



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Turrent Fernández, Antonio; Cortés Flores, José Isabel; Espinosa Calderón, Alejandro; Mejía Andrade, Hugo; Serratos Hernández, José Antonio

¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico?

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 1, núm. 4, octubre-diciembre, 2010, pp. 631-646

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120639015>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

¿ES VENTAJOSA PARA MÉXICO LA TECNOLOGÍA ACTUAL DE MAÍZ TRANSGÉNICO?*

IS THE CURRENT TRANSGENIC MAIZE TECHNOLOGY ADVANTAGEOUS TO MEXICO?

Antonio Turrent Fernández^{1§}, José Isabel Cortés Flores², Alejandro Espinosa Calderón¹, Hugo Mejía Andrade¹ y José Antonio Serratos Hernández³

¹Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Lechería, km 18.5. Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9212681. Ext. 202. Fax. 01 595 9212698. (espinoale@yahoo.com.mx), (hume2003@yahoo.com.mx). ²Productividad. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 95 20200. Ext. 1216. (jicortes@colpos.mx). ³Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Av. División del Norte 906, 2^{do} piso. Colonia Narvarte, Delegación Benito Juárez, Distrito Federal. C. P. 03020. [§]Autor para correspondencia: aturrent@att.net.mx.

RESUMEN

En 2009, el gobierno mexicano otorgó 24 permisos a varios consorcios multinacionales (CMN), para experimentar con maíz transgénico (MT) en 24 localidades de los estados de Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Tamaulipas, con protocolos de bioseguridad contra el flujo génico vía polen y vía semilla-polen; hay 14 nuevas solicitudes en consideración. La fracción del agroecosistema de maíz de México (AMM), muestreada por estos permisos tiene 754 000 ha de riego, en una región cohabitada por 5 grupos étnicos y 29 razas nativas de maíz (RNM). Para analizar las consecuencias para el AMM de una hipotética liberación del MT a escala comercial, se analiza: 1) la mega-diversidad del AMM; 2) la tecnología no transgénica disponible; y 3) los riesgos en que incurren las RNM. El protocolo de bioseguridad de la fase experimental no será aplicable a escala comercial, e inevitablemente será sustituido por otro lado que ignorará al flujo génico semilla-polen. Esta vía es parte de las prácticas del mejoramiento genético autóctono, raíz misma de la generación y avance de las RNM en el centro de origen y diversificación, haciendo inevitable la interacción génica MT*RNM. Las 59 RNM se siembran en 75 por ciento del AMM y son clave para la seguridad alimentaria y usos culturales del maíz como alimento; también forman parte

ABSTRACT

In 2009, the Mexican government granted to several multinational enterprises (MNE) 24 permits to experiment with transgenic corn (MT) in 24 towns of the states of Sinaloa, Sonora, Chihuahua and Tamaulipas, with biosafety protocols against gene flow via pollen and via seed-pollen; there are 14 new applications in consideration. The fraction of corn agroecosystem of Mexico (AMM) sampled for these permits has 754 000 ha of irrigation, in a region cohabited by 5 ethnic groups and 29 native races of corn (RNM). To analyze the consequences for AMM of a hypothetical release of MT at commercial scale, it is analyzed: 1) mega-diversity of AMM; 2) available non-transgenic technology; and 3) risks in which the RNM incurs. The biosafety protocol of the experimental phase won't be applicable at commercial scale, and inevitably it will be replaced by something that it will ignore the gene flow via seed-pollen. This path is part of practices of the autochthonous genetic improvement, root of generation and advance of the RNM in the origin and diversification center, making unavoidable the genetic interaction MT*RNM. The 59 RNM are sown by 75 percent of AMM and they are key for the food safety and cultural uses of the corn as food; they are also part of non-transgenic technology that it would allow alimentary sufficiency by

* Recibido: junio de 2010
Aceptado: noviembre de 2010

de la tecnología no transgénica que sabemos permitiría la autosuficiencia alimentaria. Se concluye que el mega experimento de los CMN en el AMM es desventajoso para México, no es necesario y que habría de ser prohibido.

Palabras clave: agroecosistema, maíz transgénico, razas de maíz.

INTRODUCCIÓN

La producción total y *per cápita* de maíz de México ha aumentado en los tres quinquenios recientes, siendo respectivamente iguales a 18.04 millones de toneladas y 191 kg por año del quinquenio 1995-1999, a 19.89 y 195 en el quinquenio 2000-2004, y a 22.29 y 211 en el periodo 2005-2008 (CONAPO, 2009).

Sin embargo, la importación total y la *per cápita* también han crecido significativamente en los mismos periodos: 4.4 millones de toneladas y 47 kg por año del quinquenio 1995-1999, a 7.23 y 71 en el quinquenio 2000-2004 y a 10.26 y 97 en el periodo 2005-2008. La dependencia alimentaria fue 20% en 1995-1999, 27% en 2000-2004, y 32% en 2005-2008.

La prolongación de estas tendencias indica que podría alcanzarse una dependencia del orden de 45-50% en el año 2025. Sin embargo, es lugar común que el mercado internacional incluirá usos industriales y farmacológicos del maíz que competirán ventajosamente como alimento y forraje, encareciéndolos en corto y mediano plazos. Por tanto, la agudización de tal dependencia es obviamente indeseable e insostenible desde el punto de vista de la seguridad alimentaria nacional con respecto a su principal grano básico.

Ese síndrome explica la proclividad, si bien desinformada, del gobierno federal de México y la liberación del maíz transgénico a escala comercial. La intensa publicidad de los consorcios multinacionales que producen y venden esa semilla, y su profusa gestión desde el más alto nivel oficial de México hasta las organizaciones de productores, se ha basado en la tesis »no respaldada por datos duros« de que ésta tecnología incrementaría los rendimientos nacionales y con esto resolvería el problema de la suficiencia alimentaria con bajo costo financiero para el productor (incrementando su competitividad), con baja inversión pública y con beneficios

itself. It is concluded that the mega experiment of CMN in the AMM is unfavourable for Mexico, it is not required and must be prohibited.

Key words: agroecosystem, transgenic corn, corn breeds.

INTRODUCTION

The total production and *per capita* of corn of Mexico have increased in the last fifteen years, being of 18.04 million tons and 191 kg per year respectively for five year period 1995-1999, of 19.89 million tons and 195 kg per year in the five year period 2000-2004, and of 22.29 million tons and 211 kg per year in the period 2005-2008 (CONAPO, 2009).

However, the total imports and *per capita* have also significantly grown in the same periods: 4.4 million tons and 47 kg per year for the five year period 1995-1999, of 7.23 million tons and 71 kg per year in the five year period 2000-2004 and at 10.26 million tons and 97 kg per year in the period 2005-2008. The alimentary dependence was 20% in 1995-1999, 27% in 2000-2004, and 32% in 2005-2008.

These tendencies indicate that a dependence of 45-50% could be reached in year 2025. However, it is common that international market will include industrial and pharmacological uses for corn that will compete advantageously as food and forage, becoming more expensive in short and medium terms. Therefore, the increase of such dependence is obviously undesirable and untenable from the point of view of the national alimentary safety with regard to its main basic grain.

This situation explains the proclivity, although misinformed, of Mexican federal government and the release of transgenic corn at commercial scale. The intense campaign of multinational enterprises that produce and sell such seed, and their profuse negotiation from the highest official level in Mexico until the producers organizations, has been based on the thesis »not supported by concrete data« that this technology would increase national yields and then would solve the problem of the alimentary sufficiency with low financial cost for producer (increasing its competitiveness), with low public investment and with benefits for ecology; it would only

para la ecología; sólo requeriría de parte del gobierno mexicano “dejar hacer”, evitar la regulación en todas las áreas, particularmente la ecológica y la propiedad industrial.

Sin embargo, varios autores han encontrado que las evidencias no sostienen la proclamación del incremento en los rendimientos de los cultivos transgénicos (Guerin y Guerin, 2003; Ma y Subedi, 2005), ni una ventaja para la ecología (Culpepper *et al.*, 2006; Kato, 2006; Scott y Smith, 2007; Kuhlmann, 2009; y Turrent *et al.*, 2009b y 2009c). Hay fracciones significativas de las organizaciones nacionales de productores y de la comunidad científica del país y el extranjero, que se oponen a la liberación de maíz transgénico en México, por considerarlo riesgoso para la ecología, para la riqueza genética única del maíz nativo y sus parientes silvestres, la salud del consumidor, la dependencia tecnológica (UCCS, 2009) y porque se tienen evidencias que el campo mexicano cuenta con los recursos para lograr y sostener la autosuficiencia en maíz con tecnología no transgénica (Turrent *et al.*, 1996; Turrent *et al.*, 2004a y 2004b).

En 2009, el gobierno mexicano otorgó permiso a varios consorcios multinacionales para conducir 24 experimentos con maíz transgénico en campo en 24 localidades de Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Tamaulipas. La fracción del agroecosistema de maíz muestreada en ésta región es 754 000 ha de riego, sembradas con variedades mejoradas de maíz y 284 000 ha de temporal sembradas principalmente con 29 razas nativas (Boege, 2009) y 866 accesiones de esas razas catalogadas (Turrent y Serratos, 2004). De acuerdo con Boege (2009) hay más de cinco grupos étnicos residentes en los cuatro estados.

En este documento se analiza la utilidad para la nación, de permitir el mega experimento de siembra comercial de maíz transgénico en México, examinando tres componentes del tema: 1) la mega diversidad del agroecosistema de maíz en México según sus factores edafoclimáticos, bióticos, socioeconómicos y culturales; 2) la tecnología no transgénica disponible para el campo mexicano y su potencial productivo de maíz; y 3) el riesgo para las 59 razas nativas de maíz y así como cuestionamiento de un mega experimento de maíz transgénico en México.

El agroecosistema de maíz de México

El agroecosistema de maíz de México actual, incluye aquel en el que el poblador de Mesoamérica domesticó al maíz hace más de 6 500 años, habiéndolo adaptado como alimento

require on behalf of Mexican government "to allow to make", to avoid the regulation in all areas, particularly the ecological one and the industrial property.

However, several authors have found that the evidences do not support the proclamation of increment in the yields of transgenic cultivations (Guerin and Guerin, 2003; Ma and Subedi, 2005), neither an advantage for ecology (Culpepper *et al.*, 2006; Kato, 2006; Scott and Smith, 2007; Kuhlmann, 2009; and Turrent *et al.*, 2009b and 2009c). There are significant fractions of national producers organizations and of the scientific community of the country and foreign that oppose the release of transgenic corn in Mexico, to consider it risky for ecology, for the unique genetic wealth of native corn and their wild relatives, the consumer's health, the technological dependence (UCCS, 2009) and because there are evidences that the Mexican field counts with the resources to achieve and to sustain the self-sufficiency in corn with no-transgenic technology (Turrent *et al.*, 1996; Turrent *et al.*, 2004a and 2004b).

In 2009, the Mexican government granted permission to several multinational enterprises to make 24 experiments with transgenic corn in field in 24 towns of Sonora, Sinaloa, Chihuahua and Tamaulipas. The fraction of corn agroecosystem sampled in this region is 754 000 ha of irrigation, sowed with improved varieties of corn and 284 000 ha of seasonal rain sowed mainly with 29 native breeds (Boege, 2009) and 866 accessions of those classified breeds (Turrent and Serratos, 2004). In accordance with Boege (2009) there are more than five ethnic groups resident in the four states.

In this document the utility for the nation to allowing the mega experiment of commercial sow of transgenic corn in Mexico is analyzed, examining three components: 1) the mega diversity of the corn agroecosystem in Mexico according to their edaphic-climatic, biotic, socioeconomic and cultural factors; 2) the available non-transgenic technology for the Mexican field and its productive potential for corn; and 3) the risk for the 59 native breeds of corn and as well as question of a mega experiment of transgenic corn in Mexico.

The corn agroecosystem of Mexico

The current corn agroecosystem of Mexico, includes that in which the resident of Mesoamérica tamed corn more than 6 500 years ago, adapting it as basic food by means

básico mediante el mejoramiento genético autóctono de maíz (Turrent *et al.*, 2009c). Desarrolló 59 razas nativas (Sánchez *et al.*, 2000) y una vasta variación intrarracial, funcionalizando la variabilidad natural de la especie. El paisaje del agroecosistema actual de maíz de México es megadiverso, con agudos gradientes de factores físicos, bióticos y culturales en apretadas geografías.

Las 59 razas nativas y su vasta variación intrarracial, fueron desarrolladas por el productor mexicano para ser cultivadas desde cero hasta 3 000 m de altitud, desde condiciones lacustres y drenaje pobre hasta tierras bien drenadas, desde condiciones de humedad abundante hasta áridas y semiáridas, desde un corto periodo de desarrollo (110 días a madurez como en la meseta semiárida del norte), hasta 365 días en regiones tropicales; desde suelos de reacción hiperácida hasta hiperalcalina, profundos a someros, planos a escarpados, productivos hasta degradados. Las diversidades interracial e intrarracial desarrolladas mediante el mejoramiento genético autóctono dan la plasticidad a la especie para enfrentar el mega diverso agroecosistema. Los materiales de maíz nativo, se manejan bajo condiciones también extremas en cuanto a su agronomía, desde poco intensa hasta intensa en el uso de agroquímicos, agrobiológicos y mano de obra.

Los 62 grupos étnicos de México cultivan razas nativas agronómicamente adaptadas y mejoradas en su calidad de grano para diferentes usos alimenticios. Siendo estos grupos étnicos herederos y funcionalizadores de la diversidad genética del maíz, su ubicación geográfica se correlaciona con la de las 59 razas nativas de maíz, como es analizado con amplitud por Boege (2009). También esos grupos étnicos han contribuido en el uso de maíz como alimento, para lo cual inventaron la nixtamalización, que mejora su calidad nutritiva como alimento humano (Krause, 1988; Bressani, 1990). Hay más de 600 platillos preparados a partir de grano de maíz (Barros, 2008) y más de 300 tipos de tamales (Pérez-Sanvicente, 2003). Existe una correlación estricta entre la raza de maíz y el tipo de preparado alimenticio; por ejemplo, solamente se prepara la tortilla "tlayuda" de Oaxaca a partir de la raza Bolita y el "totopo" también oaxaqueño, a partir de la raza Zapalote Grande.

El cultivo de maíz tiene 75 plagas insectiles del follaje, la raíz y la mazorca de importancia económica en el agroecosistema de maíz mexicano (Sifuentes, 1985; Ortega, 1987) y numerosas enfermedades causadas por bacterias, hongos y virus (De León, 1984). También tiene amigos naturales,

of autochthonous genetic improvement of corn (Turrent *et al.*, 2009c). It developed 59 native breeds (Sánchez *et al.*, 2000) and a wide intrabreed variation, optimizing natural variability of the species. The scope of current corn agroecosystem of Mexico is mega-diverse, with sharp gradients of physical, biotic and cultural factors in tight geographies.

The 59 native breeds and their wide intrabreed variation, were developed by Mexican farmer to be cultivated from zero until 3 000 masl, from lacustrine conditions and poor drain until well drained soils, from conditions of abundant humidity until arid and semi-arid, from a short period of development (110 days to maturity as in the semi-arid plateau of the north), up to 365 days in tropical regions; of soils from hyper-sour to hyper-alkaline reaction, from deep to shallow, from flat to sharp, from productive to deficient. The intrabreeds and interbreed diversities developed by means of autochthonous genetic improvement give the plasticity to the species to face the mega-diverse agroecosystem. The materials of native corn are managed under condition also extreme as for their agronomy, from few intense up to intense in the agrochemical, agrobiologic and manpower use.

The 62 ethnic groups of Mexico cultivate native breeds agronomically adapted and improved in their grain quality for different nutritious uses. Being these groups ethnic heirs and optimizers of genetic diversity of the corn, their geographical location is correlated with that of the 59 native breeds of corn, as it is analyzed in depth by Boege (2009). Those ethnic groups have also contributed in the use of corn as food, for that which they invented nixtamalization that improves its nutritious quality as human food (Krause, 1988; Bressani, 1990). There are more than 600 prepared dishes starting from grain of corn (Acnes, 2008) and more than 300 types of tamales (Pérez-Sanvicente, 2003). A strict correlation exists between the breed of corn and the type of prepared food; for example, in Oaxaca tortilla "tlayuda" is made starting from the breed Pellet and the "totopo", also from Oaxaca, starting from the breed Big Zapalote.

The cultivation of corn has 75 insect plagues of foliage, root and ear of economic importance in the corn agroecosystem of Mexico (Sifuentes, 1985; Ortega, 1987) and numerous diseases caused by bacteria, fungi and virus (De León, 1984). It also has natural friends, as example several parasitoid species of plague of fall armyworm (*Spodoptera*

como por ejemplo varias especies parasitoides de la plaga del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) en Michoacán (Bahena, 2008), así como bacterias, hongos y virus entomopatógenos. Muchos de estos amigos y enemigos del maíz, con éste coevolucionaron y probablemente, desarrollaron su contraparte a la mega diversidad del maíz. Esa contraparte de biodiversidad puede tener implicaciones en la aplicabilidad y sostenibilidad de la tecnología actual de maíz transgénico en el centro de origen y diversificación del maíz.

El agroecosistema de maíz en México ocupa una superficie sembrada que promedió 8.35 millones de hectáreas (1.28 millones bajo riego y 7.07 bajo temporal) en el periodo 1994-2008; de aquel promedio, se cosechó 7.4 millones de hectáreas de maíz (SIAP-SAGARPA, 2009). El índice de siniestro de la superficie sembrada ha sido 11.4%, valor integrado de manera ponderada por 2.4% bajo riego y 12.6% bajo temporal. Hay 3.7 millones de unidades de producción agrícola, que promedian 8 hectáreas de tierra de labor; el 71.6% de esas unidades de producción tiene menos de cinco hectáreas de labor, 12.6% tiene entre 5 y 10 hectáreas, mientras sólo 15.8% tiene superficie de labor de 10 o más hectáreas (INEGI, 2009). El agroecosistema de maíz de México tiene un perfil social bimodal: un sector es campesino y el otro empresarial, lo que le añade otra dimensión a su complejidad.

En el Cuadro 1, se presenta la clasificación de la tierra cosechada con maíz bajo temporal, según la productividad de cinco provincias agronómicas de maíz de temporal. Esta clasificación considera sólo una fracción de la diversidad del agroecosistema de maíz, que se basa en sólo tres variables climáticas y dos variables edáficas. Como se aprecia en el Cuadro 1, ésta visión parcial del agroecosistema de maíz sugiere que más de sus dos terceras partes se ubican en condiciones de productividad desde mediana hasta extremadamente limitativa por la incidencia de sequía.

En la obra Agua y Sociedad elaborada en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (Anónimo, 1988), se muestra la distribución de las obras hidráulicas de México hasta 1988; en parte de esas tierras se cultiva maíz bajo riego, sobresaliendo por sus superficies sembradas en el periodo 2005 a 2008, los estados de Sinaloa (492 328 ha), Tamaulipas (124 352 ha), Guanajuato (116 320 ha) y México (103 152 ha) (SIAP-SAGARPA, 2009).

La extrema variabilidad del agroecosistema de maíz difícilmente podría ser dominada en su totalidad por un corto número de materiales genéticos modernos »transgénicos o

frugiperda J. E. Smith) in Michoacán (Bahena, 2008), as well as bacteria, fungi and entomopathogen virus. Many of these friends and enemies of corn evolve together with it and probably developed their counterpart to mega-diversity of the corn. That biodiversity counterpart can have deep implications in the applicability and sustainability of current transgenic corn technology in the origin and diversification center of the corn.

The corn agroecosystem of Mexico occupies a sowed surface that averaged 8.35 million ha (1.28 millions under irrigation and 7.07 under seasonal rainfall) in the period 1994-2008; of such average, it was harvested 7.4 million ha of corn (SIAP-SAGARPA, 2009). The catastrophe index of sowed surface has been 11.4%, integrated value in pondered way by 2.4% under irrigation and 12.6% under seasonal rainfall. There are 3.7 million units of agricultural production that average 8 ha of agricultural land; 71.6% of those production units has less than five ha of work, 12.6% has between 5 and 10 ha, while 15.8% only has work surface of 10 or more ha (INEGI, 2009). The corn agroecosystem of Mexico has a bimodal social profile: a sector is rural and the other one enterprise, which add another dimension to its complexity.

In Table 1, is presented the classification of harvested land with corn under seasonal rainfall, according to productivity of five agronomic states of seasonal corn. This classification only considers a fraction of the diversity of corn agroecosystem that is based in only in three climatic variables and two edaphic variables. As it is shown in Table 1, this partial vision of corn agroecosystem suggests that more than its two third sections are located under conditions of productivity from medium until extremely restrictive by drought incidence.

In the work "Water and Society" elaborated at Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (Anonymous, 1988), the distribution of the hydraulic works of Mexico up to 1988 is shown; in part of those lands corn is cultivated under irrigation, standing out for its sowed surfaces in the period 2005 to 2008 the states of Sinaloa (492 328 ha), Tamaulipas (124 352 ha), Guanajuato (116 320 ha) and México (103 152 ha) (SIAP-SAGARPA, 2009).

The extreme variability of corn agroecosystem hardly could be dominated in its entirety by a short number of modern genetic materials »transgenic or not« that fulfill at the same time the national food safety and the multicultural

Cuadro 1. Características de cinco provincias agronómicas de maíz y superficies cosechadas de maíz bajo temporal en México, como promedio del periodo 1995-2008.

Table 1. Characteristic of five agronomic states of corn and harvested surfaces of corn under seasonal rainfall in Mexico, as average of period 1995-2008.

Provincia agronómica de productividad	Características		Superficie cosechada de maíz (ha)
	P/E	Espesor de suelo*	
Muy buena	0.9-2	Profundo	951 804
Buena	>2	Profundo o delgado	949 269
Mediana	0.5-0.9	Profundo	3 213 441
	0.7-2	Delgado	SD
Baja	<0.5	Profundo	698 823
	0.5-0.7	Delgado	SD
Tierras marginales	<0.5	Delgado	373 584
Total			6 186 920

SD= sin dato; P/E= cociente entre la precipitación total media del periodo junio-septiembre y la evaporación total del mismo periodo; * = se define arbitrariamente como "profundo" si es igual o mayor a un metro y "delgado" para espesores inferiores a un metro (González-Acuña *et al.*, 1990).

no« que satisficieran a la vez, la seguridad alimentaria nacional y los usos pluriculturales del maíz como alimento. Para ambos objetivos del país, se requiere la diversidad genética de las 59 razas nativas. Si la liberación comercial de maíz transgénico en México es una amenaza para la biodiversidad nativa de maíz (Kato, 2006; Turrent *et al.* 2009b), también es para los rasgos culturales asociados al alimento básico de la nación.

Tecnología no-transgénica para el maíz

Son dos las fuentes principales de tecnología no-transgénica para el maíz en México: la tecnología precolombina y la agronomía clásica, con su interfase.

La tecnología precolombina

Después de la domesticación del maíz, el aporte tecnológico más importante precolombino es la funcionalización de la biodiversidad genética de la especie en 59 razas nativas del maíz y una vasta diversidad intraracial. Este logro es el producto de procedimientos de campo descritos originalmente por Hernández (1987, 1993), conocidos como mejoramiento genético autóctono (Turrent *et al.*, 2009c). Se formó razas, desde las que tienen un alto potencial productivo para temporal benigno y riego, como Jala en la costa el Pacífico, Celaya en el Bajío, Chalqueña en el Altiplano, Tuxpeña en la costa del Golfo, hasta razas precoces cultivadas en las condiciones medianamente limitativas y marginales, como las razas Cónica y Cónica Norteña, Bolita, Conejo, Breve de Padilla, Nal Tel, o

uses of corn as food. For both objectives of the country, the genetic diversity of the 59 native breeds is required. If the commercial release of transgenic corn in Mexico is a threat for native biodiversity of corn (Kato, 2006; Turrent *et al.* 2009b), it is also for the cultural features associated to the basic food of the nation.

Non-transgenic technology for corn

They are two the main sources of non-transgenic technology for corn in Mexico: the pre-colonial technology and the classic agronomy, with their interface.

The pre-colonial technology

After domestication of corn, the most important pre-colonial technological contribution is the optimization of genetic biodiversity of species in 59 native breeds of corn and wide intrabreed diversity. This achievement is the product of field procedures described originally by Hernández (1987, 1993), known as autochthonous genetic improvement (Turrent *et al.*, 2009c). Breeds were generated, from those that have a high productive potential for good seasonal rainfall and irrigation, as Jala in the Pacific coast, Celaya in Bajío, Chalqueña in the Highland, Tuxpeña in the Gulf coast, until early breeds cultivated under the fairly limitative and marginal conditions, as Cónica and Cónica Norteña, Bolita, Conejo, Breve de Padilla, Nal Tel, or adapted to high altitudes as breeds Cónica, Cacahuacintle, Palomero Toluqueño and

adaptadas a gran altura sobre el nivel del mar como las razas Cónica, Cacahuacintle, Palomero Toluqueño y Arrocillo, pasando por razas adaptadas a hiperacidez del suelo como el Olotón, hiperalkalinidad como la cruza interracial Chalqueña por Ancho en Tehuacán.

Hay razas como la Cónica, Bolita y Tuxpeña que mediante su amplia diversidad intraracial, tienen muy extensos dominios geográficos en el agroecosistema de maíz, hasta razas como Jala, Pepitilla y Tehua, de muy reducido dominio geográfico. Hay razas mejoradas por su calidad de grano como la Bolita, para elaborar la tortilla tlayuda, el Zapalote Grande para los totopos oaxaqueños, la pepitilla que produce la tortilla de máxima calidad, las hay para preparar pinole, para la bebida refrescante y nutritiva pozol, para el platillo pozole, etc. Además de esas cualidades agronómicas y culinarias, las razas nativas poseen defensas naturales características que les permiten resistir plagas de post cosecha y hongos patógenos (Arnason *et al.*, 1994). Estas características, así como otras de tipo nutraceutico, están prácticamente exploradas en el acervo genético del maíz mexicano.

Las razas nativas se cultivaron en dos fases en la etapa precolombina, la sedentaria y la itinerante. El epitome de la fase sedentaria lo constituyen: 1) "la milpa" (Heizer, 1960; Terán *et al.*, 1998); 2) "la Chinampa" (Whitmore y Turner, 1992; Albores-Zárate, 1998); 3) las 59 razas nativas de maíz (RNM) (Sánchez *et al.*, 2000; Miranda-Colín, 2000); 4) varias especies y muchos tipos de frijol y de calabaza; y 5) un amplio número de plantas arvenses. La milpa fue cultivada bajo temporal y bajo riego (Anónimo, 1988). La fase itinerante está representada por la "roza-tumba-quema-milpa", y por una fracción de las razas nativas de maíz, frijol y calabaza.

La superficie ocupada por el agroecosistema de la milpa se redujo significativamente a partir de los años 1950s, como detectan los Censos Agrícola, Ganadero y Ejidal V, VI y VII, en la medida en que los productores campesinos adoptaron el uso de herbicidas como sustituto del control mecánico de las malezas. Los herbicidas que protegían al maíz, también eliminaban al frijol o la calabaza y a las arvenses, por su carácter de "hoja ancha". Muchos campesinos, estimulados por los programas públicos de apoyo a la producción de maíz y por el impulso de la Revolución Verde (Turrent y Cortés, 2005), adoptaron los herbicidas por el incremento asociado en la productividad de su mano de obra y aceptaron pagar el costo de dejar de producir el resto de las especies de la milpa. También

Arrocillo, going by breeds adapted to hyper-sour soil as Olotón, hyper-alkalinity as interbreed cross Chalqueña by Ancho in Tehuacán.

There are breeds as Cónica, Bolita and Tuxpeña that by means of their wide intraracial diversity, they have very extensive geographical approaches in the corn agroecosystem, until breeds as Jala, Pepitilla and Tehua, of very reduced geographical approach. There are breeds improved by their grain quality as Bolita, to elaborate the tortilla tlayuda, Zapalote Grande for the totopos oaxaqueños, the pepitilla that produces the tortilla of maximum quality, there are to prepare pinole, for the refreshing drink and nutritious pozol, for the dish called "pozole", etc. Besides those agronomic and culinary qualities, the native breeds have characteristic natural defenses that allow them to resist plagues of post harvest and pathogen fungi (Arnason *et al.*, 1994). These characteristics, as well as others of nutraceutical type, are practically unexplored in the genetic collection of the Mexican corn.

The native breeds were cultivated in two phases in the pre-colonial stage, the sedentary one and the itinerant one. The epitome of sedentary phase is formed by: 1) "la milpa" (Heizer, 1960; Terán *et al.*, 1998); 2) "la chinampa" (Whitmore and Turner, 1992; Albores-Zárate, 1998); 3) the 59 native breeds of corn (RNM) (Sánchez *et al.*, 2000; Miranda-Colín, 2000); 4) several species and many types of bean and squash; and 5) a wide number of weed plants. "La milpa" was cultivated under seasonal and under irrigation (Anonymous, 1988). The itinerant phase is represented by "roza-tumba-quema-milpa" ("slash-cut-burn-milpa"), and by a fraction of native breeds of corn, bean and squash.

The surface occupied by milpa agroecosystem decreased significantly at the beginning of years 1950's, as the Agricultural, Stockbreeding and Ejidal Censuses V, VI and VII detect, in the extent in which the rural farmers adopt the use of herbicides as substitute of mechanical control of the overgrowths. The herbicides that protected corn, also eliminated to the bean or the squash and to the weed, by their character of "wide leaf". Many countrymen, stimulated by the public support programs for production of corn and for the impulse of the Green Revolution (Turrent and Cortés, 2005), adopted the herbicides for the associate increase in productivity of their manpower and they accepted to pay the cost of not producing the rest of milpa species. They also accepted the change to

aceptaron el cambio al monocultivo de maíz, que a diferencia de la milpa, sí requeriría la rotación de cultivos para la productividad sostenida.

Finalmente, muchos campesinos también aceptaron sustituir su maíz nativo por maíces mejorados en parte del agroecosistema, ahora de maíz, en las tierras altamente productivas de temporal y de riego, con excepción de las sierras y terrenos ubicados a más de 2 600 m de altitud. El agroecosistema de maíz de las sierras se caracteriza por altas frecuencias de nublados, de alta humedad relativa y de lluvias intensas y con ellas, varias enfermedades endémicas del follaje y la mazorca. Estas excepciones más las tierras de temporal limitativo y extremo, ocupan 75% del agroecosistema de maíz, que ha sido territorio exclusivo de las razas nativas.

Poca o ninguna investigación se condujo en México para sustentar el cambio de milpa al monocultivo. La investigación agrícola pública se orientó a proporcionar las bases para acelerar tal cambio, aceptándose de manera gratuita la superioridad técnica del monocultivo. Ahora se sabe que la potencialidad de la tierra de labor es mayor bajo la milpa que bajo el monocultivo moderno (Cruz-Ruiz, 2009). La agricultura en chinampas se ha reducido drásticamente desde su pasado brillante precolombino, quedando reductos solamente en regiones lacustres del Altiplano central (Albores-Zárate, 1998).

El sistema roza-tumba-quema-milpa (r-t-q-m) (Terán *et al.*, 1998) también ha sufrido deterioro como resultado de varios factores. Se sabe que este sistema es sustentable dentro de sus normas: a) después de la quema, el terreno se cultiva uno o dos años (típicamente con milpa); y b) sigue un periodo de 20 o más años de descanso, antes del retorno. Este periodo de descanso permite la restitución de la materia orgánica y minerales y también elimina cualquier maleza en la futura milpa. Sin embargo, el sistema roza-tumba-quema-milpa ha sufrido el efecto de la presión demográfica sobre la tierra en México, que se asocia con periodos cada vez más cortos de descanso, hasta convertirse en agricultura sedentaria. En el sistema r-t-q-m, prevalecen los materiales nativos de maíz, frijol y calabaza y su productividad baja cuando el periodo de descanso es menor a cinco años y el periodo de cultivo se extiende a más de dos años.

El dominio de aplicación de la tecnología precolombina no tiene límites naturales para el sector campesino, dentro de la mega diversidad del agroecosistema de maíz de México.

monoculture of corn, that in contrast to milpa, it would require the rotation of cultivations for the sustained productivity.

Finally, many countrymen also accepted to substitute their native corn by improved corns in part of their agroecosystem, now of corn, in the highly productive lands of season and irrigation, except for the mountains and lands located at more than 2 600 m of altitude. The corn agroecosystem of the mountains is characterized by high frequencies of clouds, of high relative humidity and of intense rains and with them, several endemic diseases of foliage and ear. These exceptions plus the lands of restrictive and extreme rainfall, occupy 75% of corn agroecosystem that has been exclusive territory of native breeds.

Little or no research has been done in Mexico to sustain the milpa change to monoculture. The public agricultural investigation was led to provide the bases to accelerate such a change, being freely accepted the technical superiority of monoculture. Now it is known that the potentiality of the agricultural land is bigger in milpa than under modern monocultivo (Cruz-Ruiz, 2009). The agriculture in chinampas has decreased drastically from its brilliant pre-colonial past, being only small portions in lacustrine regions of the central Highland (Albores-Zárate, 1998).

The slash-cut-burn-milpa system (r-t-q-m) (Terán *et al.*, 1998) it has also suffered deterioration as a result of several factors. It is known that this system is sustainable inside its standards: to) after burning, the land is cultivated one or two years (typically with milpa); and b) it follows a period of 20 or more years of rest, before returning. This idle period allows the restitution of the organic and mineral matter and it also eliminates any overgrowth in the future milpa. However, the slash-cut-burn-milpa system has suffered the effect of demographic pressure on the land in Mexico that associates with more and more short idle periods, until becoming sedentary agriculture. In the r-t-q-m system, the native materials of corn, bean and squash and their low productivity prevail when the idle period is smaller to five years and the cultivation period extends to more than two years.

The domain of application of the pre-colonial technology doesn't have natural limits for the rural sector, inside the mega-diversity of the corn agroecosystem of Mexico. It is an important apotation corn grain and stubble to the

Es aportadora significativa de gano de maíz y rastrojo a la producción nacional y a la vez, es fuente única de los tipos de maíz requeridos como alimento en la diversidad cultural del país y de los tipos de germoplasma de maíz adaptados a las fracciones más limitativas del agroecosistema de maíz.

Tecnología derivada de la agronomía clásica

El pensamiento científico aplicado a la agricultura se inicia en el siglo XIX. Turrent *et al.* (2005) hacen el recuento de los conocimientos básicos desarrollados en ese siglo. Tales conocimientos fueron aplicados en México principalmente a partir de la segunda mitad del siglo XX. Se desarrolló prácticas para maíz: a) para la producción (Laird *et al.*, 1993); b) el uso del agua de riego; c) la protección mediante plaguicidas (Sifuentes, 1985) y mediante control biológico (Arredondo-Bernal y Rodríguez del Bosque, 2008; Bahena-Juárez, 2008); y d) El mejoramiento genético y conservación de germoplasma nativo (Ángeles, 2000; Reyes-Castañeda, 2000). El método de campo aplicado en terrenos de productores cooperantes y en el campo experimental, sirvió de base para el desarrollo de tecnología de producción del maíz (Turrent *et al.*, 2005). En 1980, se había conducido 2 500 experimentos de campo sobre fertilización química y densidad de población de maíz en terrenos de productores, información que fue usada como base para estimar el potencial productivo de maíz del agroecosistema de maíz de México (Turrent-Fernández, 1986).

En 1996, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) había liberado 168 maíces mejorados, de los cuales 51% eran híbridos, 34% variedades de polinización libre y 15% variedades sintéticas (Gámez-Vázquez *et al.*, 1996). El desarrollo de este material mejorado tuvo como base solamente a 10 razas nativas (Ángeles, 2000). La multiplicación y comercialización de los maíces mejorados por el INIFAP fue realizada por la entidad paraestatal Productora Nacional de Semillas (PRONASE) hasta su desaparición en 1991. El sistema universitario nacional y los capitales privados multinacional y nacional, también han liberado variedades de polinización libre e híbridos de uso comercial.

En el INIFAP y sus predecesores se enfocó exitosamente a la investigación en tierras altamente productivas de temporal y riego en el monocultivo de maíz, exceptuándose las sierras y el agroecosistema a más de 2 600 m de altitud, por razones explicadas en la sección anterior. Los materiales genéticos mejorados por el capital multinacional han sido destinados

national production and at the same time, it is unique source of the types of corn required as food in the cultural diversity of the country and of the types of germplasm of corn adapted to the most limitative portions in the corn agroecosystem.

Technology derived of classic agronomy

The scientific techniques applied to agriculture starts in the XIX century. Turrent *et al.* (2005) make the recount of the basic knowledge developed in that century. Such knowledge was applied mainly in Mexico starting from the second half of the XX century. Practices for corn were developed: to) for the production (Laird *et al.*, 1993); b) the use of irrigation; c) the protection by means of insecticides (Sifuentes, 1985) and by means of biological control (Arredondo-Bernal and Rodríguez del Bosque, 2008; Bahena-Juárez, 2008); and d) the genetic improvement and conservation of native germplasm (Ángel, 2000; Reyes-Castañeda, 2000). The field method applied in lands of cooperative farmers and in the experimental field, it served as base for the development of production technology of the corn (Turrent *et al.*, 2005). In 1980, there were conducted 2 500 field experiments about chemical fertilization and population density of corn in lands of farmers, information that was used as base to estimate the corn productive potential of corn agroecosystem of México (Turrent-Fernández, 1986).

In 1996, the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) had released 168 improved corns, of which 51% were hybrid, 34% varieties of free pollination and 15% synthetic varieties (Gámez-Vázquez *et al.*, 1996). The development of this improved material had as base only 10 native breeds (Ángel, 2000). The multiplication and commercialization of improved corns by the INIFAP were done by the state-owned entity Productora Nacional de Semillas (PRONASE) until its disappearance in 1991. The national university system and the national and multinational private capitals have also released free pollination and hybrid varieties of commercial use.

In the INIFAP and their predecessors it was focused successfully to the research in highly productive lands of seasonal rainfall and irrigation in the monoculture of corn, being excepted the mountains and the agroecosystem to more than 2 600 m of altitude, for reasons explained in the previous section. The genetic materials improved by multinational capital have been dedicated to the same section of agroecosystem in which INIFAP had bigger success,

a la misma fracción del agroecosistema en la que el INIFAP tuvo mayor éxito, si bien preferentemente en el sector empresarial. En el INIFAP también se hizo trabajo, aunque en menor escala y con bajo grado de éxito, en las tierras de temporal de mediana calidad y marginales.

El primer autor de este ensayo y sus colaboradores, han estimado el potencial productivo de maíz del agroecosistema mexicano en varias ocasiones y criterios (Turrent, 1986; Turrent *et al.*, 1996; Turrent, 2009a). Las estimaciones de 1986 y 1996 se limitaron a las superficies destinadas anualmente al cultivo del maíz. En la estimación más reciente, aquel autor y sus colaboradores, añadieron aquella superficie de la región sur-sureste del país que, al dotarse con infraestructura hidráulica, podría también ser cultivada con maíz en el ciclo otoño-invierno: 1) un millón de hectáreas de tierras de labor, que en la actualidad se cultiva bajo temporal solamente en el ciclo primavera-verano; y 2) dos millones de nueve millones de hectáreas manejadas bajo ganadería extensiva (Turrent *et al.*, 2005).

En el Cuadro 2 se presenta la estimación de la producción potencial de maíz en los próximos 25 años (Turrent, 2009a). En ambas estimaciones se adopta el supuesto de los dominios geográficos de ambas fuentes de tecnología, la precolombina y la agronomía clásica, así como su interfase. Es necesario, hacer mención que se ha tenido en cuenta el impacto multifactorial que las actividades agrícolas producen sobre los ecosistemas y la biodiversidad, La apertura de tierras de labor tiene que hacerse bajo el más estricto análisis de impacto ambiental y tratando de generar un balance virtuoso entre las necesidades de producción y la conservación de la biodiversidad y su ambiente.

although preferably in the enterprise sector. In the INIFAP work was also made, although in smaller scale and with low grade of success, in the lands of seasonal rain of medium quality and marginal.

The first author of this essay and their collaborators have estimated the productive potential of corn of the Mexican agroecosystem in several times and criteria (Turrent, 1986; Turrent *et al.*, 1996; Turrent, 2009a). The estimates of 1986 and 1996 were limited to the surfaces dedicated annually to corn cultivation. In the most recent estimate, that author and their collaborators added that surface of the south-southeast region of the country that, when being endowed with hydraulic infrastructure, it could also be cultivated with corn in the autumn-winter cycle: 1) one million ha of agricultural lands that currently is cultivated under seasonal rain only during spring-summer cycle; and 2) two million out of nine million ha managed under extensive cattle raising (Turrent *et al.*, 2005).

In Table 2 the estimate of the potential production of corn in next 25 years is shoed (Turrent, 2009a). In both estimates it is adopted the supposition of the geographical domains of both technology sources, the pre-colonial one and the classic agronomy, as well as its interface. It is necessary, to make mention that has been kept in mind the multiple factor impact that the agricultural activities exert on the ecosystems and the biodiversity. The opening of agricultural lands has to become under strictest analysis of environmental impact and trying to generate a virtuous balance between the production needs and the conservation of the biodiversity and their environment.

Cuadro 2. Estimación del potencial productivo de maíz de la república mexicana en 2025.

Table 2. Estimate of productive potential of corn of Mexican Republic in 2025.

Escenario	Producción en millones de toneladas anuales
Actual†	33
Más 1 millón de hectáreas del sur-sureste bajo riego	8
Más 2 millones de ha bajo manejo agropecuario extensivo bajo riego en el sur-sureste	16
Total potencial	57
Consumo aparente actual	32

†= con 6 millones de hectáreas cosechadas bajo temporal, más 1.5 millones de ha bajo riego. (Turrent-Fernández, 2009).

A pesar de su contribución a la producción nacional de maíz y de su indispensabilidad de uso pluricultural como alimento, la tecnología precolombina no ha recibido aportes significativos directos de la investigación agrícola pública, inversión, tampoco de otros servicios del Estado, necesarios para incrementar su productividad.

El riesgo de un mega experimento con maíz transgénico

En 2009, el Gobierno Mexicano otorgó 24 permisos para la siembra experimental de maíz transgénico a varios consorcios multinacionales. Estos experimentos se conducirían en campo a partir del ciclo otoño-invierno 2009-2010 en los estados de Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Tamaulipas (SENASICA, 2010). Los permisos fueron sometidos formalmente al protocolo previsto en la ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados (LBOGM) y su reglamento. Las liberaciones se aprobaron bajo normas de bioseguridad; las localidades experimentales con cercas electrificadas y distanciadas por lo menos 500 m a la siembra de maíz más cercana y con vigilancia continua; 5 surcos de bordo con maíz no transgénico; el experimento transgénico se ubica en el centro del sitio experimental, y es sembrado con desfase a las siembras vecinas de maíz comercial; se hace el inventario de mazorcas transgénicas y se empaca el grano como protección contra derrames de semilla durante el transporte; se incineran los residuos de cosecha, rutinarias, definidas años atrás.

Además, la ubicación de las localidades de liberación guardó distancias de por lo menos 35 km hasta aquellas localidades en las que se ha colectado material de razas nativas. Es previsible que por su esencia comercial, los planes corporativos multinacionales gestionarán para que la transición entre las etapas experimental, piloto y comercial previstas en la LBOGM, sea lo más corta posible. Es necesario considerar el caso hipotético de la fracción del agroecosistema de maíz del orden de 754 000 ha bajo riego y 284 000 ha de temporal, dominada por esta primera serie de experimentos. La misma fracción del agroecosistema de maíz está contenida en una región mayor del territorio nacional, en la que Boege (2009) ubica a por lo menos cinco grupos étnicos y 29 razas nativas cultivadas en la fracción del agroecosistema de maíz bajo temporal.

Es obvio que el protocolo de bioseguridad seguido en la llamada etapa experimental no será aplicable en las etapas piloto y comercial. No será factible cercar las siembras comerciales, vigilarlas contra la extracción fortuita de

In spite of their contribution to the national production of corn and of their indispensability of use pluricultural like food, the before Columbus technology has not received direct significant contributions of the public agricultural investigation, investment, neither of other services of the State, necessary to increase its productivity.

The risk of a mega experiment with transgenic corn

In 2009, the Mexican Government granted 24 permits to several multinational enterprises for the experimental sow of transgenic corn. These experiments would be done in field starting from the autumn-winter 2009-2010 cycle in the states of Sinaloa, Sonora, Chihuahua and Tamaulipas (SENASICA, 2010). The permits were subjected formally to the protocol foreseen in Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados (LBOGM) and their regulation. The releases were approved under biosafety standards; the experiment localities with electrified fences and distances at least 500 m to the nearest plantation of corn and with continuous surveillance; 5 border furrows with non-transgenic corn; the transgenic experiment is located in the center of the experimental site, and it is sowed with a delay respect the neighboring cultivations of commercial corn; the inventory of transgenic ears is made and the grain is packed as protection against seed spills during the transport; the crop residuals are incinerated, routine, defined years ago.

Also, the location of the release localities kept distances of at least 35 km until those towns in those that material of native breeds has been collected. It is foregone that for their commercial essence, the multinational enterprises' agendas will negotiate so that the transition among the experimental, pilot and commercial stages foreseen in the LBOGM would be shortened as much as possible. It is necessary to consider the hypothetical case of the portion of corn agroecosystem in the size of 754 000 ha under irrigation and 284 000 ha seasonal, dominated by this first series of experiments. The same portion of corn agroecosystem is contained in a bigger region of the country, in which Boege (2009) locates at least five ethnic groups and 29 native breeds cultivated in the fraction of corn agroecosystem under seasonal rainfall.

It is obvious that the biosafety protocol followed in the called experimental stage won't be applicable in the pilot and commercial stages. It won't be feasible to fence the commercial plots, to watch over them against fortuitous extraction of ears, to delay them with regard to the sow

mazorcas, desfasarlas con respecto a las siembras de razas nativas y distanciarlas de éstas por lo menos 35 km, incinerar residuos, hacer inventarios de la producción o evitar derrame de grano en transporte. Es previsible que los consorcios multinacionales apoyados por productores clientes, promuevan la sustitución del protocolo de bioseguridad de la llamada etapa experimental por otro laxo, que apoyado en investigaciones realizadas en otros países, proteja exclusivamente contra el flujo génico vía polen.

Se ha señalado que con 200 m de separación se impide la dispersión de maíz vía polen (Ma *et al.*, 2004; Astini *et al.*, 2009). Según este conocimiento, se justificaría ajustar la regla a mayores distancias. Sin embargo, aunque tal corrección fuera mayor a 200 m por factores de 10, de 100 ó 1 000, seguiría siendo incapaz de controlar el flujo génico en el agroecosistema de maíz, al ignorar la vía de flujo semilla-polen.

Como lo señalaron Hernández X. y otros investigadores, el germoplasma de maíz alopatrico ha sido recurso central milenario de los desarrolladores de las 59 razas nativas y su vasta variación intrarracial. Históricamente, los viajeros campesinos han colectado mazorcas de maíz en todo el agroecosistema de maíz, llevadas de regreso para ser mezcladas con semilla propia y sembradas para su cruzamiento y posterior selección. Un ejemplo son los Tarahumaras-viajeros ubicados, en el Cañón de Cobre, con el maíz transgénico que se cultivara en Sinaloa (alopátricos) y sus razas nativas. Estos Tarahumaras actualmente comercian artesanías en el Divisadero, Municipio de Meoqui, Chihuahua, que es la estación del ferrocarril Chihuahua-Los Mochis y distante 217 km de El Fuerte, Sinaloa.

Se analizaron otros documentos en los que se observó, que una eventual liberación comercial de maíz transgénico en México, centro de origen del maíz, interaccionará con cuatro factores por lo menos, para causar una acumulación irreversible de transgenes en las razas nativas (Turrent *et al.*, 2009a y 2009b): 1) las limitaciones de la tecnología del maíz transgénico en su etapa actual; 2) las prácticas de campo del mejoramiento genético autóctono; 3) la biología reproductiva del maíz; y 4) una nueva oleada de maíz transgénico adaptada a parte del agroecosistema mexicano de maíz.

Se concluye que la siembra a escala comercial de maíz transgénico en México, conducirá inescapablemente a la acumulación progresiva de transgenes en las razas nativas, con efectos hasta ahora desconocidos y que invocan

of native breeds and to separate them of these at least 35 km, to incinerate residuals, to make inventories of the production or to avoid grain spill in transport. It is foreseen that the multinational companies supported by producing customers, promote the substitution of biosafety protocol of the called experimental stage for other lax that supported in investigations done in other countries, protect exclusively against genetic flow via pollen.

It has been pointed out that with 200 m of separation the dispersion of corn via pollen is impeded (Ma *et al.*, 2004; Astini *et al.*, 2009). According to this knowledge, it would be justified to adjust the law at bigger distances. However, although such a correction were bigger than 200 m by factors of 10, of 100 or 1 000, it would continue being unable to control the genetic flow in the agroecosystem of corn, when ignoring the path seed-pollen flow.

As Hernández X. and other investigators pointed out, the germplasm of allopatric corn has been by thousands of years central resource of the developers of the 59 native breeds and its wide intrabreed variation. Historically, the rural travelers have collected ears of corn in the whole corn agroecosystem, taken back to be blended with own seed and sowed for their crossing and subsequent selection. An example is the Tarahumaras travelers, located in the Cañón de Cobre, with the transgenic corn that was cultivated in Sinaloa (allopatric) and their native breeds. Currently, these Tarahumaras trade crafts in Divisadero, Municipality of Meoqui, Chihuahua that is station of the railroad Chihuahua-Los Mochis and at 217 kms of El Fuerte, Sinaloa.

Other documents were analyzed observing that an eventual commercial release of transgenic corn in Mexico, center of origin of the corn, will interact with at least four factors, to cause an irreversible accumulation of transgenes in the native breeds (Turrent *et al.*, 2009a y 2009b): 1) the limitations of the of the transgenic corn technology in its current stage; 2) the field practices of the autochthonous genetic improvement; 3) the reproductive biology of the corn; and 4) a new surge of transgenic corn adapted to part of the Mexican corn agroecosystem.

It is concluded that the cultivation at commercial scale of transgenic corn in Mexico, will inevitably lead to the progressive accumulation of transgenes in the native breeds, with effects until now unknown and that they invoke the application of preventive principle. It is recommended to postpone the commercial release of transgenic corn in

la aplicación del principio precautorio. Se recomienda posponer la liberación comercial de maíz transgénico en México, hasta conducir la investigación que específicamente esclarezca el efecto de esa acumulación de transgenes sobre las razas nativas; suman su advertencia a la de Kato (2006) sobre un umbral deletéreo de acumulación de transgenes en las razas nativas, más allá del cual las plantas perderían viabilidad y adaptación al agroecosistema.

En la eventualidad de un mega experimento inducido por los consorcios multinacionales en el agroecosistema de maíz, la única coexistencia posible entre el maíz transgénico y las razas nativas de maíz es aquella en la que éstas transitan por un camino de progresiva e irreversible contaminación con transgenes y que además pondría en riesgo a su ancestro y pariente silvestre, el teocintle (Serratos *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

Las razas nativas de maíz cubren una fracción significativa del agroecosistema de maíz de México, en que son insustituibles por los materiales genéticos modernos, tanto por su adaptación a condiciones marginales como por su contribución única a la alimentación pluricultural del país. Por esto se recomienda que el Estado Mexicano apoye el desarrollo de la agricultura basada en las razas nativas de maíz.

En la eventualidad de un mega experimento de maíz transgénico en el agroecosistema de maíz de México, no habrá posibilidad alguna de coexistencia con las razas nativas de maíz, excepto aquella en la que sea aceptable que esas razas sean progresiva e irreversiblemente contaminadas por transgenes.

El uso de maíz transgénico no es necesario para la autosuficiencia en maíz de México. La mejoría en competitividad para el productor de grandes unidades de producción de maíz pretendida por los consorcios multinacionales, depende de la no aparición de supermalezas y superplagas y de que los productores sean liberados del pago de los costos de limpiar el ecosistema.

Se recomienda prohibir el cultivo de maíz transgénico en el agroecosistema de maíz de México.

Mexico, until making the investigation that specifically clarifies the effect of such transgenes accumulation on the native breeds; adding the warning from Kato (2006) about a deleterious threshold of transgenes accumulation in the native breeds, beyond which the plants would lose viability and adaptation to the agroecosystem.

In the eventuality of a mega experiment induced by multinational enterprises in corn agroecosystem, the only possible coexistence between the transgenic corn and the native breeds of corn is one in which these both move towards a progressive and irreversible contamination with transgenes and that it would also put in risk to its ancestor and wild congenerous, the teosinte (Serratos *et al.*, 2004).

CONCLUSIONS

The native breeds of corn cover a significant fraction of corn agroecosystem of Mexico, in which they are irreplaceable for the modern genetic materials, as for their adaptation to marginal conditions as for their unique contribution to the multicultural food of the country. By this reason it is recommended that the Mexican government supports the development of the agriculture based on the native breeds of corn.

In the eventuality of a mega experiment of transgenic corn in the Mexican corn agroecosystem, there will be no possibility of coexistence with the native breeds of corn, except that in which is acceptable that those breeds are progressive and irreversibly contaminated by transgenes.

The use of transgenic corn is not required for the self-sufficiency in corn of Mexico. The improvement in competitiveness for the farmer of big units of production of corn that the multinational enterprises expect to obtain, depends on that there not arise super-undergrowth and super-plagues and on that producers are exempt of payment for the costs of cleaning the ecosystem.

It is recommended to prohibit the cultivation of transgenic corn in the corn agroecosystem of Mexico.



LITERATURACITADA

- Amason, J. T.; Baum, B.; Gale, J.; Lambert, J. D. H.; Serratos, A.; Bergvinson, D.; Philogène, B. J. R.; Mihm, J. A. and Jewell, D. 1994. Variation in resistance of Mexican land races of maize to maize weevil *Sitophilus zeamais*, in relation to taxonomic and biochemical parameters. Wageningen. Springer Netherlands. *Euphytica*. 74:227-236.
- Albores-Zárate, B. 1998. Origen pre-mexica de las chinampas de la zona lacustre del Alto Lerma Mexiquense. URL: <http://www.cmq.edu.mx/docinvest/document/DI22122.pdf>.
- Ángeles-Arrieta, H. 2000. Mejoramiento genético de maíz en México: el INIA, sus antecesores y un vistazo a su sucesor el INIFAP. *Agríc. Téc. Méx.* 26(1):31-48.
- Anónimo. 1988. Agua y sociedad: una historia de las obras hidráulicas en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). México. 299 p.
- Arredondo-Bernal, H. C. y Rodríguez del Bosque, L. A. 2008. Casos de control biológico en México. Dirección General de Sanidad Vegetal. Sociedad Mexicana de Control Biológico. INIFAP-Colegio de Postgraduados. Mundi Prensa, México, S. A. de C. V. 423 p.
- Astini, J. P.; Fonseca, A.; Clark, C.; Lizaso, J.; Grass, L.; Westgate, M. and Arrit, K. 2009. Predicting outcrossing in maize hybrid seed production. *Agron. J.* 101(2):373-380.
- Bahena, J. B. 2008. Enemigos naturales de las plagas agrícolas: del maíz y otros cultivos. SAGARPA-INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. Libro técnico. Núm. 5. 180 p.
- Barros, C. 2008. Maíz, alimentación y cultura. *Ciencias*. Octubre 2008-marzo 2009. 56-59 pp.
- Bressani, R. 1990. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. *Food Rev. Int.* 6:225-264.
- Boege, E. 2009. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación *in situ* de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Distrito Federal, México. 342 p.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2009. De la población de México 2005-2050. URL: http://conapo.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=192.
- Cruz-Ruiz, M. A. 2009. Eficiencia relativa de la tierra y perspectivas de dos policultivos de temporal en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. CIIDIR-IPN. 145 p.
- Culpepper, A. S.; Grey, T. L.; Vencill, W. K.; Kichler, J. M.; Webster, T. M.; Brown, S. M.; York, A. C. Davis, J. W. and Hanna, W. W. 2006. Glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) confirmed in Georgia. *Weed Science*. 54:620-626.
- De León, C. 1984. Enfermedades del maíz. Una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Distrito Federal, México. 114 p.
- Gámez-Vázquez, A. J.; Ávila-Perches, M. A.; Ángeles-Arrieta, H.; Díaz-Hernández, C.; Ramírez-Vega, H. y Terrón-Ibarra, A. 1996. Híbridos y variedades de maíz liberados por INIFAP hasta 1996. Publicación especial. Núm. 16. INIFAP-SAGAR. México. 102 p.
- González-Acuña, I. J.; Turrent-Fernández, A. y Aveldaño-Salazar, R. 1990. Provincias agronómicas de la tierra de labor en México. INIFAP. Documento sin publicar. D. F., México. 133 p.
- Guerin, P. M. and Guerin, T. F. 2003. A Survey of yield differences between transgenic and non-transgenic crops, archives of agronomy and soil science. URL: <http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713453776~db=all~tab=es=49~v49>.
- INEGI. 2009. VIII Censos Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. URL: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=17177&s=est>.
- Heizer, R. F. 1960. Agriculture in the theocratic state in lowland southeastern Mexico. *America antiquity* 23(2):215-222.
- Hernández, X. E. 1987. Experiences leading to a greater emphasis on man in ethnobotanical studies. *Econ. Bot.* 41:6-11.
- Hernández, X. E. 1993. La agricultura tradicional como una forma de conservar el germoplasma de los cultivos *in situ*. In: biología, ecología y conservación del género *Zea*. Benz, B. F. (comp). Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 243-256 pp.
- Kato, Y. A. 2006. Variedades transgénicas y el maíz nativo en México. *Agríc. Soc. Des.* 1:101-109.
- Krause, V. M. 1988. Rural-urban variations in limed maize consumption and the mineral content of tortilla in Guatemala. Center of studies of sensory impairment, aging, and metabolism, Guatemala; School of dietetics and human nutrition. McGill University. Montreal, Canada. 296 p.

- Kuhlmann, A. 2009. Chair's report. In Saskatchewan flax grower (newsletter of the Saskatchewan flax development commission). 76 p.
- Laird, R.; Turrent, A.; Volke, V. y Cortés J. I. 1993. La investigación en productividad de agrosistemas. Colegio de Postgraduados. Cuadernos de edafología. Núm. 18. Texcoco, Estado de México. 42 p.
- Ma, B. L.; Subedi, K. D. and Reid, R. L. 2004. Extent of cross fertilization in maize by pollen from neighboring transgenic hybrids. *Crop Sci.* 44:1273-1282.
- Ma, B. L. and Subedi, K. D., 2005. Bt maize inferior yield. *Field Crops Res.* 93:199-211.
- Miranda-Colín, S. 2000. Mejoramiento genético del maíz en le época prehispánica. *Agric. Téc. Méx.* 26(1):3-15
- Ortega, A. C. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. D. F., México. 106 p.
- Pérez-Sanvicente, G. 2003. Repertorio de tamales mexicanos. Colección cocina indígena y popular. CONACULTA. CNCA-DGCPI-Dirección General de Publicaciones. Núm. 15. D. F., México. 264 p.
- Reyes-Castañeda, P. 2000. Cincuenta años de investigación agrícola de maíz para tierra caliente en México. *Agric. Téc. Méx.* 26(1):49-62.
- Sánchez, J. J.; Goodman, M. and Stuber G. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54:43-59.
- Scott, R. and Smith, K. 2007. Prevention and control of glyphosate-resistant pigweed in roundup ready soybean and cotton. University of Arkansas Cooperative Extension Service. URL: http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-2152.pdf.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). D. F., México. URL: <http://www.senasica.gob.mx>.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). D. F., México. URL: <http://www.siap.gob.mx>.
- Sifuentes, J. A. 1985. Plagas del maíz en México. INIFAP. Folleto técnico. Núm. 85. D. F., México. 49 p.
- Serratos-Hernández, J. A.; Islas-Gutiérrez, F.; Buendía-Rodríguez, E. and Berthaud, J. 2004. Gene flow scenarios with transgenic maize in Mexico. *Environ. Biosafety Res.* 3(3):149-157.
- Teran, S.; Rasmussen, C. H. y May Cauch, O. 1998. Las plantas de la milpa entre los mayas. Vol. 58. URL: <http://www.jstor.org/pss/3631079>.
- Turrent-Fernández, A. 1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la república mexicana. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 165 p.
- Turrent-Fernández, A.; Aveldaño-Salazar, R. y Moreno-Dahme, R. 1996. Análisis de las posibilidades técnicas de la autosuficiencia alimentaria sostenible de maíz en México. *Terra.* 14(4):445-468.
- Turrent-Fernández, A. and Serratos-Hernández, J. A. 2004. Context and background on maize and its wild relatives in Mexico. *In: commission for environmental cooperation of North America, maize and biodiversity: the effects of transgenic maize in Mexico.* 55 p.
- Turrent-Fernández, A.; Camas-Gómez, R.; López-Luna, A.; Cantú-Almaguer, M., Ramírez-Silva, J.; Medina-Méndez, J. y Palafox-Caballero, A. 2004a. Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México. *Agric. Téc. Méx.* 30(2):153-167.
- Turrent-Fernández, A.; Camas-Gómez, R.; López-Luna, A.; Cantú-Almaguer, M.; Ramírez-Silva, J.; Medina-Méndez, J. y Palafox-Caballero, A. 2004b. Producción de maíz bajo riego en el Sur-Sureste de México. II Desempeño financiero y primera aproximación tecnológica. *Agric. Téc. Méx.* 30(2):205-221.
- Turrent-Fernández, A.; Laird, R. J.; Cortés-Flores, J. I. y Volke-Haller, V. 2005. Un reencuentro con la productividad de agrosistemas: I Fundamentos y herramientas. *Agrociencia.* 39(1):29-39.
- Turrent-Fernández, A. y Cortés-Flores, J. I. 2005. La ciencia y la tecnología en la agricultura mexicana. I Producción y sostenibilidad. *Terra.* 23:265-272.
- Turrent-Fernández, A. 2009a. Potencial productivo de maíz en México. *La Jornada del Campo.* Núm. 16. D. F., México. 16-17 pp.
- Turrent-Fernández, A.; Serratos-Hernández, J. A.; Mejía-Andrade, H. y Espinosa-Calderón, A. 2009b. Propuesta de cotejo-de impacto de la acumulación de transgenes en el maíz (*Zea mays* L.) nativo mexicano. *Agrociencia.* 43(3):257-265.
- Turrent-Fernández, A.; Serratos-Hernández, J. A.; Mejía-Andrade, H. y Espinosa-Calderón, A. 2009c. Liberación comercial de maíz transgénico y acumulación de transgenes en razas de maíz mexicano. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(4):257-263.

Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS). 2009. Extrañamiento al presidente de la república mexicana. URL: <http://www.unionccs.net/comunicados/index.php?doc=sciencetrmaizees>.

Whitmore, T. M. and Turner II, B. L. 1992. Landscapes of cultivation in Mesoamérica on the eve of the conquest. *Annals of the Association of American Geographers*. 82(3):402-405.