

# DE LAS VARIEDADES CRIOLLAS DE MAÍZ A LOS HÍBRIDOS TRANSGÉNICOS. II: LA HIBRIDACIÓN

## FROM MAIZE NATIVE VARIETIES TO TRANSGENIC HYBRIDS: II. HYBRIDIZATION

Fidel Márquez-Sánchez

Centro Regional Universitario de Occidente, Dirección de Centros Regionales Universitarios, Universidad Autónoma Chapinngo. Rosario Castellanos 2332, Col. Residencial La Cruz, Guadalajara, Jalisco. Tel. (33) 36467794. (fidelmqz@hotmail.com)

### RESUMEN

Este artículo, continuación de uno en el cual se muestran los trabajos de recolección de germoplasma de maíz y de la obtención de variedades criollas mejoradas, se hace con el objetivo, un tanto histórico, de mostrar que en nuestro país el gremio de mejoradores de esta planta ha continuado trabajando en la formación de híbridos de maíz de diferentes tipos: desde las cruza dobles hasta las cruza simples pasando por los híbridos trilineales y las variedades sintéticas. El repaso que se hace de los híbridos recientes muestra que no se han dejado de atender las regiones maiceras de México: desde las importantes áreas de riego en el centro, noroeste y noreste, hasta las regiones del sur y sureste en donde priva la agricultura campesina, no menos importante que la anterior. Se insiste en que con la producción de los nuevos híbridos el precio de la semilla en general tenderá a equilibrarse en relación con el de las compañías comerciales, y se destacan dos problemas importantes con el advenimiento de los híbridos transgénicos: la contaminación de las variedades criollas y la salud de los consumidores.

**Palabras clave:** Híbridos, híbridos transgénicos, maíz, *Zea mays* L.

### INTRODUCCIÓN

Tanto en el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), la Oficina de Estudios Especiales (OEE), el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), como en las universidades agrícolas públicas, no se ha dejado de trabajar y de liberar híbridos de maíz que en muchos casos son iguales o superiores a los de las compañías semilleras privadas. De manera que ante la inminente entrada de los híbridos transgénicos a México, es conveniente que los agricultores sepan que la semilla mejorada así producida tiene contrapartes equivalentes, y aun superiores, como lo hemos dicho, a un precio menor que la mitad del de los híbridos transgénicos. No es el propósito de este artículo proclamar las bondades de éstas, de lo cual se han encargado con bastante eficacia sus corifeos (que hasta lograron convencer a las

### ABSTRACT

This article, which is a follow-up to one where maize germplasm collection and obtention of improved Creole varieties were shown, is presented with the somewhat historic objective of showing that the professional improvers of this plant in our country have continued to work in the development of corn hybrids of different types: from double to simple crosses, including trilinear hybrids and synthetic varieties. This review about recent hybrids shows that maize regions in México have not been left unattended, from the important irrigation areas in the center, northwest and northeast, to the south and southeastern regions where rainfed agriculture prevails, not less important than the former. We insist in the fact that with the production of new hybrids, the general seed price will tend to be balanced in relation to those of commercial companies, and we highlight two relevant problems with the development of transgenic hybrids: contamination of Creole varieties and the health of consumers.

**Key words:** Hybrids, transgenic hybrids, corn, *Zea mays* L.

### INTRODUCTION

Both at the Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), the Oficina de Estudios Especiales (OEE), the Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas and the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), and at public agricultural universities, work has not ceased to be done and maize hybrids have been released, which in many cases are equal or superior to those developed by private seed companies. Therefore, in face of the imminent entry of transgenic hybrids into México, it is convenient for farmers to know that the seed improved this way has equivalent counterparts, and even superior, as we have said, at a price lower than half that of transgenic hybrids. It is not the purpose of this article to proclaim their advantages, since their supporters have done so very efficiently (so much so that they managed to convince the two Congress chambers), but rather, to point out some problems that they can cause in Creole maize varieties and humans.

cámaras de diputados y senadores), sino además, hacer ver algunos problemas que pueden acarrear a las variedades criollas de maíz y al hombre.

### LA HIBRIDACIÓN

La obtención de híbridos de maíz en la forma clásica: obtención de líneas de primera autofecundación ( $S_1$ ), prueba temprana de las líneas  $S_1$  (no siempre llevada a cabo), avance en las líneas autofecundadas, prueba de aptitud combinatoria específica (híbridos simples) y obtención de híbridos dobles o trilineales, se inició desde el principio del funcionamiento de la OEE y del IIA en los años cincuenta del siglo XX. Así, sabemos que en el ejido Netzahualcóyotl, vecino de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), a principios de la década de los cincuenta, el Sr. Arturo Vázquez llegó a producir, con el híbrido H-1, diez toneladas por hectárea en una parcela que, aunque pequeña, era excepcional, principalmente por haber estado fertilizada con fuertes cantidades de estiércol (Barrera, 2008)<sup>1</sup>. Fue en estas condiciones que en los centros regionales del INIFAP se llevó a cabo una intensa actividad en la hibridación en maíz, destacando principalmente el del Valle de México, el de La Piedad y Roque, Guanajuato, y el del Campo Cotaxtla, Veracruz. En la actualidad prácticamente todos los centros de investigación regionales del INIFAP continúan obteniendo híbridos, no obstante la desaparición de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) cuyo papel regulador de los precios de la semilla de maíces híbridos ya no existe, cuestión que analizaremos adelante.

#### Híbridos de instituciones públicas

En la obtención de maíces híbridos de la OEE, el INIA y el INIFAP podemos hacer el siguiente listado, en cuanto a los sobresalientes, principalmente en varios centros regionales (CIR) y campos experimentales (CE). Las características y cualidades generales de los híbridos que se presentan se basan en los folletos que se han publicado, en comunicaciones personales de los obtentores y, en donde no ha habido respuesta alguna a nuestra petición, en el "Listado de variedades liberadas por el INIFAP de 1980 a 2002" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, sin ninguna información adicional.

**CIR Centro, CE Valle de México:** H-1 (el de las 10 toneladas); H-125, H-127, primer híbrido forrajero; H-129, híbrido sobresaliente. Según el Dr. Hermilo Ángeles A. (Ángeles, 1968), los híbridos H-1 y H-125 fueron sometidos a mejoramiento por selección recurrente y

### HYBRIDIZATION

Developing maize hybrids in the classical way, by obtaining lines for first self-fertilizing ( $S_1$ ), early testing of  $S_1$  lines (which is not always carried out), advancing on self-fertilized lines, testing the specific combining ability (simple hybrids) and obtaining double or triple line hybrids, began from the start of OEE and IIA operations in the 1950s. Thus, we know that in the Netzahualcóyotl *ejido*, which neighbors the Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), at the beginning of the 1950s, Mr. Arturo Vázquez was able to produce ten tons per hectare with the H-1 hybrid in a plot that, although small, was exceptional primarily because it had been fertilized with great amounts of manure (Barrera, 2008)<sup>1</sup>. It was under these conditions that in INIFAP's regional centers, an intense corn hybridization activity was carried out, standing out mainly in Valle de México, La Piedad and Roque, Guanajuato, and in Campo Cotaxtla, Veracruz. Currently, almost all of INIFAP's regional research centers continue to obtain hybrids, in spite of the closure of Productora Nacional de Semillas (PRONASE) whose regulating role in hybrid corn seed prices no longer exists, an issue that we will analyze further on.

#### Hybrids from public institutions

Regarding the development of maize hybrids in OEE, INIA and INIFAP, we can make the following list in terms of outstanding ones, primarily in several regional centers (CIR) and experimental fields (CE). General characteristics and qualities of the hybrids that are presented are based on the brochures that have been published, on personal communications by developers, and whenever there hasn't been an answer to our request, on the "List of varieties released by the INIFAP from 1980 to 2002" published by the institution, without any additional information.

**CIR Centro, CE Valle de México:** H-1 (the one that produced 10 tons); H-125, H-127, first fodder hybrid; H-129, outstanding hybrid. According to Dr. Hermilo Ángeles A. (Ángeles, 1968), hybrids H-1 and H-125 were submitted to improvement by recurring selection and converging improvement, outperforming the original hybrids in average by 35%; among the hybrids recovered, there is H-129. Among the rainfed hybrids, there are H-24 and H-28, which is superior to H-24 whenever there is rain scarcity. In Ángeles' work, the importance of the "latent" population of Mich. 21-183 is also highlighted, a variety that shows latency during drought, with the population remaining in this condition until it rains again; from this, self-fertilizing lines were derived with which hybrids were created

<sup>1</sup>Barrera, G. E. 2008. Comunicación Personal

mejoramiento convergente, superando en promedio a los híbridos originales en 35%; entre los híbridos recuperados se encuentra el H-129. Entre los híbridos de temporal se tiene el H-24 y el H-28 superior al H-24 cuando hay deficiencias de precipitación. En el trabajo de Ángeles también destaca la importancia de la población “latente” Mich. 21-183, que muestra latencia a la sequía, permaneciendo esta población en tal condición hasta que vuelve a llover; de ella se derivaron líneas autofecundadas con las cuales se hicieron híbridos que superaron hasta en 25% al H-28. En años recientes los Dres. José Luis Arellano (Arellano, 2008)<sup>2</sup> y Alejandro Espinoza Calderón (Espinoza *et al.*, 2004a) han obtenido los híbridos H-135, H-137, H-149, H-153, y los híbridos experimentales de riego H-159E y H-161E, y varios de temporal como H-33, H-34, H-48, H-50, ..., H-58 y los experimentales de temporal H-64E, H-66E, H-68E y H-70E, siendo en ambos casos (riego y temporal), los híbridos experimentales superiores a los que les han precedido. El H-48 (Espinoza *et al.*, 2004b) es un híbrido trilineal para temporal que ha superado en ensayos de rendimiento a los híbridos comerciales Halcón y Cóndor en 18.2, a Gavilán en 32.4 y a Cóndor en 24.5% en una amplia diversidad de años y lugares experimentales. El H-50 (Espinoza *et al.*, 2004c) es el nuevo híbrido de maíz para los vales altos de México, de cruza doble, de ciclo intermedio, aunque no tolera el rayado fino y el achaparramiento con valores de 3 en la escala de 1 (menos afectado) a 10 (mayor afectación). Se recomienda principalmente para riego, punta de riego, temporal favorable y humedad residual.

**CIR Centro, CE Bajío:** H-309 de temporal entre 1400 a 1600 msnm; H-230 híbrido con cobertura de mazorca muy buena, de semilla blanca semidentada, madura una semana antes del H-309, recomendado en las mismas alturas que éste; y el H-366; sin información adicional se tiene: H-315, H-357, H-358, H-359 y H-366; H-220, híbrido muy precoz, superior sobre todo en condiciones de sequía (Anónimo, 1955).

**CIR Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Jalisco, del CE Zapopan:** ODÓN-356 híbrido para buen temporal en el estado de Jalisco, fue bautizado así en honor del fallecido colega maicero Dr. Odón Miranda Jaimes; similarmente el MIRANDA-355, híbrido recomendado para El Bajío (Ron y Ramírez, 1991); para riego, punta de riego, buen temporal y temporal superior a 800 mm.

**CIR del Pacífico Centro, CE Centro de Jalisco.** En todos los híbridos que a continuación se presentan, el obtentor principal es el Dr. José Luis Ramírez Díaz, con sus colaboradores de los campos experimentales

that outperformed H-28 in up to 25%. In recent years, Dr. José Luis Arellano (Arellano, 2008)<sup>2</sup> and Dr. Alejandro Espinoza Calderón (Espinoza *et al.*, 2004a) have obtained hybrids H-135, H-137, H-149, H-153 and experimental irrigation hybrids H-159E and H-161E, and several rainfed ones like H-33, H-34, H-48, H-50, ..., H-58 and experimental rainfed H-64E, H-66E, H-68E and H-70E; in both cases (irrigation and rainfed), experimental hybrids have been superior to their predecessors. H-48 (Espinoza *et al.*, 2004b) is a trilinear rainfed hybrid that has outperformed commercial hybrids Halcón and Cóndor in yield essays by 18.2, Gavilán by 32.4 and Cóndor by 24.5%, in a wide variety of years and experimental locations. H-50 (Espinoza *et al.*, 2004c) is the new corn hybrid for the Mexican High Valleys, of double cross and intermediate cycle, yet it does not tolerate Mexican rayado fino virus and corn stunt disease, with values of 3 in the scale of 1 (least affected) to 10 (most affected). It is recommended primarily for irrigation, semi-watering, good rainy season and residual soil moisture.

**CIR Centro, CE Bajío:** Rainfed H-309 at between 1400 and 1600 m above sea level; hybrid H-230 with very good ear coverage, white semi-dented seed, matures one week before H-309, recommended for the same altitude; and H-366; without additional information, there are: H-135, H-357, H-358, H-359 and H-366; H-220, of very early maturity, superior especially under drought conditions (Anonymous, 1955).

**CIR Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Jalisco, del CE Zapopan:** ODÓN-356 is a hybrid for good rainy season in the state of Jalisco, and was baptized in honor of the late maize developer, Dr. Odón Miranda Jaimes; similarly, MIRANDA-355 is a hybrid recommended for the Bajío area (Ron and Ramírez, 1991) for irrigation, semi-watering, good rainy season and rain higher than 800 mm.

**CIR del Pacífico Centro, CE Centro de Jalisco:** In all the hybrids that are presented next, the main developer is Dr. José Luis Ramírez Díaz, with his collaborators in the experimental fields of the Centro de Jalisco and also others from northwest México. H-315 (Ramírez *et al.*, 1995a) is a trilinear hybrid, resistant to *Fusarium moniliforme* and head smut [*Sphaceloteka reiliana* (Khun) Clint]; from 1990 to 1993, in tests in several environments, it was superior to the average of two commercial hybrids by 28.5%. Hybrids H-357 and H-358 (Ramírez *et al.*, 1995b) are the first simple crosses obtained for the sub-tropical and tropical areas of México. H-357 is resistant to *Sphaceloteka reiliana* and to leaf blight *Helminthosporium turcicum*, while

<sup>2</sup>Arellano, J. L. 2008. Comunicación personal.

del Centro de Jalisco e inclusive otros del noroeste de México. El H-315 (Ramírez *et al.*, 1995a) es un híbrido trilineal resistente a *Fusarium moniliforme* y al carbón de la espiga [*Sphaceloteca reiliana* (Khun) Clint]; de 1990 a 1993, en pruebas en varios ambientes, fue superior al promedio de dos híbridos comerciales en 28.5%. Los híbridos H-357 y H-358 (Ramírez *et al.*, 1995b) son las primeras cruza simples obtenidas para la zona subtropical y tropical de México. El H-357 es resistente a *Sphaceloteca reiliana* y al tizón foliar *Helminthosporium turcicum*, mientras que H-358 es resistente al mildú veloso *Peronosclerospora sorghi*; de 1990 a 1993, en un evaluación en varios ambientes, H-358 fue superior al promedio de 5 testigos (2 comerciales y 3 del INIFAP) en 23.0%, y H-357 en 11.3%. En 1995 también se presentan dos nuevos híbridos trilineales: H-359 y H-360 (Ramírez *et al.*, 1995c) para las mismas regiones, obtenidos por primera vez en el CE Centro de Jalisco: en una prueba experimental de 1990 a 1993 en varios ambientes la superioridad de H-359 contra 3 testigos (2 comerciales y 1 del INIFAP) fue de 8.8%, mientras que el H-360 sólo lo superó en 1.3%; en una comparación experimental en 1991, 1993 y 1994, bajo condiciones de humedad residual, el H-359 superó al promedio de 4 testigos (2 comerciales y 2 de INIFAP), en 18.9%, en tanto que H-360 lo fue inferior en 2%. Dada la alta producción de forraje del H-359 (Ramírez *et al.*, 1995b) también es recomendado como maíz forrajero. En el año 2000 (Ramírez *et al.*, 2000) se anuncian dos nuevos híbridos, H-318 y H-319, los que en promedio de 4 años de evaluación rindieron, respectivamente, 13.1% y 14.8% más que los testigos (dos de compañías comerciales y nueve del INIFAP). En 2005 se presenta el híbrido H-375 (Ramírez *et al.*, 2005) de cruza simple, para buen temporal y riego en la región centro-occidente y para riego en el noroeste de México. Dada la amplia cobertura de su recomendación que cubre tres condiciones ambientales (temporal, punta de riego y riego) y la cantidad de ambientes experimentales, todo ello se concentra mejor en el análisis de parámetros de estabilidad, cuyos resultados indican que en ambientes desfavorables el H-375 es mejor que los testigos, mientras que en los ambientes favorables los testigos apenas superaron a dicho híbrido. En todos los híbridos presentados, además de la resistencia a enfermedades que se da implícita o explícitamente, se tienen las cualidades de los híbridos modernos: uniformidad, altura de planta baja, 2.2 a 2.5 m, resistencia al acame, sincronía floral y precocidad adecuada a las condiciones climáticas del caso.

En las universidades públicas que también trabajan en hibridación, el Dr. José Ron Parra encabeza el equipo del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. En

H-358 is resistant to downy mildew *Peronosclerospora sorghi*; in an evaluation performed from 1990 to 1993 in several environments, H-358 was 23.0% superior to the average of 5 witnesses (2 commercial and 3 from INIFAP) and H-357, 11.3%. In 1995, two new trilinear hybrids were also presented: H-359 and H-360 (Ramírez *et al.*, 1995c) for the same regions, obtained for the first time in the CE Centro de Jalisco: in an experimental test performed from 1990 to 1993 in several environments, the superiority of H-359 against 3 witnesses (2 commercial and 1 from INIFAP) was 8.8%, while H-360 was only 1.3% superior; in an experimental comparison done in 1991, 1993 and 1994, under conditions of residual moisture, H-359 outperformed the average of 4 witnesses (2 commercial and 2 from INIFAP), by 18.9%, while H-360 was 2% inferior. Given the high production of fodder by H-359 (Ramírez *et al.*, 1995b), it is also recommended as fodder corn. In 2000 (Ramírez *et al.*, 2000), two new hybrids were announced, H-318 and H-319, which in an average of 4 years of evaluation yielded 13.1% and 14.8%, respectively, more than the witnesses (2 commercial and 9 from INIFAP). In 2005, simple cross hybrid H-375 (Ramírez *et al.*, 2005) was presented, for good rainy season and irrigation in the central-western region and for irrigation in the northwest of México. Given the broad coverage of its recommendation, covering three environmental conditions (rainfed, semi-watering and irrigation) and the number of experimental environments, all this is better concentrated in the analysis of stability parameters, whose results indicate that in unfavorable environments, H-375 is better than the witnesses, while in favorable environments the witnesses barely outperformed the hybrid. In all hybrids presented, in addition to resistance to diseases which happens implicitly or explicitly, there are the qualities of modern hybrids: uniformity, low plant height, 2.2 to 2.5 m, resistance to lodging, flower synchronicity and early maturity adequate to the case's climatic conditions.

In public universities that also work on hybridization, Dr. José Ron Parra leads the team at the Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias of the Universidad de Guadalajara. In 2007 (Ron *et al.*, 2007), the varietal hybrid Milenio was announced for the sub-tropical and tropical areas of México. The parent lines for this hybrid are two synthetics of good general combining ability and acceptable specific combining ability. The common witness in the evaluations was varietal hybrid HV-313, with Milenio being 29.9% superior to it. In the stability parameters analysis, the regression slope for Milenio is 0.96, with superiority over the experimental average of 28%. Finally, at the UNAM's Facultad de Estudios

2007 (Ron *et al.*, 2007) se anuncia el híbrido varietal Milenio para el subtropical y trópico de México. Los progenitores de este híbrido son dos sintéticos de buena aptitud combinatoria general y aceptable aptitud combinatoria específica. El testigo común en las evaluaciones fue el híbrido varietal HV-313 siendo Milenio 29.9% superior a éste. En el análisis de parámetros de estabilidad la pendiente de regresión de Milenio es 0.96, con una superioridad sobre el promedio experimental de 28%. Finalmente, en la Facultad de Estudios Superiores de la UNAM, se tienen los híbridos “Puma” obtenidos por Espinoza (2008)<sup>3</sup>.

**CIR Golfo Centro, CE Cotaxtla:** H-501, primer híbrido tropical, probablemente del cual se derivó el híbrido acriollado Rocamei; H-503, híbrido destacado, pero que tenía el problema de la pudrición de grano de la punta de la mazorca; H-507 (Reyes *et al.*, 1955), el híbrido más sobresaliente en aquella época, el autor lo ha visto sembrado todavía en el estado de Guerrero, y en la actualidad lo han mejorado genéticamente, como veremos adelante. Entre los híbridos más recientes (década de los 90) se tienen, sin información adicional a: H-513, H-514, H-515, y a los híbridos de alta calidad proteínica de la serie H-550.

**CIR Pacífico Sur, CE Iguala.** Del Dr. Noel O. Gómez Montiel tenemos los híbridos: H-507 mejorado, con varias características favorables que no tenía el H-507 original, con resistencia a la “mancha de asfalto”, de grano más blanco y con un metro menos de altura de planta, que será registrado con otra denominación (Gómez, 2008)<sup>4</sup> y Gómez *et al.* (2006). H-516 (Gómez *et al.*, 2001), es un híbrido trilineal de porte intermedio y hojas semirrectas que tienden a ser angostas (este tipo de hoja facilita más la penetración de los rayos solares a las hojas inferiores de la planta); H-562 (Gómez *et al.*, 2005), es un híbrido trilineal de alto rendimiento, tolerante al complejo patológico Mancha de Asfalto y royas, el que en un experimento en 2003 sobrepasó a 6 híbridos comerciales de compañías privadas, teniendo alturas de planta inferiores a estos híbridos; H-563 (Gómez *et al.*, 2005a), híbrido simple resistente también a la Mancha de Asfalto y el que en promedio de cinco lugares en 2001 superó a los híbridos comerciales P-3028W y P-3086.

**CIR Noroeste, CE Valle del Yaqui:** H-412, el híbrido más destacado para temporal en el Pacífico Centro en los años sesenta y setenta, de la OEE. Posteriormente, los investigadores Dr. Alejandro Ortega Corona y los MC Oscar Cota Agramont y J, de Jesús Guerrero Herrero, obtuvieron otros híbridos ya con algunas características especiales: el H-430 (Cota *et al.*,

Superiores, there are the “Puma” hybrids, obtained by Espinoza (2008)<sup>3</sup>.

**CIR Golfo Centro, CE Cotaxtla:** H-501, the first tropical hybrid, from which the Creole-like hybrid Rocamei was probably derived; H-503, outstanding hybrid which nevertheless had the problem of grain rot at the tip of the ear; H-507 (Reyes *et al.*, 1955), the most outstanding hybrid from that period, which this author has seen still cultivated in Guerrero and has been genetically improved recently, as we will later see. Among the most recent hybrids (1990s), there are the following, with no additional information: H-513, H-514, H-515 and high protein quality hybrids from the H-550 series.

**CIR Pacífico Sur, CE Iguala.** From Dr. Noel O. Gómez Montiel we have hybrids: improved H-507, with several favorable characteristics that the original H-507 did not have, with resistance to “tar spot”, of whiter seed and one meter less of plant height, which will be registered under a different name (Gómez, 2008)<sup>4</sup> and Gómez *et al.* (2006). H-516 (Gómez *et al.*, 2001) is a trilinear hybrid of intermediate size and semi-straight leaves that tend to be narrow (this type of leaf eases penetration of sunrays to the plant’s lower leaves); H-562 (Gómez *et al.*, 2005) is a high performance trilinear hybrid, tolerant to the pathological complex of tar spot and rusts, which in a 2003 experiment outperformed 6 commercial hybrids from private companies, having lower plant heights than these hybrids; H-563 (Gómez *et al.*, 2005a), simple hybrid resistant also to tar spot and which in average, from five locations during 2001, outperformed the commercial hybrids P-3028W and P-3086.

**CIR Noroeste, CE Valle del Yaqui:** H-412, the most outstanding rainfed hybrid in the Central Pacific region during the 1960s and 70s, from the OEE. Later, researchers Dr. Alejandro Ortega Corona and M.Sc. Oscar Cota Agramont and J. de Jesús Guerrero Herrero, obtained other hybrids, already with some special characteristics: H-430 (Cota *et al.*, 1991), white seed hybrid which outperformed H-422; H-431 which was obtained with lines tolerant to high temperatures and drought and which is still sown in the south of Sonora (Ortega *et al.*, 1993); H-438, a hybrid that outperformed by 12% many commercial hybrids in the Valle del Yaqui (primarily from Asgrow), during the evaluations carried out in 1996-1997 and 2000-2001, but not in the evaluations performed in the Valle del Fuerte and Culiacán where its superiority was only 1% (Ortega *et al.*, 2004a); and H-422 C, hybrid of high protein quality that did not outperform normal hybrids in the northwest, but did so in El Bajío, by 38% (Ortega *et al.*, 2004b).

**CIR Noreste, CE Río Bravo.** At this experimental field, located in an irrigation area where the reduction

<sup>3</sup>Espinoza C. A. 2008. Comunicación personal.

<sup>4</sup>Gómez M. O. N. 2008. Comunicación personal.

1991); híbrido de grano blanco que superó al H-422; el H-431 que se obtuvo con líneas tolerantes a altas temperaturas y a la sequía y que aún se siembra en el sur de Sonora (Ortega *et al.*, 1993); el H-438 híbrido que en el Valle del Yaqui superó a muchos híbridos comerciales (principalmente de la Asgrow) en 12%, durante las evaluaciones 1996-1997 y 2000-2001, mas no así en las evaluaciones del Valle del Fuerte y Culiacán en donde la superioridad apenas fue de 1% (Ortega *et al.* 2004a);, y el H-422 C, híbrido de alta calidad proteínica, que no superó a los híbridos normales en el noroeste, pero sí en El Bajío en 38%. (Ortega *et al.* 2004b).

**CIR Noreste, CE Río Bravo.** En este campo experimental, enclavado en un área de riego en que la reducción en la captación del agua de riego ha causado que cuando mucho éste se aplique en una o dos ocasiones, cuando antes se aplicaban tres, con una reducción de 280 mil a 28 mil ha de superficie, los híbridos son: H-437 (Reyes y Cantú, 2005a): híbrido trilineal, con resistencia al mildiú vellosa, al carbón común y a las pudriciones de mazorca y con una superioridad promedio de cerca de 11% en contra de testigos de Pioneer, Asgrow e INIFAP. H-439 (Céspedes y Reyes, 2005; Reyes y Cantú, 2005b), es un híbrido trilineal que también presenta tolerancia al bajo suministro de agua, de ciclo intermedio, y resistente a las enfermedades que se han mencionado, y que produjo bajo riego 6.88 t ha<sup>-1</sup>, superó en 6.1% al testigo regional Asgrow-7573. H-440, híbrido trilineal, resultado del trabajo entre el CE de Río Bravo y la estación experimental de Poza Rica del CIMMYT, con las tres líneas progenitoras precoces, tolerantes a sequía y a enfermedades de la mazorca, y con la característica planta verde-mazorca seca a la cosecha, con un rendimiento de 2001 a 2003 de 3.78 t ha<sup>-1</sup> superior al promedio de los testigos en 6.2% (Cantú *et al.*, 2007).

Los profesores de las instituciones de enseñanza agrícola superior, quienes por muchos años se habían dedicado a la investigación de problemas en maíz, como la estimación de varianzas genéticas, parámetros de estabilidad, sistemas y métodos de selección, etcétera, y que en algunos casos se dedicaban al mejoramiento genético del maíz como parte de sus esquemas de enseñanza o como manera de resolver algún problema, en los años setenta comenzaron también a practicar el mejoramiento por selección o por hibridación. Así, es célebre entre los maestros en ciencias que se graduaron en el Colegio de Postgraduados, la variedad mejorada Zacatecas-58, en la que se aprovechó la precocidad de esta población para hacer dos ciclos de selección por año como parte de sus prácticas de estudio, obteniendo una variedad tan adaptada a las condiciones de Chapingo, de rendimiento muy superior a la

in irrigation water capture has caused for it to be applied at the most once or twice, as compared to before when it was applied three times, with a reduction from 280 thousand to 28 thousand ha of surface area, the hybrids are: H-437 (Reyes and Cantú, 2005a), a trilinear hybrid with resistance to downy mildew, common smut and ear rot, and with an average superiority of nearly 11% against witnesses from Pioneer, Asgrow and INIFAP. H-439 (Céspedes and Reyes, 2005; Reyes and Cantú, 2005b) is a trilinear hybrid that also presents tolerance to low water supply, of intermediate cycle and resistant to the diseases that have been mentioned, which produced 6.88 t ha<sup>-1</sup> under irrigation, outperformed the regional witness Asgrow-7573 by 6.1%. H-440, trilinear hybrid, product of work done by CE Río Bravo and CIMMYT's experimental station at Poza Rica, with the three early maturity parent lines, tolerant to drought and ear diseases, and with the characteristic green plant-dry ear at the time of harvest, with a yield in 2001-2003 of 3.78 t ha<sup>-1</sup>, higher than the witness average by 6.2% (Cantú *et al.*, 2007).

Professors from the agriculture higher teaching institutions, who for many years had devoted their time to researching problems in maize, such as estimating genetic variance, stability parameters, selection systems and methods, etc., and who in some cases were dedicated to genetic improvement of corn as part of their teaching programs or as a way to solve a specific problem, began to also participate in improving by selection or hybridization in the 1970s. Thus, famous among graduates from the Colegio de Postgraduados, is the improved variety Zacatecas-58, where the early maturity of this population was used to create two selection cycles per year as part of their field study practices, obtaining a variety so well-adapted to conditions at Chapingo, of a much higher yield than the original variety, that it later did not fully adapt to the conditions of its place of origin.

Among the professors/researchers who obtained hybrids in their research programs, are outstanding:

-Dr. Moisés Mendoza Rodríguez, from the Universidad Autónoma Chapingo: not only has he obtained the hybrids that are listed further on, but he also improves his seed and markets it among producers in the state of Hidalgo, mostly. The hybrids are H-San José and San Josesito (Mendoza, 2008)<sup>5</sup>.

-About two years after obtaining the first varieties 3/4, researchers from the CENREMMAC began to derive self-fertilizing lines and to do specific combining ability tests. As a result, we currently have at least three simple cross hybrids for the region of Jalisco and the western part of Guanajuato. The

variedad original, que después ya no se adaptó del todo a las condiciones de su lugar de origen.

Entre los profesores-investigadores que obtuvieron híbridos en sus programas de investigación destacan:

-El Dr. Moisés Mendoza Rodríguez, de la Universidad Autónoma Chapingo: no sólo ha obtenido los híbridos que se enumeran adelante, sino que también beneficia su semilla y la comercializa entre los productores del estado de Hidalgo, principalmente. Los híbridos son H-San José y San Josesito (Mendoza, 2008)<sup>5</sup>.

-Unos dos años después de la obtención de las primeras variedades 3/4, los investigadores del CENREMMAC comenzamos a derivar líneas autofecundadas y a hacer pruebas de aptitud combinatoria específica. Como resultado de ello en la actualidad contamos con, por lo menos, tres híbridos de cruce simple para la región de Jalisco y la porción oriental de Guanajuato. El híbrido "Mariscal" se produjo por dos años por la compañía Iyadilpro, de Jamay, Jalisco, con un rendimiento de 8 t ha<sup>-1</sup> en cinco lugares de aquellos estados; sin embargo, fue descartado por tener pudrición de la punta de la mazorca y olote grueso. En la actualidad contamos con tres híbridos (Taboada, Limón y Palacios) por liberar. Aunque se suponía que en los híbridos simples la semilla sería más cara por el bajo rendimiento de la línea hembra, con los híbridos del CENREMMAC no hemos tenido problema, lo más seguro por el tipo de la población mejorada ya de por sí de rendimiento alto.

-En su programa de hibridación el Dr. J. A. Carrera V., del Centro Regional Universitario Centro-Occidente, en Michoacán, también ha derivado líneas endogámicas con propósitos de hibridación (Carrera, 2008)<sup>6</sup>. Tenemos así dos híbridos simples para la agricultura empresarial, uno para la Ciénega de Zacapu y otro para las áreas de transición sin problemas de carbón de la espiga.

### Comercialización de los híbridos públicos

Se dijo que con la desaparición de la PRONASE se perdió el papel que esta institución jugaba como reguladora del precio de la semilla con las compañías privadas. Por ejemplo, todavía en 1996, la PRONASE vendió 6 149 miles de toneladas de semilla de variedades e híbridos del INIFAP, apenas 15% del total de 40 441 miles de toneladas de la semilla comercializada

"Mariscal" hybrid was produced for two years by the Iyadilpro Company, from Jamay, Jalisco, with a yield of 8 t ha<sup>-1</sup> in five locations in those states; however, it was discarded because it presented ear-tip rot and a thick corncob. Currently, we have three hybrids (Taboada, Limón and Palacios) which will be released. Although it was assumed that for simple hybrids the seed would be more expensive, because of the low yield of the female line, we have not had any trouble with the CENREMMAC hybrids, most likely because of the improved population which in itself is high yielding.

-In his hybridization program, Dr. J. A. Carrera V., from the Centro Regional Universitario Centro-Occidente, in Michoacán, has also derived endogamic lines with the purpose of hybridization (Carrera, 2008)<sup>6</sup>. Thus, we have two simple hybrids for commercial agriculture, one for the Ciénega de Zacapu and another for the transition areas without problems of head smut.

### Commercialization of public hybrids

We mentioned that with the closure of PRONASE, the role that this institution played as seed price regulator with private companies was lost. For example, still in 1996, PRONASE sold 6 149 thousand tons of seeds of varieties and hybrids from INIFAP, only 15% of the total of 40 441 thousand tons of the marketed seed (Morris and López, 2000), and it is most likely that from that amount, a minimal portion was of improved varieties. In 2008, the PRONASE, for all practical purposes, no longer existed, with its contribution to the seed market reduced to 0%.

However, what is happening is that national small or medium companies are reproducing hybrid seed from INIFAP or farmers' associations, at a much lower price than the large commercial companies (Anonymous, 2007). Also, as a step, the UACH is setting up a seed treating plant, albeit modest, but which in any case is attempting to release its genetically improved products into the market. In its turn, the CUCBA from the UDG produces seed from its Milenio varietal hybrid under contract with a seed company in the city of Guadalajara; a suggestion made to public universities, with the opportunity of charging companies involved a fair percentage by concept of royalties.

Currently, transnational private companies virtually decide the price of their seeds, subject, of course, to competition among them. These years, the common thing is that the cost per hectare of hybrid seed is between 1 000 and 1 500 pesos, which out of a total of approximately 8 500 pesos of production costs, represents 17.6%; on the other hand, with the hybrid

<sup>5</sup>Mendoza, 2008. Comunicación personal.

<sup>6</sup>Carrera V., J. A. 2008. Comunicación personal.

(Morris y López, 2000), y lo más seguro es que de aquella cantidad una porción mínima era de variedades mejoradas. En 2008, la PRONASE, para fines prácticos, ya no existía, reduciéndose su aportación al mercado de semillas a 0%.

Sin embargo, lo que está sucediendo es que las compañías pequeñas o medianas, nacionales, están reproduciendo la semilla híbrida del INIFAP o de asociaciones de agricultores, a precios mucho más reducidos que los de las grandes compañías comerciales (Anónimo, 2007). También, como un atisbo, la UACH está montando una planta tratadora de semillas, si bien modesta, pero que en todo caso está pretendiendo sacar al mercado sus productos genéticamente mejorados. Por su parte, el CUCBA, de la UDG, produce la semilla de su híbrido varietal Milenio en contrato con una compañía semillera de la ciudad de Guadalajara; sugerencia que se hace a las universidades públicas, debiéndoseles cobrar a las compañías involucradas un porcentaje justo por concepto de regalías.

Actualmente las compañías privadas trasnacionales prácticamente deciden los precios de sus semillas, sujetas, desde luego, a la competencia entre ellas. Lo normal es que en estos años el costo por hectárea de semilla híbrida oscile entre 1 000 y 1 500 pesos, costo que en un total de costos de producción aproximados de 8 500 pesos, representa 17.6%; en cambio, con la semilla híbrida que vendía la PRONASE a 500 pesos para una hectárea, con los mismos costos de producción, dicho porcentaje era de 5.9%, pero que indudablemente sería más alto con menores costos de producción. Algunas compañías semilleras mexicanas continúan manteniendo precios de semilla por hectárea de alrededor de 600 pesos, pero prácticamente en nada pueden competir con los grandes consorcios americanos (Dekalb, Asgrow, Pioneer, Cargill) para que el precio de aquella se reduzca ante su presencia y permanencia.

El Dr. Sergio Barrales Domínguez, rector de la UACH a principios de 2006, invitó a los profesores-investigadores de la Universidad y del Colegio de Postgraduados que trabajan en el cultivo del maíz, a discutir sobre el alto precio de la tortilla. Entre otras cosas se habló de una productora de semillas que reemplace a la desprestigiada PRONASE. Si bien ésta llegó a decaer tanto en sus objetivos, debe proyectarse como una nueva empresa, agrosocial; la llamamos, que agrupe a la banca, los agrónomos, los productores y los campesinos, con una participación financiera proporcional a su estatus económico, pero que dé servicio a los diferentes estratos de gente que trabaja en el campo.

Hay dos formas de llegar al autoabastecimiento total (alimentación humana, alimentación pecuaria, industria, usos especiales, etcétera) en México: ampliar la frontera agrícola o subir los rendimientos por hectárea. El Dr.

seed that PRONASE sold at 500 pesos for one hectare and the same production costs, this percentage used to be 5.9%, but it would undoubtedly be greater with less production costs. Some Mexican seed companies continue maintaining seed prices per hectare at around 600 pesos, but they have virtually nothing to compete against the large American consortiums (Dekalb, Asgrow, Pioneer, Cargill) for their seed price to be reduced in face of their presence and permanence.

Dr. Sergio Barrales Domínguez, Dean of the UACH at the beginning of 2006, invited professors/researchers from the university and the Colegio de Postgraduados who work in corn cultivation, to discuss the high price of tortillas. Among other subjects, there was talk about a seed producer to replace the discredited PRONASE. Although this organization failed so much in its objectives, it should be projected as a new, so-called, agro-social enterprise, that could bring together banks, agronomists, producers and peasants, with a financial participation proportional to their economic status, but which would provide services to the different levels of people who work in the fields.

There are two ways of attaining total self-supply (food for humans, food for animals, industry, special uses, etc.) in México: broadening the agricultural frontier or increasing the yield per hectare. Dr. Antonio Turrent Fernández has been studying the first possibility, and we will review the second one later on. In a conference presented by Turrent, by 2003 the irrigation and seasonal yields, in tons per hectare, were 6.66 and 2.91; with harvested areas of 1.5 million for irrigation and 6.5 million for rainfed, the potential production is 28.91 millions of tons, which is enough to satisfy the current demand, but even assuming 5.5 million hectares of rainfed and 1.5 million of irrigation, and adding by Turrent as second irrigation crop in the South-Southeast 1 million hectares in eight states that remain latent during the fall-winter cycle because of lack of irrigation; plus 2 million under irrigation agricultural/livestock management, this whole surface would give a potential total of 53 million of tons annually. A question regarding this suggestion is the cost that the federal government would have to pay in public works to derive irrigation water from rivers, and additional costs such as land distribution.

At the CENREMMAC we have suggested the possibility of using hybrids in marginal regions as well. We all know that, traditionally, hybrids have been recommended, and are still being recommended, for businesslike agriculture, under irrigation or good rainy season, and since some 20 years ago, with simple crosses. However, Márquez *et al.* (2008) presented the possibility that hybrids may also have an acceptable production (4 t ha<sup>-1</sup>) under marginal conditions. For



Antonio Turrent Fernández ha estado estudiando la primera posibilidad, la segunda la abordaremos después. En un ponencia presentada por Turrent, para 2003 los rendimientos de riego y temporal, en toneladas por hectárea son 6.66 y 2.91; con superficies cosechadas de 1.5 millones para riego y 6.5 millones para temporal, la producción potencial es de 28.91 millones de toneladas, lo cual ya satisface la demanda actual; pero aún suponiendo 5.5 millones de hectáreas de temporal y 1.5 ha de riego, y añadiendo por Turrent, como segundo cultivo de riego en el Sur-Sureste, 1 millón de hectáreas en ocho estados que por no disponer de riego se mantienen en descanso durante el ciclo otoño-invierno; y 2 millones bajo manejo agropecuario con riego, toda esta superficie daría un total potencial de 53 millones de toneladas anuales. Una pregunta sobre este planteamiento es el costo que el gobierno federal tendría que pagar en las obras de derivación del agua de riego de los ríos y de otros costos adicionales como la repartición de la tierra.

En el CENREMMAC hemos planteado la posibilidad de usar híbridos también en regiones marginales. Todos sabemos que, tradicionalmente, los híbridos se han recomendado, y siguen recomendándose, para la agricultura empresarial, de riego o de buen temporal, y desde hace unos veinte años, con cruces simples. Sin embargo, Márquez *et al.* (2008) presentaron la posibilidad de que los híbridos también produjeran aceptablemente ( $4 \text{ t ha}^{-1}$ ) en condiciones marginales. Para el caso tenemos los siguientes ejemplos que ilustran tal posibilidad: siembra de híbridos comerciales (o generaciones avanzadas de éstos) en suelos de ladera (coamiles) en Jalisco; producción del híbrido Mariscal en coamil con rendimiento hasta de  $5 \text{ t ha}^{-1}$ ; resistencia a la sequía de un híbrido comercial en una parcela para resistencia a ésta en que el resto de las variedades se perdió por dicha condición; rendimientos entre  $4$  y  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de híbridos del CENREMMAC en condiciones de temperaturas por debajo de lo esperado en la estación otoño-invierno 2006/2007, en Tequila, Jalisco, en donde las variedades criollas locales rindieron no más de  $2 \text{ t ha}^{-1}$ . Para identificar los híbridos para las condiciones marginales, en CENREMMAC estamos usando la técnica de parámetros de estabilidad en la que se comparan los híbridos por las rectas de regresión de sus rendimientos sobre los rendimientos en los diferentes ambientes, de manera que dichos híbridos rindan en las condiciones más desfavorables  $4 \text{ t ha}^{-1}$ , no importando, del todo, cuál sea su rendimiento en las favorables. El planteamiento de la productividad y producción sería el siguiente: partamos de que se tienen 7.06 y 1.32 millones de hectáreas de temporal y de riego, con un total de 8.38 millones de hectáreas con los respectivos rendimientos de lo que da una producción total de  $17.6 + 8.3 = 25.9$  millones de toneladas. Ahora, si de los

such a case, we have the following examples which illustrate this possibility: cultivation of commercial hybrids (or advanced generations of these) in hillside lands (*coamiles*) in Jalisco; production of the Mariscal hybrid in *coamil* with a yield of up to  $5 \text{ t ha}^{-1}$ ; resistance to drought of a commercial hybrid in a parcel for resistance where the rest of the varieties were lost because of it; yields of  $4$  to  $6 \text{ t ha}^{-1}$  from CENREMMAC hybrids in conditions of temperatures below those expected in the 2006/2007 fall-winter season, in Tequila, Jalisco, where local Creole varieties did not yield more than  $2 \text{ t ha}^{-1}$ . In order to identify hybrids for marginal conditions, in CENREMMAC we have been using the technique of stability parameters where hybrids are compared through the regression lines of their yields over the yields in different environments, so that the hybrids yield  $4 \text{ t ha}^{-1}$  in the more unfavorable conditions, without fully mattering what their yield is under favorable conditions. The proposal for productivity and production would be the following: let us start from having 7.06 and 1.32 million rainfed and irrigation hectares, with a total of 8.38 million hectares with the respective yields, which results in a total production of  $17.6 + 8.3 = 25.9$  million tons. Now, if out of the 7.06 we eliminate 25% of marginal land with a yield of  $1.5 \text{ t ha}^{-1}$ , 75% equal to 5.29 million rainfed hectares could be sown with the  $4 \text{ t ha}^{-1}$  hybrids from the previous paragraph, which would result in a production of 21.2 million tons; plus 25% of marginal rainfed, plus the irrigation surface. There would be  $21.2 + 2.6 + 8.3 = 32.1$  million tons annually. Even if we eliminate 50% of the marginal land, the rest, 3.5 million hectares with a yield of  $4 \text{ t ha}^{-1}$  would produce 14.1 million tons, plus whatever is produced under marginal rainfed, plus under irrigation, there would be  $14.1 + 5.3 + 8.3 = 27.7$ ; therefore, at least in a situation where hybrids were used that yield four tons, there would be self-supply, while the other scenario it would be close to it. The problem that would occur if 75 or 50% of rainfed were sown with these hybrids would be the cost of the seed; there would not be any other option than having the cost be necessarily subsidized; thus, if we calculate around 5 000 pesos for production costs under these conditions, and a cost of 500 pesos for the hybrid seed, the subsidy would be of 10%, a much lower percentage than what corn producers receive in the USA.

## TRANSGENIC HYBRIDS

In 1986, the first multi-institutional gathering took place (although guests were there by themselves), where possible benefits of transgenic plants were presented. Since this was more than 20 years ago, it was “patiently”

7.06 eliminamos 25% de tierra marginal con rendimiento de 1.5 t ha<sup>-1</sup>, 75% igual a 5.29 millones de hectáreas de temporal se podría sembrar con los híbridos de 4 t ha<sup>-1</sup> del párrafo anterior, lo que daría una producción de 21.2 millones de toneladas; más 25% de temporal marginal, más la superficie de riego. Se tendrían 21.2 + 2.6 + 8.3 = 32.1 millones de toneladas anuales. Inclusive si elimináramos 50% de la tierra marginal, lo restante, 3.5 millones de hectáreas con rendimiento de 4 t ha<sup>-1</sup> producirían 14.1 millones de toneladas, más lo producido por temporal marginal, más lo producido por riego, se tendría: 14.1 + 5.3 + 8.3 = 27.7, o sea, que por lo menos en una situación en la que se usaran híbridos de cuatro toneladas se tendría el auto abasto, mientras que en el otro escenario se estaría cerca de él. El problema que se suscitara si se sembrara 75 ó 50% del temporal con estos híbridos, sería el costo de su semilla; no quedaría otra opción de que dicho costo necesariamente tendría que estar subsidiado; así, si nos atenemos a unos 5 000 pesos como costos de producción para tales condiciones, y un costo de 500 pesos por concepto de la semilla híbrida, el subsidio sería de 10%, porcentaje mucho menor que el que reciben los agricultores maiceros en EE. UU.

### LOS HÍBRIDOS TRANSGÉNICOS

En 1986 hubo la primera reunión multi institucional (aunque los invitados asistieron personalmente) en que se presentaron las posibles bondades de las plantas transgénicas. Como ésto fue hace más de 20 años, inclusive se nos explicó “pacientemente” que en éstas no “había nada mágico” y que eran algo así como el futuro del mejoramiento genético, llegando a llamarse a la Biotecnología la “Segunda Revolución Verde”. Pocos de los asistentes se imaginarían después, que en el caso de las plantas de polinización libre, como lo es el maíz, a través de ésta los híbridos transgénicos (HT) podían polinizar a las variedades criollas “contaminándolas” con genes que podrían causar problemas tanto a las variedades criollas como al hombre.

Sobre lo primero se ha dicho que en el caso del gen Bt, que causa resistencia a los insectos, el uso sucesivo de los HT podría causar, a la larga, que las poblaciones sobrevivientes de éstos fueran cada vez más resistentes al grado de que no hubiera ningún tipo de maíz, normal o transgénico, que resistiera su ataque. Para ésto las compañías involucradas en la producción de transgénicos han ideado sembrar, junto con la siembra de HT, áreas de refugio, es decir, áreas de maíz normal en las cuales convivirían insectos no resistentes con los resistentes con el gen Bt, de manera que se garantizaría que siempre existiría una población adecuada de insectos no resistentes que impedirían la evolución

explicado a us that there was “nothing magical” about them, and that they were something like the future of genetic improvement, with biotechnology being called the “Second Green Revolution”. Few of the attendees would later imagine that in the case of free pollination plants, such as corn, transgenic hybrids (TH) would be able to pollinate Creole varieties through it, “contaminating them” with genes that could cause problems both to the Creole varieties as to humans.

Regarding the first issue, it has been said that in the case of gene Bt, which causes resistance to insects, the successive use of HTs could cause, in the long run, for their surviving populations to be more and more resistant to the degree that there would no longer be any type of corn, normal or transgenic, that would resist their attack. For this, the companies involved in transgenic production have had the idea of sowing refuge areas along with the cultivation of HTs, that is, areas with normal corn where non-resistant insects would coexist with those resistant to gene Bt, so that there would be the guarantee that there would always be an adequate population of non-resistant insects that would impede the evolution towards completely resistant insects; this, of course, entails a technological cost for farmers, in addition to the cost of transgenic seeds which are more expensive than normal ones. It is easy to imagine that gene Bt could contaminate the neighboring Creole varieties (as we will see later), thus establishing a national population of corns that are not resistant to insects, since in the cultivation of Creole varieties there would not be any refuge areas. In this same sense, Dr. Ángel Kato Yamakake has published an article (Kato, 2004) where he shows how pollution by transgenic organisms could cause cytogenetic aberrations in regular corn chromosomes that would bring a certain degree of sterility and, as consequence, less grain production.

Regarding the second issue, harm to humans, there is literature about this. Dr. Wan Ho (Wan-Ho, 1998) suggests a position that seems to be the prevailing one in international consortiums regarding the use of HT grains: “The science of genetic determinism is becoming owner and manipulator of Eugenesis industrialization. If sorting out (of unwanted products) will occur at a given moment with ‘pre-available’ genes and genes whose connection to doubtful conditions is increasingly weak, we will start to fall, insensibly and quietly, into the era of human genetic engineering dictated purely by corporate interests”. This researcher gives examples of allergenic harm for humans, among other problems caused by consuming transgenic products. Hansen (2003), in his article regarding the action of gene Bt, informs us that a group of researchers from the UNAM, with a Cuban colleague, found that it is necessary to carry out toxicological tests to prove that pro-toxin

hacia insectos totalmente resistentes; esto, desde luego, para el agricultor implica un costo tecnológico, además del de la semilla transgénica que es más cara que la normal. Es fácil imaginar que el gen Bt podría contaminar a las variedades criollas aledañas (como veremos adelante) constituyéndose así una población nacional de maíces no resistentes a los insectos, puesto que en las siembras de las variedades criollas no habría áreas de refugio. En este mismo sentido el Dr. Ángel Kato Yamakake ha publicado un artículo (Kato, 2004) en el que muestra cómo la contaminación de los transgénicos podría causar aberraciones citogenéticas en los cromosomas de los maíces normales que traerían cierto grado de esterilidad y, como consecuencia, menor producción de grano.

Sobre lo segundo, el daño al hombre, existe literatura al respecto. La Dra. Wan Ho (Wan-Ho, 1998) plantea una posición que parece ser la que priva en los consorcios internacionales sobre el uso del grano de HT: “La ciencia del determinismo genético se está haciendo dueña y manipuladora de la industrialización de la Eugenesia. Si el cribado (de los productos indeseables) va a ser aplicado en un momento dado a los genes ‘predisponibles’ y a genes cuya conexión a condiciones dudosas sea ascendentemente tenue, iremos cayendo insensible y calladamente en la era de la ingeniería genética humana dictada puramente por los intereses corporativos”. Esta investigadora muestra ejemplos de daños alergénicos al hombre, entre otros problemas causados por la ingestión de productos transgénicos. Hansen (2003), en su artículo sobre la acción del gen Bt, nos informa que un grupo de investigadores de la UNAM con uno cubano, encontraron que es necesario realizar pruebas toxicológicas que demuestren que la protoxina pCry1A (la proteína Cry1Ac se encuentra en el algodón Bt) se fija a la superficie mucosa del intestino delgado del ratón... (e) indujo cambios temporales *in situ* en las propiedades electrofisiológicas del yeyuno de este animalito (Vázquez-Padrón, *et al.*, 1999). Esto, porque uno de los argumentos utilizados para sugerir que las proteínas Cry no tienen efecto sobre los mamíferos, es decir que los insectos susceptibles (al gen Bt) tienen receptores en el intestino que se fijarían a la proteína Cry truncada y que los mamíferos no tienen tales receptores, de manera que la endotoxina truncada no podría fijarse al intestino de los mamíferos. En otro estudio aquellos autores llegaron a la conclusión de que la proteína Cry1Ac es un adyuvante mucoso y sistémico tan poderoso como la toxina del cólera. Bastaría ojear estos dos libros para que los defensores de los HT tuvieran por lo menos conciencia de los daños potenciales que los productos de las plantas transgénicas pueden causar al hombre. Algunos de ellos no han vacilado en proparlar el mal

pCry1A (protein Cry1Ac is found in Bt cotton) becomes fixed on the mucous surface of the small intestine in mice... and induced temporal *in situ* changes in the electrophysiological properties of the jejunum in this small animal (Vázquez-Padrón *et al.*, 1999). This, because some of the arguments used to suggest that Cry proteins do not have an effect on mammals say that susceptible insects (to gene Bt) have receptors in the intestine that would be fixed on the truncated Cry protein and that mammals do not have them, so that the truncated endotoxin would not become fixed on mammals’ intestines. In another study, these authors reached the conclusion that the Cry1Ac protein is a mucous and systemic adjuvant as powerful as the cholera toxin. It would be enough to glance over these two books for HT defenders to attain some conscience of potential damages that transgenic plant products could cause to human beings. Some of them have not hesitated in spreading the bad joke that transgenic organisms are being used in China and until today, there aren’t Chinese peasants falling dead all over the place.

The Biosecurity Law was approved by the Representatives’ House on December 14<sup>th</sup>, 2004, with an approximate majority of 70%. Although before this date there were a great number of meetings with scholars, non-governmental and peasant organizations, it would seem that most representatives are not at all interested in what could happen to Creole varieties in the country they represent. And, not only that, in April this year regulations were approved for this Law, where measures are allegedly included to prevent in Creole corns whatever follows the release of transgenic organisms. It is assumed that these measures will avoid, to a maximum degree, contamination of Creole varieties by HTs, preventing the exit of grains from these corns from experimental fields during their evaluation and for them to be located at a distance of several kilometers from the cultivation of Creole varieties. Therefore, we ask, how many kilometers are needed in order to avoid transgenic pollen to reach them? 10, 100, 1000? In any case, this contamination will be of a physiological-botanical nature, that is, it will depend on the viability of the contaminating pollen, the velocity of the wind, the relative moisture, etc. Yet there is a different kind of pollution that would, for all practical purposes, be unavoidable: social contamination, that is, that which is caused by man. He, particularly peasants (Louett, 1996), is constantly exchanging varieties with other farmers, or else people that come from different places (as far away as Oaxaca from the USA), or buying corns in markets; or the dispersion of transgenic seeds that are dropped, without any control, in the places where transport vehicles are loaded and unloaded. What measure could be taken to avoid this? What would

chiste de que en China se están usando transgénicos, y este es el momento en que no hay campesinos chinos muertos por donde quiera.

La ley de Bioseguridad se aprobó por la Cámara de Diputados el 14 de diciembre de 2004 con una mayoría aproximada de 70%. A pesar de que desde antes de esa fecha hubo gran cantidad de reuniones de académicos, organizaciones no gubernamentales y organizaciones campesinas, tal parece que a dicha mayoría de diputados no les interesa para nada lo que le pueda pasar a las variedades criollas del país al que representan. Y no sólo eso, en abril de este año se aprobó la reglamentación de dicha ley en la cual supuestamente se considera tomar medidas para prevenir en los maíces criollos lo que sobrevenga de la liberación de los transgénicos. Se supone que estas medidas evitarán, al máximo, que los HT contaminen a las variedades criollas, evitando la salida de los granos de estos maíces de los campos experimentales de su evaluación y que éstos se encuentren distantes a muchos kilómetros de las siembras de las variedades criollas. De manera que nos preguntamos ¿cuántos kilómetros se necesitarán para evitar que el polen de los transgénicos llegue a aquéllas?: ¿10, 100, 1000? En todo caso esta contaminación sería de naturaleza fisiológica-vegetal, es decir, dependerá de la viabilidad del polen contaminador, de la velocidad del viento, de la humedad relativa, etcétera. Pero hay otro tipo de contaminación que para fines prácticos sería inevitable: la contaminación social, es decir, la causada por el hombre. Éste, particularmente el campesino (Louette, 1996), constantemente está intercambiando variedades con otros campesinos, o bien provenientes de otros lugares (tan distantes como Oaxaca de EE. UU.), o comprando maíces en los mercados, o la dispersión de los granos transgénicos que en los lugares de embarque y desembarque de los medios de transporte van quedando tirados sin control alguno? ¿Qué medida se puede tomar para evitar esto?; ¿qué impedirá que en unos pocos años un bracero del sureste de México lleve a sus siembras granos transgénicos si ahora los va a tener aún mas cerca, como sería en El Bajío, Sinaloa o Río Bravo? En realidad, nosotros pensamos que ésta es el tipo más grave, por lo inevitable, de la contaminación transgénica; tan inevitable como el derecho que tiene el hombre de moverse en su país hacia donde le plazca.

Pero también las compañías involucradas han enarbolado la bandera de que los HT rendirían más que los híbridos normales; y a esto, según se sabe ya, los agricultores mexicanos dicen que sólo sembrarían transgénicos si estos rindieran sustantivamente más que los normales, estará claro que con aquel dato ya no habría mucha posibilidad de que los siembren por siempre, pero sobre todo teniendo en cuenta el mayor precio de

prevent a temporary farm worker from México's southeast, in a few years, to bring transgenic seeds to his field if he will find them as close as El Bajío, Sinaloa or Río Bravo? Truthfully, we think that this is the most serious kind of transgenic contamination, because it is unavoidable; it is as unavoidable as the right that man has to go wherever he wants within his country.

However, companies involved have also carried the flag that HTs would have a better yield than normal hybrids; and to this, as is already known, Mexican farmers answer that they would only sow transgenic organisms if these would yield substantially more than the regular ones, and it will become clear that with this piece of information there would not be much possibility for them to sow them forever, but especially taking into account the higher seed price and the technological cost of gene Bt. Now, if there is real interest in knowing whether transgenic hybrids are superior to normal ones, the ones to be compared should be isogenic hybrids; these hybrids are genetically equal in everything except the specific gene, in this case the transgene, that has been incorporated. Yet until now there is no information as to whether this has been the case in comparisons. Let us see, in the meantime, a study (Stanger and Lauer, 2004) about the increase in cultivation density with transgenic hybrids resistant to European borer [*Ostrinia nubilalis* (Hübner)] to see if yields could be increased in Bt and a non-Bt (nBt) corns. The results indicated that when changing the density of cultivation from 61 750 to 123 500 plants per hectare, the economic optimal density was 83 800 for both cases; however, the greater cultivation and associated costs for obtaining these densities did not produce differences between the Bt and nBt corns, yet since this recommendation was affected by the greater cost of cultivation density, management costs and changing prices in the market, periodic evaluations should be made about cultivation densities in order to evaluate the new hybrids released. In another study (Wiatrak *et al.*, 2004), Bt, nBt and a tropical hybrid (named thus, without further explanation) were compared in different cultivation periods. The earliest sowings were the highest yielding, but in terms of the types of hybrids, the tropical hybrid yielded 15% more than the Bt and 10% more than the nBt. With these results and others, naturally, Mexican farmers should be on guard when looking at comparisons made at the experimental parcels of HT companies, in their glasshouses or their own plots, regarding the advantages that these hybrids may have, especially, as they have pointed out themselves, in terms of the real earnings of HTs.

Finally, discussion regarding the possible corn production for elaborating ethanol is being left aside.

semilla y el costo tecnológico para el gen Bt. Ahora, si realmente se desea conocer si los híbridos transgénicos son superiores a los normales, los que tendrían que compararse son los híbridos isogénicos; estos son híbridos que genéticamente son iguales en todo menos en el gen, en este caso el transgen, que se ha incorporado. Pero hasta ahora no se conoce si así han sido las comparaciones. Veamos, en tanto, un estudio (Stanger y Lauer, 2004) sobre el incremento de la densidad de siembra con híbridos transgénicos resistentes al barrenador europeo [*Ostrinia nubilalis* (Hübner)] para ver si se podían elevar los rendimientos en un maíz Bt y en otro no Bt (nBt). Los resultados indicaron que variando la densidad de siembra de 61 750 a 123 500 plantas por hectárea, la densidad óptima económica fue de 83 800 para ambos Bt y nBt; sin embargo los mayores costos de cosecha y los asociados con obtener tales densidades no causaron diferencias entre los maíces Bt y nBt, pero como esta recomendación era afectada por el mayor costo de la densidad de siembra, los costos de manejo y los variables precios del mercado, deben hacerse evaluaciones periódicas de las densidades de siembra para evaluar a los nuevos híbridos liberados. En otro estudio (Wiatrak *et al.*, 2004) se compararon en diferentes períodos de siembra a híbridos Bt, nBt y un híbrido tropical (así llamado, sin mayor abundamiento). Las siembras más tempranas fueron las más rendidoras, pero en cuanto a los tipos de híbridos, el híbrido tropical rindió 15% más que el Bt y 10% más que el nBt. Con estos resultados, y otros, desde luego, los agricultores mexicanos deben estar en guardia en las comparaciones que se hagan en las parcelas experimentales de las compañías de HT o en sus vidrieras o en sus propias parcelas, sobre las ventajas que puedan tener estos híbridos, sobre todo, como ellos mismos lo han señalado, en cuanto a las ganancias reales de los HT.

Finalmente, se está dejando al margen de esta discusión la probable producción de maíz para la elaboración de etanol. Por lo pronto, el estado de Sinaloa (Imagen Agropecuaria, 2008) está listo para producir etanol con un volumen de 40 millones de galones al año para California, EE. UU., lo que da idea de que si todo continúa marchando así, el autoabastecimiento anual esperado de 30 millones de toneladas para nuestro país será cada vez más difícil.

## DISCUSIÓN

A semejanza de las variedades de maíz de polinización libre, el mejoramiento de los híbridos ha continuado en México desde hace más de medio siglo. En los campos experimentales del INIFAP y de las universidades agrícolas o facultades de agronomía, no se ha suspendido esa actividad apareciendo frecuentemente

In the meantime, the state of Sinaloa (Imagen Agropecuaria, 2008) is ready for ethanol production with a volume of 40 million gallons per year, for California, USA, which gives us the idea that if everything continues to march in this direction, the expected annual self-supply amount of 30 million tons for our country will be more and more difficult to attain.

## DISCUSSION

Similarly to the free pollination corn varieties, the improvement of hybrids has continued in México for more than half a century. In the experimental fields of the INIFAP and agricultural universities or agronomy schools, this activity has not been suspended, with new brochures or articles regarding the release of this or that hybrid frequently being published within their area of influence. From the review we made in this article, we found that hybrids recently released are not only superior to their predecessors but also, frequently, to hybrids from commercial companies. However, corn farmers use more seed from the latter than the former. This is because INIFAP does not currently have a distributor and seller of its seed hybrids, as it did before, given the closure of PRONASE. As in some cases already mentioned, it is convenient to have a regulating action of the hybrid seed price, for INIFAP's seed to be massively produced through small seed factories or else farmers' associations who, in addition to having much cheaper seed than the commercial companies, would always have it at their disposal.

On the other hand, it is necessary to realize, from the revision we just made, that the superiority of INIFAP's new hybrids is not only based on the yield, but on other favorable characteristics such as the lower height of the plant, resistance to drought or to a limited number of irrigations, or to diseases, and of high protein quality, for example. Also, from a genotechnic point of view, that hybrids from this institution are not only double crosses but they have been moving towards simple crosses, with greater heterosis and yields, via trilinear crosses.

As well, we hope that this article will generate interest among farmers as supposed users of transgenic corns. In addition to the potential damages to the environment and human beings, it is necessary for farmers who wish to satisfy their greater aspirations with regards to earnings per hectare to be fully convinced, before they begin their cultivation, that they will not only gain greater yields than with normal hybrids, but also greater unit earnings.

And, finally, the introduction of transgenic corn into México will undoubtedly end organic corn farming,

nuevos folletos o artículos sobre la liberación de tal o cual híbrido dentro de su zona de influencia. De la revisión que hicimos en este artículo, encontramos que los híbridos recientemente liberados, no sólo son superiores a sus predecesores sino también, frecuentemente, a los híbridos de las compañías comerciales. Sin embargo, los agricultores maiceros usan más semilla de éstos que de aquéllos. Esto porque el INIFAP, en la actualidad, no tiene quien distribuya y venda la semilla de sus híbridos como antes, dada la desaparición de la PRONASE. Como en algunos casos ya dados, es conveniente que para que tenga lugar una acción reguladora del precio de la semilla híbrida, la del INIFAP se haga por medio de maquila con plantas semilleras pequeñas o bien con asociaciones de agricultores los que, además de tener semilla mucho más barata que la de las compañías comerciales, la tendrán siempre a su disposición.

Por otra parte, es necesario darse cuenta, en la revisión que acabamos de hacer, que la superioridad de los nuevos híbridos del INIFAP no se basa sólo en el rendimiento, sino en otras características favorables como la menor altura de planta, la resistencia a la sequía o al número limitado de riegos, o a las enfermedades, y las de alta calidad de proteína, por ejemplo. También, desde un punto de vista genotécnico, que los híbridos de dicha institución ya no son sólo de cruza dobles sino que han ido transitando hacia las cruza simples, con mayor heterosis y rendimientos, vía las cruza trilineales.

También, esperamos que este artículo genere interés en los agricultores como presuntos usuarios de maíces transgénicos. Además de los daños potenciales al entorno y al hombre mismo, es necesario que si desean satisfacer sus mayores aspiraciones en cuanto a la ganancia por hectárea, que antes de embarcarse en su siembra queden plenamente convencidos de que no sólo obtendrán mayores rendimientos que con los híbridos normales, sino también mayores ganancias unitarias.

Y, finalmente, es indudable que la introducción del maíz transgénico a México dará al traste con la agricultura orgánica maicera, dados los altos índices de calidad que los contratistas y consumidores (principalmente en Europa) exigen; estará claro que bastará que se sepa que en un estado de nuestro país se siembran maíces transgénicos, o que están contaminadas las variedades criollas con ellos, para que se cancelen los contratos con los campesinos que para este fin siembran, precisamente, variedades criollas.

## CONCLUSIONES

En nuestro país, a pesar de ciertas adversidades que ha sufrido el INIFAP (como su cuasi desaparición en el sexenio anterior), la investigación sobre la obtención de nuevos híbridos, cada vez superiores a sus predecesores e, inclusive, a los de las compañías

given the high degree of quality that contractors and consumers (primarily in Europe) demand; it will become clear that it will be enough for them to know that transgenic corns are being cultivated in one state of our country, or that Creole varieties are being contaminated with them, for contracts with peasants to be cancelled, who cultivate Creole varieties precisely with this market in mind.

## CONCLUSIONS

In our country, in spite of difficulties that INIFAP has faced (such as its quasi-disappearance during the last six-year presidential period), research regarding development of new hybrids, more and more superior to their predecessors and even to those from private companies, has not ceased to happen. Even with this equivalence, however, public corn hybrids are almost not sold due to the closure of PRONASE, which had a regulating action in seed prices for INIFAP's hybrids and those from private companies, and which currently does not happen. The last resource left for this to take place is for public hybrids to be sold through mass production by medium or small seed companies, or else by farmers' associations, with the corresponding advantages. Finally, we point out that with the introduction of transgenic hybrids into México, we will need to see if farmers' expectations regarding higher yield and earnings than with their regular hybrids will be fulfilled; and also, there could be a marked reduction of organic corn cultivation, since farmers who have these practices use, precisely, Creole varieties.

*- End of the English version -*

privadas, no ha dejado de darse. A pesar, sin embargo, de dicha equivalencia, los híbridos públicos de maíz casi no se venden, debido a la desaparición de la PRONASE que ejercía una acción regulatoria entre los precios de la semilla de los híbridos del INIFAP y los de las compañías, que en la actualidad no se da. Queda como recurso para que esto tenga lugar, que los híbridos públicos sean vendidos por maquila por las compañías semilleras medianas o pequeñas o bien por asociaciones de agricultores con las consiguientes ventajas. Se señala, finalmente, que con la introducción de híbridos transgénicos a México, habrá que ver si se cumplen las expectativas de los agricultores de obtener mayor rendimiento y ganancias que con sus híbridos normales; y también puede haber una fuerte reducción de las siembras con maíz orgánico ya que los agricultores que practican éstas usan, precisamente, variedades criollas.

## Agradecimientos

El autor agradece cumplidamente a todos los colegas investigadores en mejoramiento de maíz, la atención que tuvieron en enviarme los artículos y folletos sobre la liberación de poblaciones mejoradas de maíz, así como sus valiosas comunicaciones personales, sin todo lo cual este artículo no hubiera sido escrito.

## LITERATURA CITADA

- Ángeles A., H. H. 1968. El maíz y sorgo y sus programas de mejoramiento genético en México. *In: Memoria del tercer congreso nacional de Fitogenética (1er Simposio)*. Centro Nacional de Enseñanza, Investigación y Extensión Agrícolas. Chapingo, Méx. pp: 382-446.
- Anónimo. 1955. Maíz híbrido para El Bajío y regiones similares. *Foll. Div. Núm. 19*. Oficina de Estudios Especiales, SAG. 35 p.
- Anónimo. 2007. Reunión de interacción INIFAP-Empresas Semilleras de Maíz. INIFAP, CE Valle de México, Chapingo, Méx. 15 p.
- Barrera G., E., A. Muñoz O., F. Márquez S. y A. Martínez G. 2005. Aptitud combinatoria en razas de maíz mejoradas por retrocruza limitada. I. Caracteres agronómicos. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(3):231-242
- Cantú A, M. A. y C. A. Reyes M. 2007. H-440, híbrido de maíz tolerante a la sequía para el noreste de México. Centro de Investigación Regional del Noreste, CE Río Bravo, Río Bravo, Tamps. *Foll. Téc. Núm. 39*. 43 p.
- Céspedes T., E. y C. A. Reyes M. 2005. H-439, híbrido de maíz para la planicie huasteca. Centro de Investigación Regional del Noreste, CE Río Bravo. Río Bravo, Tamps. *Despl. Prods. Núm. 5*.
- Cota A., O., J. M. Valenzuela V., A. Ortega C., y A. A. Soqui G. 1991. Ciano H-430 nuevo híbrido de maíz blanco. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste. Cd. Obregón, Son. 41 p.
- Espinoza C., A., J. Piña R., A. C. de Oliveira y M. Mora. V. 2004a. Listado de variedades liberadas por el INIFAP de 1980 a 2002. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Campo Exp. Valle de México, Chapingo, Méx. 32 p.
- Espinoza C., A., M. Tadeo R., R. Martínez M., G. Srinivasan, D. Beck, J. Lothrop, S. Azpiroz R., M. A. Ávila P., J. Gámez V., J. P. Pérez C., C. Tut y C., J. Bonilla B., A. María R., Y. y Salinas R. 2004b. H-48, Nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México. *Foll. Téc. Núm. 16*. Centro de Investigación Regional del Centro, CE del Valle de México, Chapingo, Méx. 19 p.
- Espinoza C., A., M. Tadeo R., R. Martínez M., J. Lothrop, S. Azpiroz R., C. Tut y C., J. Bonilla B., A. María R., J. P. Pérez C., M. A. Ávila P., J. Gámez V., y Y. Salinas R. 2004c. H-50, Nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México. *Foll. Téc. Núm. 17*. Centro de Investigación Regional del Centro, CE del Valle de México, Chapingo, Méx. 19 p.
- Gómez, M., O. N., J. L. Ramírez D., y A. Turrent F. 2001. H-516, maíz de alto rendimiento para regiones cálidas y semicálidas de México. *Foll. Tec. Núm. 8*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental de Iguala. 20 p.
- Gómez, M., O. N., M. Sierra M., M. González C., M. A. Cantú A., A. Ramírez F., J. de J. Wong P., M. Manjarrez S., J. L. Ramírez D., y A. E. Calderón. 2005. H-562, híbrido de maíz de alto rendimiento y tolerante al complejo "Mancha de asfalto" y royas. *Foll. Tec. Núm. 11*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental de Iguala. 20 p.
- Gómez, M., O. N., M. Sierra M., M. González C., M. A. Cantú A., A. Ramírez F., J. de J. Wong P., y M. Manjarrez S. J. 2005. H-563, híbrido de maíz de alta productividad u resistente al complejo Mancha de asfalto. *Foll. Tec. Núm. 12*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental de Iguala. 20 p.
- Gómez M., N. O., P. Murillo N., M. González C., y M. Manjarrés S. 2006. Variedades e híbridos de maíz del INIFAP para el estado de Guerrero. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, CE Iguala. *Despl. agríc. Núm. 14*. Iguala, Gro.
- Imagen Agropecuaria. 2008. Sinaloa casi lista para producir etanol de maíz. Abril 28. *Boletín Núm. 49*. 2 p.
- Hansen, M. 2003. Cultivos Bt: las pruebas de seguridad son inadecuadas. *In: Bejarano, F. y B. Mata F. (eds) Impacto del libre comercio, plaguicidas y transgénicos en la agricultura de América Latina*, 2ª ed. RAPAM, RAP-AL, SOMAS, Universidad Autónoma Chapingo y Gob. Edo. San.Luis.Potosí. pp: 183-211.
- Kato Y., A. 2004. Variedades transgénicas y el maíz nativo en México. *Agric. Soc. Des. 1 (2)*: 101-109.
- Louette, D. 1996. Intercambio de semillas entre agricultores y flujo genético entre variedades de maíz en sistemas agrícolas tradicionales. *In: Serratos, J. A., J. C. Wilcox, and F. Castillo (eds). Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico*. CIMMYT. México, D. F. pp: 60-71.
- Márquez S., F., E. Barrera G., y L. Sahagún C. 2008 La heterosis en maíz relacionada con la productividad y el precio de la tortilla. *In: Mariscal., A. V. y J. S. Flores R. (eds). Avances Técnicos-Científicos*. Centro Regional Universitario de Occidente, Universidad Autónoma Chapingo, Guadalajara, Jal. pp: 27-41.
- Mendoza R., M. 2008. Comunicación personal.
- Morris L., M., y M. A. López P. 2000. Impacto del mejoramiento del maíz en América Latina 1966-1977. Adopción de las variedades modernas de maíz. CIMMYT. pp: 28-41.
- Ortega C., A., O. Cota A., A. A. Soqui G., y J. M. Valenzuela V. 1993. Ciano H-431, nuevo híbrido de maíz para el noroeste de México. *Foll. Téc. Núm. 10*. Cd. Obregón, Son. 32 p.
- Ortega C., A., O. Cota A., M. de J. Guerrero H., M. A. Barrera S., J. de J. Wong P., y G. Vázquez Carrillo. 2004a. H-438, maíz híbrido de grano blanco para el noroeste de México. *Agric. Téc. Méx.* 30(1):113-118.
- Ortega C., A., O. Cota A., M. de J. Guerrero H., Surinder K. Vasal, H. Córdoba O., M. A. Barrera S., J. de J. Wong P., C. A. Reyes M., R. E. Preciado O., A. Terrón I., y A. Espinoza C. 2004b. H-422 C, híbrido de maíz con calidad proteínica para el noroeste y subtropical de México. *Agric. Téc. Méx.* 30(1):119-124.

- Ramírez D., J. L., J. Ron P., y O. Cota A. 1995a. H-315, híbrido de maíz de ciclo intermedio para la zona subtropical y tropical de México. Foll. Téc. Núm. 3. Centro de Investigaciones Pacífico Centro, CE Centro de Jalisco, Zapopan, Jal. 20 p.
- Ramírez D., J. L., J. Ron P., J. B. Maya L., y O. Cota A. 1995b. H-357 y H-358, híbridos de maíz de cruza simple para la zona subtropical y tropical de México. Foll. Téc. Núm. 4. Centro de Investigaciones Pacífico Centro, CE Centro de Jalisco, Zapopan, Jal. 24 p.
- Ramírez D., J. L., J. Ron P., J. B. Maya L., y O. Cota A. 1995c. H-359 y H-360, híbridos trilineales de maíz para la zona subtropical y tropical de México. Foll. Téc. Núm. 5. Centro de Investigaciones Pacífico Centro, CE Centro de Jalisco, Zapopan, Jal. 20 p.
- Ramírez S., J. L., M. Chuela Bonaparte, V. A. Vidal M., J. de J. Wong P., H. Córdova O., L. Soltero D., J. Franco M., H. L. Vallejo D., A. Arregui E., A. Morfín V., F. Caballero H., H. Delgado M., J. Ron P., J de J. Sánchez G., y G. Vázquez C. 2005. H- 375, híbrido de maíz de grano blanco para riego y buen temporal en la región Centro Occidente, y riego en el noroeste de México. Foll. Téc. Núm. 1. Centro de Investigaciones Pacífico Centro, CE Centro-Altos de Jalisco, Tepatitlán de Morelos, Jal. 28 p.
- Reyes C. P., L. S. Wortman, y E. J. Wellhausen. 1955. Maíz híbrido para tierra caliente. Foll. Div. Núm. 18. Oficina de Estudios Especiales, SAG. 38 p.
- Reyes M., C. A., y M. A. Cantú A. 2005a. H-437, híbrido de maíz blanco para el noreste de México. Centro de Investigación Regional del Noreste, CE Río Bravo, Río Bravo, Tamps. Foll. Téc. Núm. 32. 18 p.
- Reyes M., C. A., y M. A. Cantú A. 2005b. H-439, nuevo híbrido trilineal de maíz para áreas de riego en el subtrópico de México. Agric. Téc. Méx. 31(1): 97-100.
- Ron P., J., y J. L. Ramírez D. 1991. Miranda-355: nueva variedad de maíz para El Bajío, descripción varietal y resultados. Foll. Téc. Núm. 1. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Jalisco, CE Zapopan, Zapopan, Jal. 19 p.
- Ron P., J., L. de la Cruz L., S. A. Hurtado de la P., J. L. Ramírez D., M. M. Morales R., R. Jiménez G., J. J. Sánchez G., y S. Mena Munguia. 2007. Milenio, híbrido varietal de maíz para el subtrópico y trópico de México. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Las Agujas, Zapopan, Jal. 102 p.
- Stanger, T. F., and J. G. Lauer. 2006. Optimum plant populations of Bt and non-Bt corn in Wisconsin. Agron. J. 98:914-921.
- Vargas S., J. E., J. D. Molina G. y T. Cervantes S. 1982. Selección masal y parámetros genéticos en la variedad de maíz Zac 58. Agrociencia 48:93-195.
- Vázquez-Padrón, L., F. L. Moreno, A. F. Neri-Bazán, G. Martínez, G. A. de la Riva, and R. López-Revilla. 2000. Characterization of the mucosal and systemic immune response induced by Cry1Ac protein from *Bacillus thuringiensis*. Bras. J. Med. Biol. Res. 33:147-155.
- Wan-Ho, Mae. 1998. Genetic Engineering, Dream or Nightmare. The Hollies, Wellow, Gateway Books. 277 p.
- Wiatrak, P. J., D. L. Wright, J. J. Marois, and R. Sprengel. 2004. Corn hybrids for late planting in the southeast. Agron. J. 96:1118-1124.