

## FLUJO GÉNICO ENTRE MAÍCES COMERCIALIZADOS POR DICONSA Y POBLACIONES NATIVAS EN LA MIXTECA POBLANA\*

### GENE FLOW BETWEEN MAIZE COMMERCIALIZED BY DICONSA AND NATIVE POPULATIONS AT THE MIXTECA OF PUEBLA

Nayeli Itzell Carreón-Herrera<sup>1</sup>, Higinio López-Sánchez<sup>1§</sup>, Abel Gil-Muñoz<sup>1</sup>, Pedro Antonio López<sup>1</sup>, M. Alejandra Gutiérrez-Espinosa<sup>2</sup> y Ernestina Valadez-Moctezuma<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campus Puebla. Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México-Puebla, km.125.5. Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760. Tel. 01 222 2851447. Ext. 2207, 2061 y 2029. (gila@colpos.mx), (palopez@colpos.mx). <sup>2</sup>Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km. 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1123. (alexge@colpos.mx). <sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5. Chapingo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9521500. Ext. 6438. (avaladez@correo.chapingo.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: higinio@colpos.mx.

#### RESUMEN

Diversos trabajos han anotado que una fuente posible de los transgenes detectados en maíces nativos de México, pudo ser el grano proveniente de las tiendas rurales Diconsa; el cual, al ser sembrado generó plantas que liberaron polen al ambiente. A la fecha, no se ha realizado trabajo alguno que permita decidir sobre la validez de dicha aseveración. La presente investigación se condujo con el objetivo de precisar si plantas provenientes del grano expendido por las tiendas rurales Diconsa pueden adaptarse a las condiciones de la Mixteca, si llegan a antesis y si esta etapa coincide con la floración femenina de los maíces nativos de dicha región. Para ello, 23 muestras de maíz procedentes de las tiendas rurales Diconsa, 46 poblaciones nativas y tres testigos comerciales fueron evaluados durante 2008 en dos localidades, mediante un diseño látice 8\*9 con dos repeticiones. Se registraron variables morfológicas y agronómicas, así como la dinámica de floración. El análisis de los datos con técnicas univariadas y multivariadas reveló que las poblaciones de maíz que se derivaron del grano de maíz de las tiendas rurales Diconsa, constituyeron un conjunto que morfológica y agronómicamente, fue distinto

#### ABSTRACT

Several papers have noted that, a possible source of transgenes detected in native maize in Mexico, could have been the grains from Diconsa's rural stores; which produced plants that released pollen into the environment. Up to this date, there are no papers which would help to decide on the validity of such assertion. This research was conducted aiming to determine whether if the plants from grains expended by Diconsa's rural stores can be adapted to the Mixteca's conditions, if they achieve anthesis and if this stage coincides with the female's flowering of the native maize of that region. 23 maize samples from Diconsa's rural stores, 46 native populations and three commercial controls were evaluated during 2008, in two locations through a lattice design 8\*9 with two replicates. The morphological, agronomic variables and flowering dynamics were recorded. The data analysis with univariate and multivariate techniques revealed that, the maize populations derived from maize grain from Diconsa's rural stores was a set morphologically and agronomically different to that formed by the native populations; their plants reached anthesis and its flowering periods

\* Recibido: enero de 2011  
Aceptado: agosto de 2011

al formado por las poblaciones nativas; sin embargo, sus plantas llegaron a antesis y sus períodos de floración se traslaparon con los de las poblaciones nativas. Todo ello evidencia que en la Mixteca Poblana el flujo génico entre materiales introducidos y poblaciones nativas de maíz es posible, representando un medio efectivo para diseminar transgenes en caso de que estos estén en los granos de polen.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., dinámica de floración, maíces nativos, maíz transgénico.

## INTRODUCCIÓN

El reconocimiento inicial de México como centro de origen del maíz fue hecho por Vavilov (1930); trabajos posteriores, en los cuales se han considerado tanto las evidencias arqueológicas como las botánicas disponibles, han confirmado tal aseveración (Smith, 2001). El hecho que adicionalmente, en México existan aproximadamente 60 razas catalogadas, lo convierte también en un centro de diversidad (Kato *et al.*, 2009). Esta diversidad puede percibirse en gran cantidad de poblaciones nativas, cultivadas primordialmente por agricultores minifundistas, en las áreas temporaleras del país. Trabajos como el de Muñoz (2005) permiten tener una mejor idea de la magnitud de esta diversidad.

Mercer y Wainwright (2008) reportan que en México, se han conducido al menos 10 estudios para detectar la presencia de transgenes, pero no en todos los casos se publicaron los resultados. Agregan que en aquellos trabajos disponibles donde se encontraron transgenes, estos estuvieron presentes en niveles bajos o indetectables. Entre los estados donde se detectaron fueron Oaxaca y Puebla. Serratos (2009) anota que es difícil explicar cómo se introdujo el maíz transgénico a México, y lista las hipótesis que se han adelantado: 1) la siembra de grano transgénico proveniente de importaciones; 2) el contrabando o la introducción ilegal de semillas; 3) programas oficiales de semilla, sin supervisión; 4) redes comerciales de semilla en pequeña escala; y 5) mala supervisión de las pruebas de campo realizadas en el país.

Respecto a la primera hipótesis, Soleri *et al.* (2006) exponen que desde la implementación del Tratado de Libre Comercio con América del Norte, México ha importado de Estados Unidos de América, un promedio anual de 5.45 millones de toneladas métricas de maíz, que entre los años 2000 y 2003

overlapped with those of the native populations. This shows that, in the Mixteca of Puebla, gene flow between introduced materials and native maize populations is quite possible, representing an effective way to spread transgenes if these are in the pollen grains.

**Key words:** *Zea mays* L., flowering dynamics, native maize, transgenic maize.

## INTRODUCTION

The initial recognition of Mexico as maize origin center was made by Vavilov (1930); later papers, which have considered the archaeological and botanical available evidence, have confirmed this assertion (Smith, 2001). The additional fact that, in Mexico exist about 60 classified breeds makes it also a center of diversity (Kato *et al.*, 2009). This diversity can be seen in large numbers of native populations, grown primarily by smallholder farmers in the country, in rainfed areas. Papers like that of Muñoz (2005), allow to having a better idea of this diversity magnitude.

Mercer and Wainwright (2008), report that in Mexico there have been done at least 10 studies to detect the presence of transgenes, but not in all cases the results were published. They add that, in those available jobs where transgenes were found, these were present at low or undetectable levels. Among the States they were detected, were Oaxaca and Puebla. Serratos (2009) notes that it is difficult to explain how transgenic maize was introduced into Mexico and list some of the hypotheses: 1) the planting of transgenic grains from imports; 2) the contraband or smuggling of seeds; 3) government programs for seeds, without supervision; 4) seeds' commercial networks in small-scale; and 5) poor supervision of field trials in the country.

Regarding to the first hypothesis, Soleri *et al.* (2006) argue that, since the implementation of NAFTA in North America, Mexico has imported from USA, an annual average of 5.45 million metric tons of maize, which between 2000 and 2003 included approximately 500 billion of white Bt maize for food. They add that, in interviews with farmers in four communities of Oaxaca, 23% (39 out of 169) of those who got foreign maize to eat, also planted one part, and that 8% (13 of 169) had planted maize from government stores; 100% of them said that the grain produced pollen.

incluyeron aproximadamente 500 billones de granos de maíz Bt blanco para alimento. Agregan que en entrevistas con agricultores de cuatro comunidades oaxaqueñas, 23% (39 de 169) de aquellos que obtuvieron maíz externo para comer, también sembraron una parte, y que 8% (13 de 169) habían sembrado maíz de las tiendas gubernamentales; 100% de estos últimos dijo que el grano había producido polen.

En un trabajo conducido a nivel nacional, Dyer *et al.* (2009) encontraron que entre 1997 y 2001, casi 3% de los agricultores mexicanos contactados (1 765), sembró maíz obtenido de Diconsa (la red pública minorista) al menos una vez durante el período mencionado, aunque sólo 0.5% de los lotes de semilla sembrados en 2002 provino de tal fuente.

La Mixteca Poblana se ubica en la porción suroeste del estado de Puebla, integra a 57 municipios y ocupa una superficie total de 8 021 km<sup>2</sup>. La precipitación media anual en la región es de 600 mm y los suelos son de origen calcáreo y poco profundos, predominando los cambisoles (De la Rosa *et al.*, 2006). Muñoz (2005) consigna que en esta región la sequía es el problema más grave, y que es resultado de las lluvias escasas y variables (el coeficiente de variación llega a superar 50%) y de los suelos someros y pedregosos que retienen poca agua. Ello ocasiona que los rendimientos de maíz sean bajos, como lo evidencia el rendimiento promedio de tal cultivo bajo temporal en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) de Izúcar, que entre 2006 y 2009 fue de 740 kg ha<sup>-1</sup>, y siempre existe la posibilidad de siniestros, como ocurrió en 2005, en el cual 38% de los municipios del DDR sufrió pérdidas totales (SIAP, 2010), lo cual ocasiona la pérdida de las variedades cultivadas y obliga a la búsqueda de otras semillas para siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Acopio de grano y semilla

El acopio de muestras se realizó durante 2008, y se organizó de tal forma que se muestreó el área en la cual se encontraban ubicadas tiendas de Diconsa en la Mixteca Poblana: San Bernardo Acatlán y Tecamatlán. Así, y con base en el padrón de tiendas (DICONSA, 2011), se identificaron las poblaciones en las cuales se localizaban aquellas, se visitó la comunidad para verificar que la tienda estuviera funcionando y, si esta existía, se preguntó si vendían o habían

In a study conducted at national level, Dyer *et al.* (2009) found that between 1997 and 2001, almost 3% of Mexican farmers that were contacted (1 765), planted maize obtained from Diconsa (retail public network) at least once during the period mentioned, but only 0.5% of the seeds lots sown in 2002 came from that source.

The Mixteca is located in the southwestern portion of the Puebla State, integrates 57 municipalities and covers a total area of 8 021 km<sup>2</sup>. The average annual rainfall in the region is 600 mm and the soils are of calcareous origin and shallow, predominantly Cambisols (De la Rosa *et al.*, 2006). Muñoz (2005), states that in this region, drought is the most serious problem and that is the result of low and variable rainfall (coefficient of variation >50%) and shallow, stony soils that hold little water. This causes the low maize yields as evidenced by the average yield of this crop under rainfed conditions in the Rural Development District (RDD) of Izúcar, that between 2006 and 2009 was of 740 kg ha<sup>-1</sup>, and there is always a possibility of accidents, as occurred in 2005 in which 38% of the RDD reported total losses (SIAP, 2010), causing the loss of cultivated varieties and forces the search of other seeds for planting.

## MATERIALS AND METHODS

### Grains and seeds collection

The samples collection was performed in 2008 and was organized so the area in which Diconsa's stores were located in the Mixteca of Puebla was sampled: San Bernardo Acatlán and Tecamatlán. Based on the list of stores (DICONSA, 2011), the populations where the stores are located were identified, and the community was visited to verify that the store was operating and, if it existed, it was asked if they sell or sold maize grain in the last three years (2006 to 2008). Where the answer was affirmative, a sample of maize sold in the store was bought and in addition, maize samples were collected with three different producers in the same locality. Thus, the samples collection was performed in 27 localities of 13 municipalities in the Mixteca of Puebla (Table 1 and Figure 1).

In total, 178 samples were obtained; 27 from the stores and the rest from producers. For evaluation purposes in field, 23 samples from Diconsa's stores were selected (all white grain) and 46 from farmers (Table 1), representing the range of sources and colors collected. Out of these, 34 were white-grain, six of blue-grain, three yellow and three red.

vendido maíz en grano en los últimos tres años (2006 a 2008). En donde procedió, se compró una muestra del maíz vendido en la tienda y, adicionalmente, se procuró recolectar muestras de maíz con tres productores distintos de la misma localidad. De esta manera, el acopio de muestras se realizó en 27 localidades distribuidas en 13 municipios de la Mixteca Poblana (Cuadro 1 y Figura 1).

### Experimental evaluation

For the field experiments, in addition to the 69 samples described above, three controls were included (Chiautla, CPV-M301, SB-302), which represent improved varieties recommended for this region. Thus, there was a set of 72 materials, which were evaluated in 2 localities, 2 replications,

**Cuadro 1. Relación de muestras incluidas en los experimentos de campo. Mixteca Poblana, 2008.**  
**Table 1. List of samples included in field experiments. Mixteca of Puebla, 2008.**

Muestra	Localidad	Municipio	Muestra	Localidad	Municipio
Aht1, Aht2	Ahuehuetitla	Ahuehuetitla	VHG	Vista Hermosa	Guadalupe
Aht3, Aht4	Ahuehuetitla	Ahuehuetitla	XacB1, XacB2	Xayacatlán de Bravo	Xayacatlán de Bravo
Atop1, Atop2	Atopolitlán	Tehuiztingo	Yet	Yetla	Piaxtla
Axu1, Axu2	Axutla	Axutla	DiAtop‡	Atopolitlán	Tehuiztingo
AZ1, AZ2, AZ3	Albino Zertuche	Albino Zertuche	DiAxu‡	Axutla	Axutla
BG1, BG2	Barrio de Guadalupe	Acatlán	DiBG‡	Barrio de Guadalupe	Acatlán
Boq	Boqueroncito	Tehuiztingo	DiEP‡	El Progreso	Piaxtla
BSJ	Barrio S. P. Jerónimo	S. J. Xacayatlán	DiPI‡	Guadalupe Allende	Tehuiztingo
ChF	Chila de las Flores	Chila	DiHG‡	Hermenegildo Galeana	Acatlán
DC1, DC2, DC2	Débora Carrizal	Cuayuca de Andrade	DiSJT‡	San José Tetla	Piaxtla
HG1, HG2	Hermenegildo Galeana	Acatlán	DiLNC‡	La Noria Chica	Acatlán
LNH1	La Noria Hidalgo	Tehuiztingo	DiLNH2‡	La Noria Hidalgo	Tehuiztingo
LP1, LP2	La Providencia	Guadalupe	DiLP‡	La Providencia	Guadalupe
Mix	Mixquitepec	Guadalupe	DiMix‡	Mixquitepec	Guadalupe
PI	Guadalupe Allende	Tehuiztingo	DiNH‡	Nuevos Horizontes	Acatlán
Prog1, Prog2	El Progreso	Piaxtla	DiSB‡	San Bernardo	Acatlán
SB	San Bernardo	Acatlán	DiSIL‡	San Isidro Labrador	S. P. Yeloixtlahuaca
SCT	Santa Cruz Tejalpa	Tehuiztingo	DiSJLG‡	San Juan Llano Grande	S. P. Yeloixtlahuaca
SIL	San Isidro Labrador	S. P. Yeloixtlahuaca	DiSPA‡	San Pablo Anicano	San Pablo Anicano
SJTet	San José Tetla	Piaxtla	DiSPC‡	San Pedro Cuayuca	Cuayuca de Andrade
SPC1, SPC2	San Pedro Cuayuca	Cuayuca de Andrade	DiSRLP‡	San Rafael La Paz	Guadalupe
SRLP1, SRLP2	San Rafael La Paz	Guadalupe	DiSCO‡	Santa Cruz Organal	Cuayuca de Andrade
Tecol1, Tecol2, Tecol3	Tecolutla	Tehuiztingo	DiSCT‡	Santa Cruz Tejalpa	Tehuiztingo
Tep1, Tep2	Tepejillo	Petlalcingo	DiTlac‡	Tlacotepec	Cuayuca de Andrade
Tlach	Tlachinola	Tehuiztingo	DiVH‡	Vista Hermosa	Guadalupe
			DiYet‡	Yetla	Piaxtla

En total se obtuvieron 178 muestras; 27 pertenecientes a tiendas y el resto a productores. Para fines de evaluación en campo, se escogieron 23 muestras provenientes de tiendas Diconsa (todas de grano blanco) y 46 de los agricultores

in a lattice experimental design 8\*9. The experimental unit consisted of two rows of 5 m long by 80 cm wide. The plants were spaced at 50 cm and in each; three seeds were deposited, reducing to two plants at the end.

(Cuadro 1), que representaran la gama de procedencias y colores recolectados. De estas últimas, 34 fueron de grano blanco, seis de grano azul, tres amarillas y tres rojas.

### Evaluación experimental

Para los experimentos en campo, aparte de las 69 muestras anteriormente descritas, se incluyeron tres testigos (Chiautla, CPV-M301, SB-302) los cuales representan variedades mejoradas recomendadas para la región. De esta forma, se tuvo un conjunto de 72 materiales, los cuales se evaluaron en 2 localidades, 2 repeticiones, en un diseño experimental látice 8\*9. La unidad experimental estuvo constituida por dos surcos de 5 m de largo por 80 cm de ancho. Las matas se espaciaron a 50 cm y en cada una se depositaron tres semillas para posteriormente aclarar a dos plantas por mata.

Los sitios de evaluación fueron: La Colina, Municipio de Tehuiztzingo (18° 20' latitud norte, 98° 16' longitud oeste y 1 060 msnm) e Ixcateopan, Municipio de Guadalupe (18° 05' latitud norte, 98° 07' longitud oeste y 1 100 msnm), ambos en el Estado de Puebla (INEGI, 2011). Las fechas de siembra fueron el 18 y 19 de mayo de 2008, respectivamente; los dos experimentos se desarrollaron en condiciones de temporal estricto. Se fertilizó con la fórmula 120-60-00, la cual se aplicó completa en la primera labor. En el experimento de La Colina, por persistencia de síntomas de deficiencia nutricional, fue necesario realizar una aplicación de fertilizante foliar (Nitrofoska®) a 112 días después de la siembra. El control de malezas fue manual.

### Variables registradas

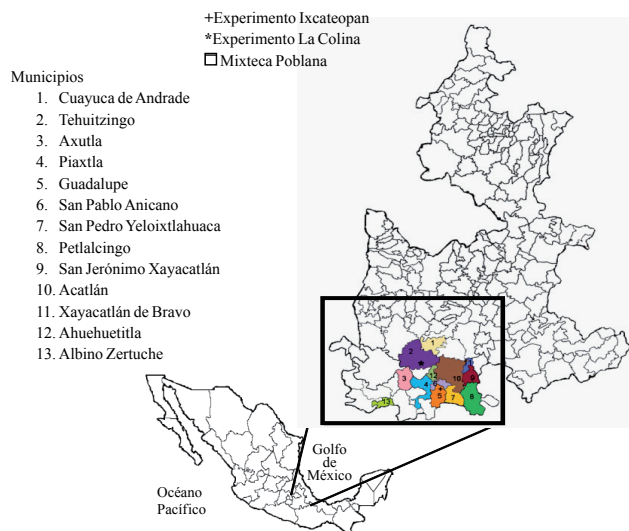
Durante el desarrollo de los experimentos, en plantas de cada unidad experimental se midieron los siguientes conjuntos de variables.

#### Variables agronómicas relacionadas con establecimiento.

Número de matas por parcela, contabilizadas un mes después de la siembra (antes del aclareo); y número de plantas por parcela, cuantificadas a los 80 días después de siembra (DDS) y al momento de la cosecha (187 DDS).

**Variables vegetativas.** Altura de planta (en centímetros, desde el nivel del suelo hasta la base de la espiga), registrada a los 107 y 187 DDS.

**Variables reproductivas.** Días transcurridos al 50% de floración masculina y femenina (contabilizados a partir de la fecha de siembra y hasta que 50% de las plantas estuvieron



**Figura 1. Ubicación de los municipios de colecta y de los experimentos en campo. Mixteca Poblana, 2008.**

**Figure 1. Location of collecting municipalities and field experiments. Mixteca of Puebla, 2008.**

The testing sites were: La Colina, Municipality of Tehuiztzingo (18° 20' north latitude, 98° 16' west longitude and 1 060 masl) and Ixcateopan, Municipality of Guadalupe (18° 05' north latitude, 98° 07' west longitude and 1 100 masl), both in Puebla State (INEGI, 2011). Planting dates were May 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup>, 2008, respectively; the two experiments were conducted under strict rainfed conditions. The plots were fertilized with 120-60-00 formula, which was completely applied in the first labor. In the experiment of La Colina, due of persistent symptoms of nutritional deficiency, it was necessary to apply foliar fertilizer (Nitrofoska®) at 112 days after planting. Weed control was manual.

### Variables recorded

During the experiments course, in plants of each experimental unit, the following sets of variables were measured.

**Agronomic variables related to establishment.** Number of plants per plot, recorded a month after planting (before thinning), and number of plants per plot were quantified at 80 days after planting (DAP) and at harvest (187 DAP).

**Vegetative variables.** Plant height (in centimeters from ground level to the spike base), recorded at 107 and 187 DAP.



en anthesis y con estigmas expuestos, respectivamente); para precisar ambas fechas, se realizaron conteos diarios, cada tercer día a partir de la aparición de las primeras espigas en el experimento. También se calculó la asincronía floral (diferencia entre las fechas de floración media masculina y femenina) y se evaluó la ausencia/presencia de plantas androestériles por parcela (0: ausencia, 1: presencia).

**Variabes agronómicas a la cosecha.** Número de plantas con dos o más mazorcas; número de plantas ‘jorras’; calificación visual de planta, acame y mazorca (todas en una escala de 1 a 5, donde 1 representa mejor aspecto y 5 peor aspecto); número de mazorcas cosechadas y rendimiento de grano (corregido por el factor de desgrane y ajustado a un contenido de humedad de 14%) y ausencia/presencia de plantas con senescencia foliar retardada “staygreen” por parcela (cero: ausencia; uno: presencia).

**Componentes de rendimiento.** En cada una de cinco mazorcas muestreadas por parcela, se midió con un vernier, en centímetros, el diámetro de mazorca y de olote (ambos en la parte media) y la longitud de mazorca (de la base al ápice); también se contabilizaron el número de hileras por mazorca, el número de granos por hilera (en tres hileras representativas) y, en un conjunto de 12 granos de la parte media de la mazorca, se registraron, en milímetros, las dimensiones del grano (largo, ancho y espesor). Adicionalmente, se calcularon diferentes índices: longitud por diámetro de mazorca (IDLYDM), diámetro de mazorca por número de hileras (IDMYNH), longitud por ancho de grano (ILAGr), longitud por grosor de grano (ILEGr), y ancho por grosor de grano (IAEGr).

### Análisis estadístico

Las variables previamente descritas fueron sometidas a un análisis de varianza combinado (Steel y Torrie, 1986); también se incluyó un contraste para comparar el conjunto de poblaciones nativas contra el de las introducidas (muestras obtenidas en las tiendas). Con aquellas variables en las cuales se detectó significancia estadística, se condujo un análisis de correlación simple, para seleccionar una de cada par que resultara alta ( $R^2 > 0.7$ ) y significativamente ( $p > 0.05$ ) correlacionado, a fin de integrar la base de datos a emplear en un posterior análisis multivariado.

El conjunto de variables que constituyó la matriz empleada en los análisis multivariados quedó integrado por: matas por parcela, altura de planta a 187 dds, días al 50% de

**Reproductive variables.** Days to 50% of male and female flowering (counted from the planting date and until 50% of the plants were at anthesis and with stigmas exposed, respectively); in order to specify both dates, daily counts were performed every third days after the onset of the first spike in the experiment. Floral asynchrony was also calculated (difference between average male and female flowering dates) and presence/absence of male-sterile plants per plot was assessed (0: absence, 1: presence).

**Agronomic variables at harvest.** Number of plants with two or more cobs, number of plants with no ears; visual rating of plant, lodging disease and cob (all on a scale of 1 to 5, with 1 being best aspect and 5 worst aspect); number of cobs harvested and grain yield (adjusted by the factor of shelling and adjusted to a moisture content of 14%) and absence/presence of plants with leaf senescence delayed “staygreen” per plot (0: absence, 1: presence).

**Yield components.** In one of five cobs sampled per plot was measured with a vernier caliper in centimeters, the diameter of the cob and corncob (both in the middle) and cob length (from base to apex); there were also counted the number of rows per cob, number of kernels per row (in three representative rows) and in a set of 12 kernels from the middle of the cob, were recorded in millimeters, grain dimensions (length, width and thickness). Additionally, different indices were calculated: length per cob diameter (IDLYDM), cob diameter per number of rows (IDMYNH), length per grain width (ILAGr), length per grain thickness (ILEGr) and width per grain thickness (IAEGr).

### Statistical analysis

The variables previously described were subjected to a combined analysis of variance (Steel and Torrie, 1986); a contrast to compare the set of native populations against the introduced ones (samples obtained in the shops) was also included. With those variables in which statistical significance was detected, a simple correlation analysis was conducted to select one of each pair that was high ( $R^2 > 0.7$ ) and significantly ( $p > 0.05$ ) correlated, in order to integrate the database to be used in a subsequent multivariate analysis.

The set of variables that formed the matrix used in the multivariate analysis was composed of: plants per plot, plant height at 187 dap, days to 50% of female flowering, floral asynchrony, plants with no ears, presence of

floración femenina, asincronía floral, plantas jorras, presencia de androesterilidad, presencia de senescencia retardada, calificación de acame, diámetros de mazorca y olote, granos por hilera, ancho de grano, y los índices longitud por diámetro de mazorca, diámetro de mazorca por número de hileras, longitud por ancho de grano, longitud por grosor de grano, y ancho por grosor de grano. Las técnicas aplicadas a este conjunto de datos fueron el análisis de componentes principales (Pla, 1986) y el de conglomerados (Mohammadi y Prasanna, 2003). En este último, para generar el dendrograma, se empleó el método UPGMA. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS, 2002-2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se concentran los resultados del análisis de varianza combinado, para aquellas variables en las cuales hubo diferencias estadísticamente significativas entre variedades. Se observa que entre localidades hubo significancia estadística en 15 de las 23 variables incluidas, evidenciando con ello que la expresión promedio de tales características de planta a nivel localidad varió de un sitio a otro. No obstante, lo anterior, la interacción 'localidades\*tratamientos' resultó estadísticamente significativa sólo para dos variables (altura de planta a la cosecha y días al 50% de floración masculina), por lo que se infiere que el nivel de expresión de las variedades, en los diferentes atributos medidos, fue constante a través de los ambientes de evaluación.

Del Cuadro 2 los grados de libertad (GL) para localidades, tratamientos, contraste e interacción y error fueron: 1, 71, 1, 71 para todas las variables. Los GL del error para matas por parcela, plantas a 80 dds, altura de planta a 187 dds, asincronía, androesterilidad y senescencia retardada, fueron 142; para plantas y altura de planta a 187 dds, días al 50% floración masculina y plantas jorras, fueron 141; para días al 50% floración femenina y calificación de acame, fueron 140, y para las últimas 11 variables, fueron 139.

Dado que el análisis detectó diferencias estadísticas entre variedades, se procedió a evaluar un contraste que comparara el comportamiento promedio del conjunto de poblaciones nativas contra el de los materiales procedentes de las tiendas Diconsa (contraste 'nativos vs introducidos'); los resultados mostraron que en todos los casos aquél fue estadísticamente significativo.

male-sterility, presence of delayed senescence, lodging qualification, cobs and corncob diameters, kernels per row, grain width and indices of length per cob diameter, cob diameter per number of rows, length per grain width, length per grain thickness and width by grain thickness. The techniques applied to this data set were the principal components of the analysis (Pla, 1986) and conglomerates (Mohammadi and Prasanna, 2003). In the latter, to generate the dendrogram, the UPGMA method was used. For all statistical analysis the Statistical Analysis System was used (SAS, 2002-2003).

## RESULTS AND DISCUSSION

The Table 2 shows the results of analysis of variance combined for those variables with statistically significant differences between varieties. It is observed that, there was a statistical significance between locations in 15 out of the 23 variables included, thus, showing that the average expression of these characteristics at the local level varied from place to place. However, the interaction 'locations\*treatments' was statistically significant only for two variables (plant height at harvest and days to 50% of male flowering), so it is inferred that the expression level of varieties in different measured attributes was consistent across the evaluation environments.

From Table 2, the degrees of freedom (DF) for locations, treatments, contrast and interaction and error were: 1, 71, 1, 71 for all variables. The DF error for plants per plot, plants at 80 dap, plant height to 187 dap, asynchrony, male-sterility and delayed senescence were 142; for plants and plant height to 187 dap, days to 50% male flowering and plants with no ears were 141; for days to 50% of female flowering and lodging score, were 140, and for the last 11 variables, were 139.

Since the analysis found statistical differences between varieties, a contrast that compares the average behavior of the whole native population against the materials from Diconsa's stores was evaluated (contrast 'natives vs introduced'); the results showed that in all cases it was statistically significant.

In the review of plants counts (Table 3), it was noted that, the introduced materials (IM) had no good establishment, since at 80 dap barely reached 53% of the number of individuals

**Cuadro 2. Análisis de varianza combinado para las variables medidas en los experimentos establecidos en la Mixteca Poblana, 2008.**

**Table 2. Combined analysis of variance for variables measured in established experiments in the Mixteca of Puebla, 2008.**

Variable	Cuadrados Medios					
	Localidad	Tratamiento	Contraste 'nativos vs introducidos'	Interacción Loc*Trat	Error	CV
Matas por parcela	47.53 ns	41.91**	1959.42**	8.47 ns	7.53	14.7
Plantas a 80 DDS	5.01 ns	579.2**	30915.14**	69.9 ns	70.27	20.5
Plantas a 187 DDS	1475.62**	405.81**	21356.75**	95.53 ns	66.85	25.3
Alt. planta a 107 DDS		1356.03**	72518.27**	540.76**	271.59	17.2
Alt. planta a 187 DDS	710.28 ns	4164.7*	236812.47**	398.06 ns	391.06	11.1
Floración masculina	1281.32**	41.85*	1274.15**	12.24	6.8	3.9
Floración femenina	972.9**	39.96*	407.32**	8.93 ns	9.59	4.5
Asincronía floral	0 ns	9.64**	102.61**	0.03 ns	1.97	51.4
Plantas jorras	2973.45**	54.05*	1637.05**	31.66 ns	23.63	58.9
Androesterilidad	0 ns	0.26**	11.3**	0.007 ns	0.1	203.4
Senescencia retardada	0 ns	0.44**	1.32*	0.01 ns	0.14	145.7
Calificación de acame	96.29**	0.69**	27.52**	0.31 ns	0.23	19.9
Diámetro de mazorca	549.55**	28.85**	547.65**	12.93 ns	11.54	8.2
Diámetro de olote	42.43*	29.41**	125.93*	4.22 ns	3.56	8.2
Hileras por mazorca	54.71**	11.48**	442.61**	1.16 ns	0.91	8.2
Granos por hilera	730.72**	26.97*	165.66**	17.64 ns	14.18	13.6
Ancho de grano	14.26**	3.32**	106.3**	0.51 ns	0.48	7.7
Longitud de grano	274.45**	10.47**	370.75**	1.98 ns	1.87	11.7
IDLYDM	3.92**	0.30*	2.98**	0.15 ns	0.11	11.2
IDMYNH	0 ns	0.00**	0.47**	0.0007 ns	0.0007	9.6
ILAGr	1.68**	0.14**	0.62**	0.02 ns	0.022	11.5
ILEGr	14.93**	1.38**	44.59**	0.35 ns	0.27	16.9
IAEGr	0.39 ns	0.4**	15.55**	0.12 ns	0.1	13.9

CV= coeficiente de variación.

Al revisar los conteos de plantas (Cuadro 3), se notó que los materiales introducidos (MI) no tuvieron buen establecimiento, pues a los 80 dds apenas alcanzaron 53% del número de individuos en las poblaciones nativas (PN), valor que prácticamente se mantuvo hasta la cosecha (51%). En cuanto a los atributos de planta, los MI resultaron ser de menor porte, ligeramente más tardíos pero con menor asincronía floral y menos susceptibles al acame que las PN. Esta última característica pudiera ser atractiva para los agricultores, pues se ha reportado como uno de los atributos que les gustaría mejorar (Bellon, 2002). La proporción de plantas jorras se mantuvo similar entre PN y MI (24-25%). La mazorca de los MI fue más angosta que las PN y con olote más grueso, lo que ocasionó que el grano de las primeras fuera más corto.

in native populations (NP), this value almost continued until harvest (51%). As for the plant's attributes, IM proved to be smaller, slightly late but with less floral asynchrony and less susceptible to lodging than NP. This last feature could be attractive to farmers because it has been reported as one of the attributes they would like to improve (Bellon, 2002). The proportion of plants with no ears was similar between NP and IM (24-25%). The MI cobs were narrower than the PN and had thicker corncob, causing the grain of the first to be shorter.

However, the MI cobs had a greater number of rows and grains per row, but these were narrower (Table 3). The highest levels of expression of native maize compared to the introduced maize, is an aspect that has been recorded



**Cuadro 3. Valores promedio de diferentes variables medidas en el conjunto de poblaciones nativas (PN) de maíz y en el de materiales obtenidos en tiendas Diconsa (MI). Mixteca Poblana, 2008.**

**Table 3. Mean values of different variables measured in the whole native populations (NP) of maize and the materials obtained in Diconsa's stores (IM). Mixteca of Puebla, 2008.**

Variable	PN	MI	Variable	PN	MI
Matas por parcela	20.51	14.89	Diámetro de mazorca	42.41	39.42
Plantas a 80 DDS	48.17	25.72	Diámetro de olote	22.34	23.81
Plantas a 187 DDS	38.35	19.65	Hileras por mazorca	10.72	13.44
Altura planta a 107 DDS	107.31	72.93	Granos por hilera	28.1	26.61
Altura planta a 187 DDS	198	135.69	Ancho de grano	9.46	8.14
Floración masculina	65.07	69.7	Longitud de grano	12.57	10.13
Floración femenina	68.71	70.87	IDLYDM	2.95	3.19
Asincronía floral (días)	3.12	1.83	IDMYNH	0.25	0.34
Plantas jorras	9.87	4.68	ILAGr	1.34	1.25
Androesterilidad	0.02	0.45	ILEGr	3.38	2.54
Senescencia foliar retardada	0.21	0.36	IAEGr	2.54	2.03
Calificación de acame	2.65	1.99			

No obstante lo anterior, las mazorcas de los MI presentaron un mayor número de hileras y de granos por hilera, aunque estos fueron más angostos (Cuadro 3). Los mejores niveles de expresión de los maíces nativos respecto a los introducidos, es un aspecto que ya ha sido consignado en trabajos como el de Gil *et al.* (2004) y el de Ángeles-Gaspar *et al.* (2010), quienes concluyen que al ser evaluados conjuntamente y bajo condiciones de temporal, las poblaciones nativas comúnmente sobrepasan los niveles de expresión de los materiales testigo (mejorados o introducidos).

El análisis de componentes principales mostró que con los tres primeros se explicó 65% de la variabilidad total. Dado que los dos primeros (MZ1 y MZ2) concentraron una mayor capacidad de explicación (41 y 13%, respectivamente), se procedió a identificar las variables originales más importantes para ellos y a graficar la distribución de los materiales bajo estudio con base en tales componentes, generándose así la Figura 2. Las variables que contribuyeron al componente MZ1, fueron matas por parcela, altura de planta a la cosecha, calificación de acame, el índice ancho/espesor de grano (todos correlacionados positivamente con MZ1), y el índice diámetro de mazorca/número de hileras (relacionado negativamente); para el componente MZ2, las variables relevantes fueron: diámetro de olote, ancho de grano (relación positiva) y los índices longitud/ancho de grano y longitud/espesor de grano (relación negativa).

in papers, such as the one of Gil *et al.* (2004) and Ángeles-Gaspar *et al.* (2010), who conclude that when they are evaluated together and under rainfed conditions, the native populations often exceed the expression levels of the control's (improved or introduced).

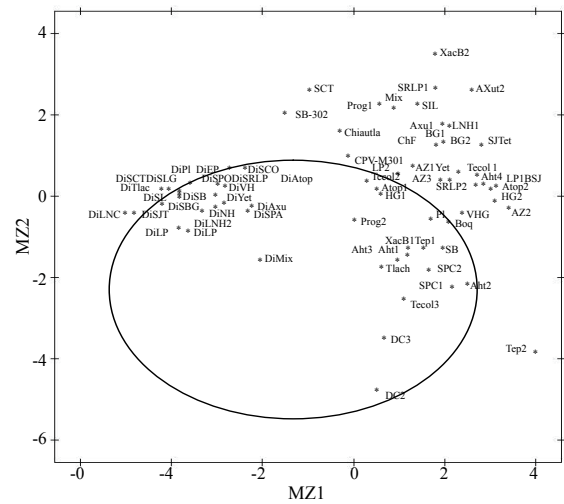
The main component analysis showed that, the first three explained 65% of the total variability. Since the first two (MZ1 and MZ2) accounted for greater explanatory power (41 and 13% respectively), then the original variables most important to them were identified and the distribution of the materials under study based on these components were plotted, thus generating Figure 2. The variables that contributed to the MZ1 component were plants per plot, plant height at harvest, lodging score, the width/grain thickness index (all positively correlated with MZ1), and the cob diameter/rows number index (negatively correlated); for the MZ2 component, the variables were: corncob diameter, grain width (positive relationship) and length/grain width index and length/grain thickness (negative relationship).

By plotting, all the materials introduced were encompassed in a well-defined group (ellipse in Figure 2), which is not related to the native maize populations from the Mixteca of Puebla. The differentiation of this group was the MZ1 component, because it tended to present a few plants per plot, small plants with greater resistance to lodging and cobs with wider grains than thicker and with largest number of rows for the same cob diameter.

Al graficar, todos los materiales introducidos quedaron englobados en un grupo muy bien definido (elipse en la Figura 2), el cual no guardó relación alguna con las poblaciones nativas de maíz de la Mixteca Poblana. La mayor diferenciación de este grupo la dio el componente MZ1, de donde se deduce que tendió a presentar pocas matas por parcela, plantas de porte bajo, con mayor resistencia al acame y mazorcas con granos más gruesos que anchos y con mayor número de hileras para un mismo diámetro de mazorca.

Los elementos anteriores refuerzan la separación encontrada por medio de los contrastes en términos de características morfológicas y agronómicas, y demuestra que las variedades provenientes de las tiendas Diconsa son materiales totalmente externos a la región Mixteca. Las poblaciones testigo ‘Chiautla’ y ‘CPVM-301’ quedaron incluidas dentro del conjunto de poblaciones nativas; el híbrido SB-302, al ser un material introducido, mostró poca cercanía con los materiales locales.

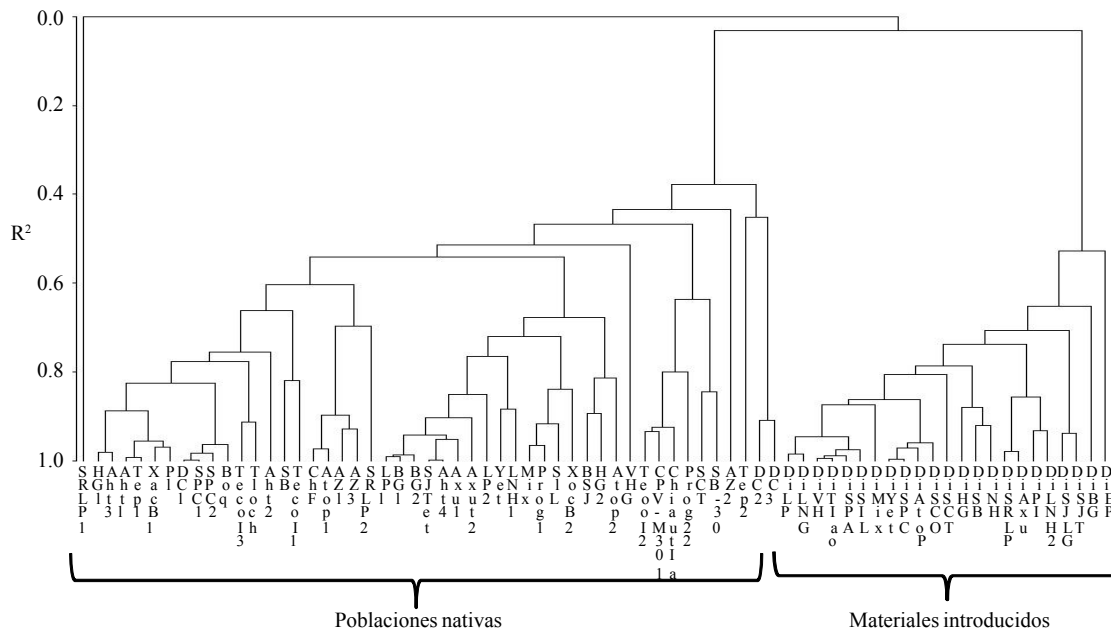
En la Figura 3 se presenta el dendrograma resultado del análisis de conglomerados. En él se observa la presencia de dos grupos claramente definidos, el primero y más numeroso, que incluye a todas las poblaciones nativas (y a los materiales testigo), y el segundo, formado exclusivamente por los materiales provenientes de las tiendas Diconsa, situación que pone de manifiesto el hecho que las plantas provenientes del grano de maíces introducidos, constituyen un conjunto que morfológica y agronómicamente, está escasamente relacionado con las poblaciones nativas.



**Figura 2. Distribución de los 72 materiales de maíz en estudio, de acuerdo con los valores propios del primer y segundo componente principal. Mixteca Poblana, 2008.**

**Figure 2. Distribution of the 72 maize cultivars under study, according to the values of the first and second main components. Mixteca of Puebla, 2008.**

These elements reinforce the separation found by the contrasts in terms of morphological and agronomic characteristics and show that, the varieties from the Diconsa’s stores are totally external to the Mixteca region. The control populations ‘Chiautla’ and ‘CPVM-301’ were included in the set of native populations; the SB-302 hybrid is an introduced material that showed little closeness with the local materials.



**Figura 3. Dendrograma de los 72 materiales de maíz estudiados en la Mixteca Poblana, 2008.**

**Figure 3. Dendrogram of 72 maize materials studied in the Mixteca of Puebla, 2008.**

Aun cuando los análisis de varianza y multivariados evidenciaron que, tanto a nivel de grupo como de poblaciones individuales, los materiales introducidos (obtenidos de las tiendas Diconsa) y las poblaciones nativas resultaron ser conjuntos bastante distintos entre sí, quedaba por responder la pregunta de si, a pesar de tales diferencias, existía la posibilidad de que hubiera traslape de floraciones entre ambos conjuntos de materiales, dado que las plantas de ambos grupos llegaron a producir polen (anthesis). Tal pregunta es relevante dado que se ha señalado que el grano expendido por las tiendas Diconsa, pudo haber sido una fuente de transgenes vía la dispersión de polen procedente de plantas desarrolladas, a partir de dicho grano (Dyer *et al.*, 2009). Para responder a tal interrogante, se procedió a graficar la dinámica de floración de materiales introducidos y de poblaciones nativas representativas de los diferentes estratos de precocidad detectados (Figura 4).

La Figura 4A poblaciones nativas: precoz (Aht1), intermedia (AZ2) y tardía (LNH1); 4B materiales introducidos: precoz (DiEPF, intermedia (DiSCO) y tardía (DiPI); 4C floración femenina de poblaciones nativas y masculina de materiales introducidos; 4D floración masculina de poblaciones nativas y floración femenina de materiales introducidos.

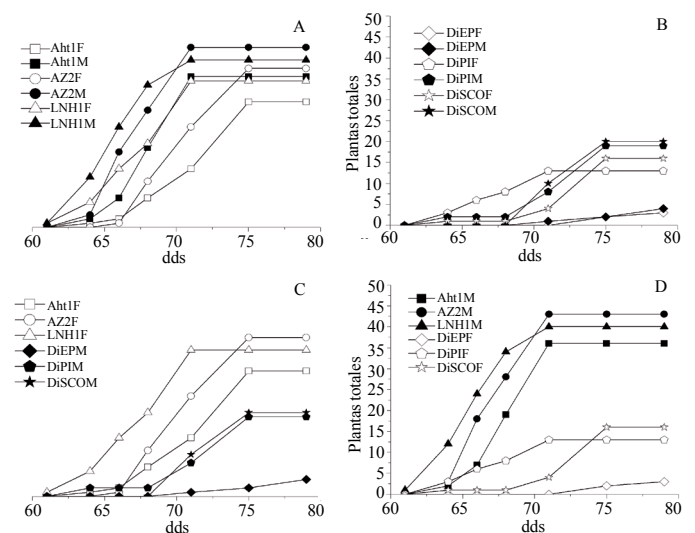
En la Figura 4A se observan las dinámicas de floración de tres poblaciones nativas (PN), que representan a materiales precoces, intermedios y tardíos, respectivamente. Se nota que aun cuando se presentó cierto desfase entre las floraciones masculina y femenina, en los tres casos hubo polen disponible para polinizar los jilotes que tenían estigmas expuestos. En los materiales introducidos (MI) también se identificaron poblaciones para cada nivel de precocidad (Figura 4B), y aun cuando también se presentó asincronía floral, esta fue menor que en el caso de las PN; de hecho, en un MN (DiPI), se observó protoginia durante las primeras lecturas.

Al realizar la comparación entre las dinámicas de floración femenina de las PN y de floración masculina de los MI (Figura 4C), se observa que estos últimos tuvieron plantas en anthesis durante prácticamente todo el periodo en el cual hubo exposición de estigmas en las PN, excepto en el inicio de floración de las poblaciones nativas más precoces (aunque sí en la parte media y final de la floración femenina de este grupo).

Della *et al.* (2008) condujeron una serie de estudios para determinar, entre otros factores, el efecto de la fecha de floración en el flujo génico en maíz. Concluyeron que si la

The Figure 3 shows the dendrogram resulting from cluster analysis. The presence of two clearly defined groups is shown, the first and largest, includes all native populations (and control materials); and the second one, is made up exclusively of materials from Diconsa's stores, a situation that shows the fact that plants from introduced maize grains, constitute a set that morphologically and agronomically is poorly related to the native populations.

Even though, the variance and multivariate analysis showed that at group level and individual populations, incoming materials (obtained from Diconsa's stores) and native populations were found to be quite different from each other, there was still the question of whether despite such differences, there was a possibility that the flowering overlapping existed between the two sets of materials, since the plants of both groups produced pollen (anthesis). This question is relevant since it has been noted that, the grain sell in the Diconsa's stores, may have been a source of transgene via pollen, dispersed from plants grown from the grain (Dyer *et al.*, 2009). In order to answer such a question, flowering dynamics of introduced materials and native populations representing different strata of prematurity detected, was plotted (Figure 4).



**Figura 4. Dinámica de floración masculina (M) y femenina (F) en días después de la siembra (DDS), para poblaciones nativas y materiales introducidos de maíz. Mixteca Poblana, 2008.**

**Figure 4. Dynamics of male flowering (M) and female (F) in days after planting (DAP) for native populations and introduced materials of maize. Mixteca of Puebla, 2008.**

diferencia en floración entre la fuente de polen y los estigmas de la población receptora era de hasta 3 días, la reducción en el flujo de polen era poca o nula; que cuando el intervalo de tiempo era de 4 a 5 días, el flujo de polen se reducía en 25%; que cuando el intervalo fue de 6 días, la reducción llegaba al 50%, alcanzando niveles cercanos a cero cuando la diferencia fue mayor de 7 días. Aun cuando los autores no lo mencionan, se asume que hacen referencia a los días al 50% de floración.

En el presente trabajo, las diferencias en floración media entre poblaciones nativas (PN) y materiales introducidos (MI), abarcaron todo el espectro mencionado por Della *et al.* (2008); hubo casos en los que las diferencias entre floraciones masculina de los MI y femenina de las PN, fueron mayores a siete días, hasta aquellos en que la diferencia fue nula; por lo que considerando solamente floración media, se ratifica la posibilidad de flujo génico. Tal posibilidad se incrementa al considerar todo el período de floración. Un aspecto que conviene resaltar es que el traslape fue mínimo en el caso de las PN precoces; al respecto, Della *et al.* (2008) comentan que este tipo de materiales (precoces) son más eficientes en términos de contención del flujo génico, debido que probablemente pueden saturar los estigmas receptivos con su mismo polen, antes de que floree la población fuente.

De acuerdo con Bellon y Berthaud (2006), los agricultores mexicanos comúnmente adquieren semillas de otros agricultores o fuentes dentro o fuera de la comunidad: apuntan que hay varias razones para el flujo de semilla: a) la pérdida de semilla por plagas, enfermedades, sequías, heladas y otros problemas, situación que se torna más crítica a medida que disminuye la superficie cultivable de la que disponen; b) el gusto por experimentar, que lleva a plantar pequeñas cantidades de semilla foránea, para valorar su desempeño bajo diversas condiciones y manejo; y c) la creencia de que la semilla debe cambiarse con regularidad para que mantenga su productividad.

De estos tres factores, los dos primeros son aplicables al caso de los agricultores de la Mixteca Poblana, pues debido a las restricciones ambientales (sequías), la pérdida total de la cosecha de maíz suele presentarse, lo que conlleva a la necesidad de conseguir semilla localmente y, en casos extremos, a plantar la que se pueda obtener, conjugando en ello el interés por valorar si la semilla en cuestión puede adaptarse en sus terrenos.

The Figure 4A, native populations: early (Aht1), intermediate (AZ2) and late (LNH1); 4B introduced materials: early (DiEPF, intermediate (DiSCO) and late (DiPI)); 4C female flowering of native populations and male of introduced materials; 4D male flowering of native populations and female flowering of introduced materials.

The Figure 4A shows the flowering dynamics of three native populations (NP), representing early materials, intermediate and late, respectively. It is noted that, even when there was certain a gap between male's and female's flowering, in all three cases there was pollen available to pollinate the exposed stigmas. For the introduced materials (IM), populations were also identified for each precocity level (Figure 4B), and even when the floral asynchrony was also presented, this was lower than in the case of PN; in fact, in a MN (DiPI), the protogyny during the first reading was observed.

When comparing the female's flowering dynamics of NP and male's flowering of IM (Figure 4C), it's observed that, the latter had plants in anthesis during most of the period in which there was stigmas exposed in NP, except at the beginning of the flowering of the earliest native populations (although it existed in the middle and at the end of the female's flowering in this group).

Della *et al.* (2008) conducted a series of studies to determine, among other factors, the effect of flowering date in maize gene flow. They concluded that, if the flowering difference between the pollen source and stigmas of the recipient population was up to 3 days, the reduction in pollen flow was little or null; when the time interval was from 4 to 5 days, the pollen flow was reduced by 25%; when the interval was 6 days, the reduction was 50%, reaching levels close to zero when the difference was greater than 7 days. Even though, the authors do not mention it, it's assumed that they refer to the days of 50% of flowering.

In this study, differences in average flowering between native populations (NP) and introduced materials (IM), covered the entire spectrum mentioned by Della *et al.* (2008); there were cases in which the differences between IM male's flowering and female's PN were greater than seven days, even those in which the difference was zero; so considering only average flowering, the possibility of gene flow is confirmed. This possibility is increased when considering the entire flowering period. One aspect that should be emphasized is that the overlap was minimal in the case of early NP; in this regard, Della *et al.* (2008), comment

Los resultados aquí expuestos muestran que, en el caso de la Mixteca Poblana, el grano de maíz obtenido en las tiendas rurales de la región da origen a plantas viables, que aun cuando tienen problemas de establecimiento, son capaces de llegar a la etapa reproductiva, y de desarrollar espigas dehiscentes y jilotes receptivos. Adicionalmente, tales materiales también exhiben variación en sus ciclos vitales, que permite que las posibilidades de traslape con los períodos de floración de las poblaciones nativas, se incrementen notablemente. En este sentido, es conveniente resaltar el hecho de que el flujo de genes puede darse de manera bidireccional: de espigas de materiales introducidos (MI) a jilotes de poblaciones nativas (PN) y viceversa, que da como resultado la existencia de dos tipos de mazorcas, aquellas de PN con información genética de MI y otras de MI con genes de PN.

Normalmente, cuando se refiere a flujo génico en el caso de maíz (referido a los transgénicos), se ha dado mayor atención al flujo de polen que resulta en el primer tipo de mazorcas, pero no al segundo, el cual también es importante, pues está demostrado que si el agricultor, al utilizar materiales introducidos, encuentra alguno que genere mazorcas con un fenotipo que él considere apto, las seleccionará y las comenzará a “acriollar”. Al respecto, Bellon y Berthaud (2006) han escrito que el proceso de ‘acriollamiento’ no se restringe a las variedades mejoradas, sino que también se aplica a poblaciones de maíz ‘introducidas’ que son de interés para el agricultor. Los datos del presente trabajo permiten inferir que existieron plantas y mazorcas que fenotípicamente pueden ser susceptibles de selección por los agricultores.

## CONCLUSIONES

Los granos de maíz obtenidos de las tiendas Diconsa de La Mixteca Poblana, fueron capaces de originar plantas viables y de alcanzar las etapas de floración y madurez de cosecha, bajo las condiciones ambientales de la región mencionada.

Las poblaciones de plantas derivadas del grano de maíz obtenido en las tiendas Diconsa, constituyeron un conjunto diferenciable morfológica y agrónomicamente de las poblaciones nativas cultivadas en la mixteca poblana; no obstante, las primeras llegaron a la producción de polen.

that this type of material (early) are more efficient in terms of gene flow containment because they probably saturate the receptive stigmas with their own pollen, before the source population flourish.

According to Bellon and Berthaud (2006), Mexican farmers commonly acquire seeds from other farmers or sources within or outside the community suggest that there are several reasons for the flow of seed: a) the loss of seeds by pests, diseases, droughts, freezes and other problems, a situation that becomes more critical as the arable-land decreases over the years; b) willingness to experiment, leading to planting small amounts of foreign seeds to assess its yield under various conditions and management; and c) the belief that the seeds should be changed regularly in order to maintain its productivity.

Out of these three factors, the first two are applicable to the case of farmers in the Mixteca of Puebla, due to environmental constraints (drought), the total loss of the maize harvest usually occurs, which leads to the need to obtaining seeds locally and in extreme cases, planting the obtained seeds combining the interest to know whether the seed in question can be adapted or not to their land.

The results presented here show that, in the case of the Mixteca Puebla, maize grain obtained in the rural stores of the region gives viable plants that even when they have establishment problems, they are able to reach the reproductive stage and to develop dehiscent spikes and the receptive silks. In addition, such materials also exhibit a variation in their life cycles, which allows the significantly increase of overlapping possibility with the flowering periods of native populations. In this regard, it is noteworthy the fact that, the gene flow can occur in a bidirectional way: from spikes of introduced material (IM) to native populations’ silks (NP) and vice versa, resulting in the existence of two types of cobs, those of NP with genetic information of IM and IM with genes of NP.

Usually, when it comes to gene flow in the case of maize (referred to transgenic), a greater attention has been given to the pollen’s flow resulting of the first cob type, but not to the second one; which is also important because is shown that when the farmer use introduced materials and found one that produced cobs with a phenotype that they deem fit, they will select it and begin to “creolized” it. In this regard, Bellon and Berthaud (2006) have written that the process of ‘creolization’ is not restricted to improved varieties, but



Hubo traslape entre los periodos de floración de los materiales introducidos y las poblaciones nativas de maíz, por lo que la posibilidad de flujo génico entre ambos conjuntos de poblaciones existe.

El flujo génico entre materiales introducidos y poblaciones nativas puede ocurrir de dos formas: vía inflorescencias femeninas de poblaciones nativas fecundadas por polen de materiales introducidos, o vía flores femeninas de materiales introducidos polinizados por polen de poblaciones nativas. En ambos casos se tendrán mazorcas con presencia de genes foráneos.

## AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, por el apoyo económico brindado para la conducción de este proyecto, a través de la Línea Prioritaria de Investigación 6: Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos. A los señores Benigno Cardoso Martínez y Jesús Flores y al M. C. Alejandro Martínez, encargado del Trapiche Nuevo Ixcateopan, por facilitar los terrenos donde se establecieron los experimentos. Al Dr. Oswaldo R. Taboada G. y al Maestro en Ciencias Ernesto Aceves R., así como a los compañeros voluntarios del Colegio de Postgraduados, amigos cercanos y familiares por su participación en la colecta de semillas, siembra, toma de datos y cosecha.

## LITERATURA CITADA

- Ángeles-Gaspar, E.; Ortiz-Torres, E.; López, P. A. y López-Romero, G. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *RFM*. 33(4):287-296.
- Bellon, M. 2002. Analysis of the demand for crop characteristics by wealth and gender: a case study from Oaxaca, Mexico. *In*: Bellon, M. and Reeves, J. (eds.). Quantitative analysis of data from participatory methods in plant breeding. CIMMYT. D. F., Mexico. 66-81 pp.
- Bellon, M. and Berthaud, J. 2006. Traditional Mexican agricultural systems and the potential impacts of transgenic varieties on maize diversity. *Agriculture and Human Values*. 23:3-14.

it also applies to 'introduce' maize populations that are interesting for the farmer. The data of this paper allow to inferring that there were plants and cobs that phenotypically may be susceptible of selection by the farmers themselves.

## CONCLUSIONS

The maize's kernels obtained from the Diconsa's stores of the Mixteca of Puebla were able to originate viable plants and reaching the flowering and crop maturity stages, under the environmental conditions of the mentioned region.

The populations of plants derived from maize grains obtained in Diconsa's stores, constitute a morphological and agronomic distinctive set of native populations grown in the Mixteca of Puebla; however, the first one came to production of pollen.

There was an overlap between the flowering periods of the introduced materials and native populations of maize, so the possibilities of gene flow between both sets of populations do exist.

The gene flow between introduced materials and native populations may occur in two ways: via female's inflorescences of native populations fertilized by pollen from the introduced materials, or via female's flowers of introduced materials pollinated by pollen from the native populations. In both cases, there will be corncoobs with foreign genes.

*End of the English version*



- De la Rosa, P. P.; Jiménez, S. L.; Ramírez, V. B.; Ramírez, J. J. y Escalante, R. E. R. 2006. Evaluación del programa de transferencia de tecnología hidropónica en unidades campesinas de la Mixteca Poblana. *In*: Ocampo, F. I.; Escobedo, C. J. F. y Ramírez, V. B. (Coords.). El agua: recurso en crisis. *Campus* Puebla. Colegio de Postgraduados. 175-208 pp.
- Della, P. G.; Ederle, D.; Bucchini, L.; Prandi, M.; Verderio, A. y Pozzi, C. 2008. Maize pollen mediated gene flow in the Po valley (Italy): source-recipient distance and effect of flowering time. *European J. Agron.* 28:255-265.
- Distribuidora Conasupo S.A. (DICONSA). 2011. Directorio de tiendas. <http://www.diconsa.gob.mx/images/swfs/paayar/mpal/directorio-tiendas.htm>.

- Dyer, G. A.; Serratos-Hernández, J. A.; Perales, H. R.; Gepts, P.; Piñeyro-Nelson, A.; Chávez, A.; Salinas-Arreortua, N.; Yúnez-Naude, A.; Taylor, J. E. y Álvarez-Buylla, E. R. 2009. Dispersal of transgenes through maize seed systems in Mexico. *PloS ONE*. 4(5):57-64.
- Gil, M. A.; López, P. A.; Muñoz, O. A. y López, S. H. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *In: Chávez-Servia, J. L.; Tuxill, J. y Jarvis, D. I.* (eds.). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. 18-25 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2011. México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. URL: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=2>.
- Kato, Y. T. A.; Mapes, S. C.; Mera, O. L. M.; Serratos, H. J. A. y Bye, B. R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. D. F., México. 116 p.
- Mercer, K. L. y Wainwright, J. D. 2008. Gene flow from transgenic maize to landraces in Mexico: an analysis. *Agric. Ecosystems Environ.* 123:109-115.
- Mohammadi, S. A. y Prasanna, B. M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Sci.* 43:1235-1248.
- Muñoz, O. A. 2005. Centli-maíz. Prehistoria e historia, diversidad, potencial, origen genético y geográfico, glosario centli-maíz. Segunda edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 210 p.
- Pla, L. E. 1986. Análisis multivariado. Método de componentes principales. Departamento de Producción Vegetal. Área de Ciencias del Agro y Mar. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro. Falcón. Venezuela. 79 p.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002-2003. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Serratos, H. J. A. 2009. Bioseguridad y dispersión del maíz transgénico en México. *Ciencias.* 92-93:130-141.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Cierre de la producción agrícola por estado. URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com-wrapper&view=wrapper&Itemid=351>.
- Smith, B. D. 2001. Documenting plant domestication: the consilience of biological and archaeological approaches. *PNAS.* 98(4):1324-1326.
- Soleri, D.; Cleveland, D. A. y Aragón, C. F. 2006. Transgenic crops and crop varietal diversity: The case of maize in Mexico. *BioScience.* 56(6):503-513.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos. Segunda edición. McGraw-Hill. México. 622 p.
- Vavilov, N. I. 1930. México y Centroamérica como centro básico de origen de las plantas cultivadas del nuevo mundo (Trad. Gribovskaia, E. y Ortega, P. R.). *Revista de Geografía Agrícola.* 20:15-34.