez V. (2008)** Dependencia científica y tecnologías campesinas. El caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala. *Economía y Sociedad* 21:59-76.

**Damián H. M. A., B. Ramírez V., F. Parra I., A. Gil. Muñoz, J. F. López O., A. Cruz**

**L. (2009)** Método para evaluar el empleo adecuado de tecnología entre los maiceros del estado de Tlaxcala. *Revista Geografía Agrícola* 43:33-49.

**Damián-Huato, M. A., B. Ramírez-Valverde, A. Aragón-García y J. F. López-Olguín**

**(2011)** Diversificación económica, siembra de maíz y rendimientos de los productores del estado de Tlaxcala, México. *Economía, Sociedad y Territorio* 36:513-537

**De Grammont H (2006)** La Nueva Estructura Ocupacional en los Hogares Rurales

Mexicanos: de la Unidad Económica Campesina a la Unidad Familiar Pluriactiva. Asociación Latinoamericana De Sociología Rural (ALASRU). Quito, Ecuador, pp. 2 y 12-13.

**Elizondo J. y C. Boschini (2002)** Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido.

*Agronomía Mesoamericana* 13:13-17.

**González-Amaro R. M., A. Martínez Bernal, F. Basurto Peña and H. Vibrans (2009)**

Crop and non-crop productivity in a traditional maize agroecosystem of the highland of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 5:38-46.

**González H. A., L. M. Vázquez G., J. Sahagún C., J. E. Rodríguez Pérez y D. de J.**

**Pérez L. (2007)** Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura Técnica en México* 33:33-42

**INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).** Disponible en:

[www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx). (Accesado en diciembre de 2014).

**INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias).**

Consulta en línea de las estaciones climáticas en México. Disponible en:

[www.agromapas.inifap.gob.mx/estaciones/index.html](http://www.agromapas.inifap.gob.mx/estaciones/index.html) (Accesado en diciembre de 2014).

**Kibet S. C, C. López-Castañeda y J. Kohashi-Shibata (2009)** Efecto del nivel de humedad y nitrógeno en el suelo en el comportamiento de maíces híbridos y criollos de los valles altos de México. *Agronomía Costarricense* 33:103-120.

**Magdaleno M., L., E. García M., J. I. Valdéz H. y V. de la Cruz I. (2005)** Evaluación del sistema agroforestal "árboles en terrenos de cultivo" en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28:203-212.

**Molina-Freaner F., F. Espinosa-García and J. Sarukhán-Kermez (2008)** Weed population dynamics in a rain-fed maize field from the Valley of México. *Agrociencia* 42:499-511.

**Nava B. E. G., C. Arriaga J. y M. C. Chávez M. (2000)** La vegetación arvense en sistemas de producción campesinos de dos zonas del municipio de San Felipe del Progreso, México. *Revista Geografía Agrícola* 29:29-42.

**Ortiz B. P. A. y J. Espinoza B. (2013)** Los campesinos de Ixtenco como productores de biodiversidad, selección de semillas y diversidad ecológica en la ladera este del volcán Malinche. En: Conde F., A., P. A. Ortiz Báez, A. Delgado R. y F. Gómez Rábago. *Naturaleza-Sociedad, Reflexiones desde la Complejidad*. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlaxcala. pp. 275-278.

**Ramírez-López A., T. D. Beuchelt y M. Velasco-Misael (2013)** Factores de adopción y abandono del sistema de agricultura de conservación en los Valles Altos de México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo* 10:195-214.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2014).** Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (Accesado en diciembre de 2014).
- Suárez J., A. Ríos y P. Sotto (2005)** El tractor y la tracción animal. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 14:40-43.
- Tadeo-Robledo M., B. Zamudio-González, A. Espinosa-Calderón, A. Turrent-Fernández, A. L. Cárdenas-Marcelo, C. López-López, I. Arteaga-Escamilla y R. Valdivia-Bernal (2015)** Rendimiento de maíces nativos e híbridos en diferente fecha de siembra y sus unidades calor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:33-43.
- Turrent-Fernández A. y J. I. Cortés-Flores (2005a)** Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana* 23:265-272.
- Turrent-Fernández A. y J. I. Cortés-Flores (2005b)** Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: II. Producción de alimentos. *Terra Latinoamericana* 23:273-381.
- Vázquez C. M. G., D. Santiago R., Y. Salinas M., I. Rojas M., J. Arellano V., G. Velázquez C. y A. Espinosa C. (2012)** Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en Valles Altos de Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:229-237.
- Vibrans H. (1997).** Listado florístico comentada de plantas silvestres en San Juan Quetzalcoapan, Tlaxcala, México. *Acta Botánica Mexicana* 38:21-67.
- Vibrans H. (1998)** Flora und Vegetation der Maisfelder im Raum Puebla-Tlaxcala, Mexiko. *Dissertationes Botanicae* 287. J. Cramer, Berlin, Stuttgart.

**Vibrans H. (1999)** Epianthropochory in Mexican weed communities. *American Journal of Botany* 86:476-481.

**Vieyra-Odilon L. and H. Vibrans (2001)** Weeds as crops: the value of maize field weeds in the Valley of Toluca, México. *Economic Botany* 55:426-443.

## CONCLUSIONES GENERALES

Se encontraron cambios profundos en los cultivos de maíz de la región, que conducen principalmente a una simplificación del sistema. En Ixtenco se han abandonado muchas prácticas y tecnologías que han sido documentadas previamente. Las arvenses han dejado de ser aprovechadas, debido principalmente al uso de herbicidas y una menor integración de animales a las unidades de producción. Contrariamente a lo esperado, no se encontraron diferencias significativas entre la cobertura y riqueza arvense entre los niveles de tecnificación, aunque sí se documentaron diferencias sutiles en la composición biogeográfica de las especies. La riqueza de especies, por otra parte, está correlacionada más bien con el piso ecológico.

El cultivo de maíces nativos sigue siendo conveniente para muchos agricultores debido a su doble función, es decir, para la producción de grano y de zacate. Sin embargo, la tecnología novedosa asociada al cultivo de híbridos con maquinaria de precisión ahorra tiempo y esto implica ganancias de otra naturaleza para los productores con alternativas. No se hallaron diferencias significativas en la producción de grano entre maíces híbridos y nativos. Sería necesario explorar este resultado inesperado con más detalle. Pero incluso si existiera cierto error, la biomasa útil total es, sin duda, mayor en los cultivos con maíces nativos. Este hecho podría explicar la falta de adopción de cultivares híbridos por la mayoría de los agricultores.

## RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES FINALES

En este apartado se presentan varias recomendaciones que no derivan exclusivamente de los resultados presentados, sino que también se basan en observaciones hechas durante el desarrollo de la investigación en el municipio.

Es necesaria la instalación de al menos una estación agrometeorológica en Ixtenco, ya que las recomendaciones oficiales de cultivos son muy generales a nivel región a pesar de la diversidad climática y de suelos (Barrios-Ayala *et al.*, 2004). Esto podría explicar el bajo impacto que tienen las innovaciones sobre los rendimientos.

Se debe promover la diversificación de los campos de maíz con cultivos que tengan mercado regional, que sean aptos para las condiciones locales y que tengan un alto valor de producción por superficie, como el amaranto y el maguey pulquero (Cuadros 3 y 4).

El maíz ocupa el primer lugar entre los cultivos del estado de Tlaxcala, sin embargo el trigo y la cebada han adquirido cada vez más importancia económica ya que, como se observa en el Cuadro 3, ambos cereales generan más ganancias por hectárea que el maíz. Incluso el maíz para forraje genera más ganancias a pesar de ocupar menos superficie (SIAP, 2014, en línea). Los datos del SIAP deben evaluarse considerando que la ganancia neta, después de costos, puede ser considerablemente menor.

Cuadro 3. Datos de producción agrícola de los diez cultivos de temporal con mayor valor de producción en el estado de Tlaxcala. Ciclo de cultivo 2013 (SIAP, 2014).

Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Precio Medio Rural (\$ t <sup>-1</sup> )	Valor de Producción (\$)	Valor de producción por superficie (\$ ha <sup>-1</sup> )
1 Maíz grano	85,992	217,587	2.53	2,987.6	650,060,260	7,559.5
2 Cebada grano	59,488	136,509.1	2.29	4,104.7	560,324,930	9,419.1
3 Trigo grano	33,806	89,972.2	2.67	3,361.5	302,441,750	8,946.4
4 Maguey pulquero (miles de L)	668	51,987	77.82	5,335.3	277,368,500	415,222.3
5 Maíz forrajero	6,881	269,460	39.16	321.7	86,671,860	12,595.8
6 Avena forrajera	10,103	142,741	14.13	576.2	82,245,950	8,140.7
7 Haba grano	3,735	6,566.15	1.76	10,250.7	67,307,470	18,020.7
8 Frijol	4,849	4,476	0.92	8,333	37,298,540	7,692
9 Amaranto	1,255	1,733.8	1.38	17,242.8	29,894,690	23,820.5
10 Papa	543	4,280	7.88	4,788.6	20,495,150	37,744.3

Cuadro 4. Datos de producción agrícola de los cultivos con mayor valor de producción en Ixtenco, Tlaxcala. Ciclo de cultivo 2013 (SIAP, 2014).

Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Precio Medio Rural (\$ t <sup>-1</sup> )	Valor de Producción (\$)	Valor de producción por superficie (\$ ha <sup>-1</sup> )
1 Maíz grano	2,940	8,232	2.8	2,887.3	23,768,420	8,084.5
2 Amaranto	20	28	1.4	19,250	539,000	26,950
3 Calabaza (semilla) o Chihua	35	8.75	0.25	40,000	350,000	10,000
4 Maíz forrajero	20	780	39	300	234,000	11,700
5 Haba grano	15	9.75	0.65	22,000	214,500	14,300
6 Arvejón	20	16	0.8	10,000	160,000	8,000
7 Frijol	10	7	0.7	9,000	63,000	6,300
8 Durazno	12	3	0.25	13,000	39,000	3,250
<b>TOTAL</b>	<b>3,072</b>				<b>25,367,920</b>	

Es urgente la reincorporación de prácticas de conservación de suelo, como el uso de magueyes y frutales en los linderos de los terrenos, sobre todo para solventar la erosión de las partes bajas del municipio, cuyo impacto negativo ya ha sido documentado (Alvarado *et al.*, 2007). Únicamente dos de los productores entrevistados incorporaron plantas de maguey (*Agave* spp.) a sus terrenos. En un caso fue para retener suelo de uno de los linderos que se encuentra a mayor altura que el camino. El otro productor los plantó en una hilera del centro del terreno con la finalidad de que sus hijos conocieran la planta y la valoraran, ya que anteriormente era un elemento representativo del paisaje local y actualmente escasean. Ambos productores siembran maíces híbridos y también nativos.

Es de vital importancia estimular mercados locales y foráneos para productos alternativos de los maíces de colores. También es necesario reparar y optimizar los pozos y sistemas de riego en desuso presentes en el municipio. Se requiere gestionar asesoría técnica gratuita y accesible para los campesinos, principalmente acerca de las precauciones y el manejo adecuado de pesticidas y temas referentes al manejo de técnicas y cultivos alternativos al maíz. Finalmente sería conveniente recuperar los sistemas agrosilvícolas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar J., Illsley C. y C. Marielle C. (2003)** Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. En: Esteva G. y C. Marielle. Sin maíz no hay país. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México, D.F.
- Altieri, M. A. y J. Trujillo (1987)** The agroecology of corn production in Tlaxcala, México. *Human Ecology* 15:189-220.
- Anónimo (2012)** Pronóstico agroclimático Tlaxcala 2012. Secretaría de Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Secretaría de Fomento Agropecuario, Fundación Produce, Tlaxcala A. C. Tlaxcala, México.
- Barkin D. y B. Suarez (1985)** El fin de la autosuficiencia alimentaria. Centro de Ecodesarrollo, Ediciones Océano, S. A. D.F., México.
- Benz, B. F. (2001)** Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *PNAS* 98:2104-2106.
- Buenrostro, M. (2009)** Las bondades de la milpa. *Ciencias* 92-93:30-32.
- Cajero, M. (2009)** Historia de los otomíes en Ixtenco. Instituto Tlaxcalteca de la Cultura, Programa de Apoyo a las Culturas Municipales y Comunitarias Tlaxcala, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Tlaxcala, México.

- Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet (2007)** In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany* 100:1101–1115.
- Chávez-García, E., S. Rist, y A. Galmiche-Tejeda (2012)** Lógica de manejo del huerto familiar en el contexto del impacto modernizador en Tabasco, México. Cuadernos de desarrollo rural 9:177-200.
- Cruz L., A. y E. Hernández X. (1989)** Consideraciones iniciales sobre la tracción animal en la agricultura mexicana. *Revista de Geografía Agrícola* :137-143.
- Damián H., M A., B. Ramírez, A. Gil, N. Gutiérrez, A. Aragón, R. Mendoza, J. Paredes, T. Damián y A. Almazán (2004)** Apropiación de tecnología agrícola: Características técnicas y sociales de los productores de maíz de Tlaxcala. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Damián H., M A., B. Ramírez V., F. Parra I., J. A. Paredes S., A. Gil M., A. Cruz L. y J. F. López O. (2007)** Apropiación de tecnología por productores de maíz en el estado de Tlaxcala, México. *Agricultura Técnica en México* 33:163-173.
- Díaz T., M. G., I. Núñez R. y P. Ortiz B. (2011)** Innovar en la tradición. La construcción local de los saberes campesinos en procesos interculturales En: Saberes colectivos y diálogo de saberes en México. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 235-254.

- Díaz V., J. T. (2010)** Migración del teocintle como ancestro del maíz (*Zea mays*) en México. Tesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Morelia, Michoacán, México
- Espinoza B., J. (2013)** "Nosotros también mejoramos semillas, Joven": Creación y mejoramiento campesino de diversidad de maíz en Ixtenco, Tlaxcala, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, México.
- Giordano, C. (1993)** La agricultura tradicional en un pueblo otomí de Tlaxcala. Temas de población. *Revista del Consejo Estatal de Población del Estado de Puebla* 9:49-56.
- González-Amaro, R. M., A. Martínez Bernal, F. Basurto Peña y H. Vibrans (2009)** Crop and non-crop productivity in a traditional maize agroecosystem of the highland of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 5:38-46.
- González L., G. (1990)** Lecciones del Plan Puebla para el cambio tecnológico en el campo mexicano. *Comercio Exterior* 40:962-967.
- Hernández, R. C. (2014)** La Tierra del maíz. Gobierno del Estado de Tlaxcala, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA), Instituto Tlaxcalteca de la Cultura. Tlaxcala, Tlaxcala, México.
- Hernández X., E. (1985)** Graneros de maíz en México. En: Xolocotzia. Tomo I. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

- Laird, R. J., A. Turrent F., V. Volke H. y J. I. Cortés F. (1993)** La investigación en productividad de agrosistemas. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Lazos, E. y M. Chauvet (2011)** Informe preparado para el proyecto: “Análisis del Contexto Social y Biocultural de las Colectas de Maíces Nativos en México”. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F.
- Linares, E. y R. Bye (1992)** Los principales quelites de México, pp. 11-22. En Linares E. y J. Aguirre (Eds.). Los quelites, un tesoro culinario. Instituto Nacional de Nutrición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Linares, E. y R. Bye (2011)** ¡La milpa no es solo maíz!, en: Álvarez-Buylla, E. (2011) Haciendo milpa. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D.F. pp. 9-12.
- Magdaleno M., L., E. García M., J. I. Valdéz H. y V. de la Cruz I. (2005)** Evaluación del sistema agroforestal "árboles en terrenos de cultivo" en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 203-212.
- María R., A. y J. M. Hernández C. (2010)** Diversidad y distribución actual de los maíces nativos en Tlaxcala. Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Tlaxcala, Tlaxcala.,

- Mariaca M., R., J. Pérez P., N. S. León M., A. López M. (2007)** La milpa tsotsil de los Altos de Chiapas y sus recursos genéticos. El Colegio de la Frontera Sur. Universidad Intercultural de Chiapas. San Cristóbal de las Casas. Chiapas, México.
- Marten, G. G. y L. A. Sancholuz (1981)** El maíz como indicador de productividad de la tierra en la región Xalapa. *Biotica* 6:173-180.
- Miranda-Colín, S. (2000)** Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica. *Agricultura Técnica Mexicana* 26:3-15
- Muñoz C., D. (1998)** Historia de Tlaxcala, México, Gobierno del Estado de Tlaxcala. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlaxcala.
- Muñoz I., D. J., A. Mendoza C., F. López G., A. Soler. A., M. M. Hernández M. (2007)** Edafología manual de prácticas. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Tlalnepantla, Estado de México.
- Nava B., E. G., C. Arriaga J. y M. C. Chávez M. (2000)** La vegetación arvense en sistemas de producción campesinos de dos zonas del municipio de San Felipe del Progreso, México. *Revista Geografía Agrícola* 29:29-42.
- Ortega-Paczka, R. (2003)** La diversidad del maíz en México. En Esteva, C. y C. Marielle (eds.), Sin maíz no hay país. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas México. D.F.

**Ortiz B., P. A. y J. Espinoza B. (2013)** Los campesinos de Ixtenco como productores de biodiversidad, selección de semillas y diversidad ecológica en la ladera este del volcán Malinche. En: Conde F., A., P. A. Ortiz Báez, A. Delgado R. y F. Gómez Rábago. Naturaleza-Sociedad, Reflexiones desde la complejidad. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlaxcala. pp. 275-278.

**Palacios P., V. (2011)** Una revisión de literatura sobre la productividad de cultivos de maíz, tanto tradicionales como modernos, con énfasis en productos secundarios (arvenses). Reporte de estancia profesional inédito. Laboratorio de Etnobotánica a cargo de la Dra. Heike Vibrans, Postgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México.

**Ramos G., Y., C. Hernández R. y L. González O. (1995)** Instrumentos agrícolas tradicionales de Tlaxcala. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Gobierno del Estado de Tlaxcala, Museo de Artes y Tradiciones Populares de la Casa de las Artesanías de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlaxcala.

**Rosas, M. y D. Barkin (2009)** Racionalidades alternas en la teoría económica. *Economía: Teoría y Práctica* 102:73-96.

**Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores (2005)** Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª. ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán.

**Sánchez G., J. (2011)** Diversidad del maíz y el teocintle. Informe preparado para el proyecto: “Recopilación, generación, actualización y análisis de información

acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”.  
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manuscrito.

**Sánchez T., V. (1996)** Plantas medicinales del municipio de Ixtenco, Tlaxcala, México.  
Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Ixtacuixtla, Tlaxcala.

**Serratos H., A. (2012)** El origen y la diversidad del maíz en el continente Americano.  
Universidad Autónoma de la Ciudad de México y Greenpeace. México. D.F.,

**Smith, K. J., L. Sarmiento, D. Acevedo, M. Rodríguez y R. Romero. (2009)** Un método participativo para mapeo de fincas y recolección de información agrícola aplicable a diferentes escalas espaciales. *Interciencia* 34:479-486

**Torres, R. S. y B. Carreto S. (1998)** Experiencia en comunidades de los municipios Hueyotlipan y Españita, Tlaxcala, en la rotación y diversificación de cultivos. En: Astier, M. y E. Pérez (Eds). Rotaciones y asociaciones de cultivos en sistemas de maíz en zonas templadas. Memoria del Taller Nacional, 29 y 30 de abril. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), Servicios Alternativos para la Educación y el Desarrollo, A. C. (SAED), Centro de Estudios Sociales y Ecológicos, A. C. (CESE). Pátzcuaro, Michoacán. pp. 48-53.

**Turiján A., T., M. A. Damián H., B. Ramírez V., J. Juárez S. y N. Estrella C. (2012)** Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 1085-1100.

**Turrent F., A., J. I. Cortés F., A. Espinoza C. H. Mejía A. y J. A. Serratos H. (2010)**

¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1:631-646

**Vibrans, H. (1997)** Listado florístico comentada de plantas silvestres en San Juan

Quetzalcoapan, Tlaxcala, México. *Acta Botánica Mexicana* 38:21-67.

**Vieyra-Odilon, L. and H. Vibrans (2001)** Weeds as crops: the value of maize field weeds

in the Valley of Toluca, México. *Economic Botany* 55:426-443.

**Villa, V., E. Robles, J. Godoy Berrueta y R. Vera Herrera (Eds.) (2012)** El maíz no es

una cosa: es un centro de origen. Colectivo por la Autonomía (Coa), Centro de Análisis Social, Información y Formación Popular (Casifop), GRAIN y Editorial Itaca. México.

**Zizumbo V., D. y P. Colunga G. M. (2008)** El origen de la agricultura, la domesticación

de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en Mesoamérica. *Revista de Geografía Agrícola* 41:85-113.

**Zurita, B. M. G., E. Léonard. y S. M. Carrière (2012)** Integración mercantil de la milpa

campesina y transformación de los conocimientos locales agrícolas. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 18:37-51.

#### **SITIOS WEB CONSULTADOS**

**Aspros (2013)** Maíces Aspros® para la región de Valles Altos. Disponible en: <http://www.asprosemillas.com/maices.html> (Accesado en diciembre de 2013).

**Borlaug, N. y C. Dowsell (2005)** La inacabada revolución verde. El futuro rol de la ciencia y la tecnología en la alimentación del mundo en desarrollo, en Agbioworld (En

línea). Alabama, USA. <http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/spanish/desarrollo.html> (Accesado en julio de 2013)

**Giordano, C. (2007)** Sistemas y técnicas tradicionales de la agricultura en Tlaxcala desde la época prehispánica hasta el siglo XIX. Asociación Mexicana de Historia Económica. Disponible en: [http://www.economia.unam.mx/amhe/pdfs/giordano\\_pub\\_02.pdf](http://www.economia.unam.mx/amhe/pdfs/giordano_pub_02.pdf) Accesado en septiembre de 2015.

**Sánchez F., C. y N. Barrera-Bassols (2011)** La variabilidad de semillas de maíz nativo como expresión de la diversidad biocultural en Ixtenco, Tlaxcala. En: Líneas Temáticas Red Etnoecología y Patrimonio Biocultural. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Disponible en: [http://etnoecologia.uv.mx/LINEAS%20TEMATICAS/seccLINEASTEMATICAS/Proyectos\\_Tlaxcala\\_MAPA\\_%28Narciso\\_Barrera%29.html](http://etnoecologia.uv.mx/LINEAS%20TEMATICAS/seccLINEASTEMATICAS/Proyectos_Tlaxcala_MAPA_%28Narciso_Barrera%29.html) (Accesado en diciembre de 2013).

**Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).** Cierre de la producción Agrícola Por Cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (Accesado en diciembre de 2014)

**Sistema para la Consulta de los Cuadernos Estadísticos Municipales y Delegaciones. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).** Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem05/nacional/index.htm>. (Accesado en julio de 2013).

**Proyecto Global de Maíces Nativos, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).** Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html> (Accesado en julio de 2013).

## ANEXO 1. CUESTIONARIOS

### Cuestionario de manejo de los terrenos dirigido a los agricultores responsables de los terrenos estudiados

#### Aspectos generales

1. ¿Cuáles son los maíces se siembran en Ixtenco?
2. ¿Hay algunos que se siembren sólo en ciertos lugares?
3. ¿Cuántos ambientes diferentes hay en Ixtenco? ¿Podría ubicarlos?
4. ¿Por qué son diferentes?
5. ¿Dónde empiezan y terminan cada uno?
6. ¿Las parcelas de maíz se trabajan igual en todos lados?
7. ¿Dónde están los mejores terrenos? ¿En qué zona (altitudinal) se produce más?
8. ¿Qué tipo de maíz se siembra en cada lugar?
9. ¿Con qué se produce mejor, con yunta o con tractor? ¿o eso no importa?
10. ¿Hay diferentes tipos de suelo en localidad?
11. ¿Cómo son?
12. ¿Dónde se encuentra cada uno?
13. ¿Cómo le fue este año para la cosecha? ¿Fue un año bueno, regular o malo?
14. ¿Tiene animales? ¿Cuáles?

#### Aspectos particulares de los terrenos propios

15. ¿Cuántos terrenos trabaja?
16. ¿Cuántos son suyos?

#### Acerca del terreno de estudio:

17. ¿Este terreno es suyo?
18. ¿Cuál es la extensión del terreno?
19. ¿Es inclinado? ¿Qué tan inclinado es?
20. ¿Qué tipo de tierra tienen este terreno?
21. ¿Cuáles tipos de maíz/haba/calabaza siembra? ¿Los siembra juntos? ¿En cuántos surcos/extensión los siembra juntos?
22. ¿Siempre siembra lo mismo en esta parcela? Si no es así; ¿Cada cuánto los cambia? ¿Rota todo el terreno o sólo una parte? ¿Cuántos surcos?
23. ¿Granizó en este terreno? ¿Cuándo? (este año, y en años anteriores?)
24. ¿Heló en este terreno? ¿Cuándo? (este año, y en años anteriores?)
25. ¿Cuánto maíz saca para elote? ¿lo vende?
26. ¿Saca pacas? ¿Renta maquinaria?

27. ¿Cuánto maíz pierde por robo en sus terrenos? ¿Suelen robar de los híbridos?
28. ¿Cómo almacena su cosecha?
29. ¿Cómo selecciona las mazorcas y el grano para siembra? ¿Participan las mujeres?
30. ¿Alguna vez tuvo árboles o magueyes, u otras plantas útiles alrededor de su terrenos?
31. ¿Ha tenido abejas en este terreno? ¿por qué?
32. ¿Cuáles eran las prácticas y labores para controlar la hierba que ya casi no se hacen?
33. ¿Aprovecha las plantas que nacen “solas” en sus parcelas? ¿Cuáles y para qué?
34. ¿Cuándo las recolecta? ¿Cuánto recolectó el año pasado?
35. ¿Las vende? ¿Cómo las vende?
36. ¿Ha visto hierbas (acahual) anormales en su terreno? ¿Desde cuándo? ¿las ha visto fuera de Ixtenco?
37. ¿Ha dejado en barbecho su terreno? ¿Hace cuánto? ¿Por qué, qué efecto tuvo?
38. Si pudiera ¿sembraría otro cultivo?
39. ¿El elote con/sin herbicida sabe igual?
40. En el caso de que le va bien en un año ¿en qué gastaría las ganancias? ¿Para cultivar mejor o distinto, o en otras cosas?
41. ¿Por cuánto dinero vendería su terreno? (ver aspectos de patrimonio/función contra riesgo). ¿Cree que sus hijos lo valoran igual?

### **Preguntas de la entrevista semiestructurada dirigida a los campesinos acerca de las plantas útiles en sus parcelas**

1. ¿Cuáles son los cultivos de temporal y frutales que siembra en su parcela?
2. ¿Cuáles son las otras plantas útiles que tiene usted en su parcela que salen solos? (medicinales, quelites, forraje, para sombra, para construcción, para fabricar utensilios, leña, )
3. ¿Cuáles ha usado?
4. ¿Las almacena? Si es así ¿dónde y cómo lo hace?
5. ¿Tiene plantas o productos obtenidos de su parcela que destine a la venta?
6. ¿Cuáles?
7. ¿Quién las vende?
8. ¿En dónde las vende?
9. ¿Cómo las vende? (Por peso (Kg) u otra medida diferente)
10. ¿Cuántas veces las ha usado en el año pasado? ¿Puede hacer una estimación de la cantidad (manojos, carga de burro, etc.)? ¿Para qué los usó?
11. ¿A usted le gustan los quelites? ¿Cómo los preparan? Si ya no los usa ¿por qué?

## ANEXO 2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELO

#=Número de terreno, D.A.=Densidad aparente, %MO=Porcentaje de materia orgánica,  
pH=potencial de hidrógeno, %N=porcentaje de nitrógeno

#	Productor	Tecnología de Labranza	Piso ecológico	Color Seco	Color Húmedo	Clase Textural	D.A.	%MO	pH	%N
1	1	Yunta	Baja	5/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.45	0.13	5.1	0.04
2	2	Yunta	Baja	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.52	1.03	5.2	0.05
3	3	Yunta	Baja	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco	1.45	0.9	5.2	0.04
4	4	Yunta	Media	5/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.49	0.13	5.9	0.04
5	4	Yunta	Media	3/2 2.5Y	2.5/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.43	1.67	5.2	0.07
6	5	Yunta	Media	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.52	1.16	5.3	0.04
7	6	Yunta	Alta	4/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.33	4.12	5.2	0.09
8	7	Yunta	Alta	4/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.37	1.93	5	0.07
9	8	Yunta	Alta	3/2 2.5Y	2.5/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.45	1.54	5.8	0.06
10	9	Tractor	Baja	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.41	1.03	5.1	0.05
11	10	Tractor	Baja	4/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.52	1.29	4.8	0.04
12	11	Tractor	Baja	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.47	1.29	5.5	0.05
13	12	Tractor	Media	4/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.49	2.06	5.3	0.05
14	13	Tractor	Media	4/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.52	1.29	6.2	0.02
15	14	Tractor	Media	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.54	0.64	5.2	0.04
16	15	Tractor	Alta	5/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.43	1.29	5.6	0.07
17	16	Tractor	Alta	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.39	2.19	5.3	0.06
18	17	Tractor	Alta	5/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.39	4.76	5.2	0.06
19	18	Híbrido	Baja	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.49	1.16	5.1	0.05
20	19	Híbrido	Baja	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.52	0.9	5.2	0.03
21	20	Híbrido	Baja	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.41	1.16	5.5	0.05
22	18	Híbrido	Media	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.47	1.29	4.9	0.04
23	18	Híbrido	Media	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.45	1.29	5.1	0.06
24	19	Híbrido	Media	5/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Franco Arenoso	1.56	1.16	5.7	0.05
25	15	Híbrido	Alta	5/2 2.5Y	3/2 2.5Y	Franco Arenoso	1.43	4.5	5.8	0.06
26	18	Híbrido	Alta	5/2 2.5Y	3/1 2.5Y	Arena Francosa	1.56	1.29	5.7	0.04

