

DE LAS VARIEDADES CRIOLLAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) A LOS HÍBRIDOS TRANSGÉNICOS. I: RECOLECCIÓN DE GERMOPLASMA Y VARIEDADES MEJORADAS

FROM CREOLE CORN VARIETIES (*Zea mays* L.), TO TRANSGENIC HYBRIDS. I: GERMPLASM COLLECTION AND IMPROVED CULTIVARS

Fidel Márquez-Sánchez

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

RESUMEN

Esta serie de dos artículos no pretende ser una revisión exhaustiva del origen del maíz, su aprovechamiento, su mejoramiento genético y mucho menos de su economía. En la primera parte se hace una revisión muy somera del origen del maíz, más que nada para reconocer el trabajo de dos profesores mexicanos sobre el origen de esta planta del teocintle. Además, se hace hincapié en la creciente y reciente actividad de la colección de germoplasma del maíz aún en lugares en donde no existe una diversidad tan amplia, como el noroeste de México. Se hace también un repaso de las variedades criollas mejoradas en nuestro país con objeto de fundamentar que el campesino de bajos recursos tendrá acceso al germoplasma mejorado con las variedades de polinización libre y las variedades sintéticas. De un total de 130 poblaciones de ese tipo catalogadas en México por el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), sólo dos decenas se muestran aquí con algunas de sus características sobresalientes, más 55 poblaciones mejoradas por las universidades públicas, prácticamente sólo enunciadas. El objetivo, aunque un tanto histórico, es mostrar a los lectores que en nuestro país el gremio de mejoradores no ha dejado de trabajar y de liberar materiales que en muchos casos son iguales o superiores a los de las compañías semilleras privadas. De manera que, ante la inminente entrada de los transgénicos a México, es conveniente que los agricultores sepan que la semilla mejorada producida en nuestro país, tanto en variedades de polinización libre como en híbridos, tiene contrapartes equivalentes, o superiores, y a un precio menor que la mitad del de las transgénicas.

Palabras clave: Germoplasma, híbrido transgénico, maíz, *Zea mays* L.

INTRODUCCIÓN

En forma empírica, el mejoramiento genético del maíz se inicia con los indígenas de México, quienes del teocintle (*Zea mays* spp. *mexicana*) comenzaron a seleccionar plantas que ofrecían algunas características de su grano para ser aprovechadas en la alimentación. En la actualidad tal es la teoría del origen

ABSTRACT

This series of two articles does not attempt to be an exhaustive review of the origin of corn, its use, its genetic improvement or, even less, its economy. In the first part, a very shallow review about the origin of corn is made, mainly to recognize the work of two Mexican professors on the origin of this plant from teocintle. In addition, it is stressed the growing and recent activity in corn germplasm collection, even in places where there is not such a wide diversity like the Northwest of México. A review is also made of the Creole varieties improved in our country with the goal of arguing in favor of peasants of low means having access to improved germplasm with varieties of free pollination and synthetic varieties. Out of a total of 130 populations of this type catalogued in México by the INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), only two dozens are shown here with some of their outstanding characteristics, plus 55 populations improved by public universities, which are virtually only mentioned. The objective, although somewhat historical, is to show the readers that in our country, breeding professionals have not stopped working and liberating materials that in many cases are similar or superior to those of private seed companies. This is so that, in face of the imminent entry of transgenic seeds into México, it is convenient for farmers to know that improved seed produced in our country, both in free pollination varieties and in hybrids, have equivalent or superior counterparts, and at a price less than half of that of the transgenic seeds.

Keyword: Germplasm, transgenic hybrid, corn, *Zea mays* L.

INTRODUCTION

In an empirical form, the genetic improvement of corn began with the indigenous peoples of México, who started to select plants from teocintle (*Zea mays* spp. *mexicana*) that offered some characteristics in their grain to be used in the diet. Currently, this is the theory of the origin of corn (*Zea mays* L.), although there are many hypotheses, excessively far-fetched and

del maíz (*Zea mays* L.), no obstante que existen varias hipótesis, por demás rebuscadas y complicadas. A este respecto, es importante hacer notar que un profesor de la Escuela Nacional de Agricultura, Pandurang (1930) publicó el Boletín de Investigación Núm. 1; Nuevas variedades de maíz, de la Estación Experimental Agrícola, en el que describe al teozintle y, por su cruzamiento con el maíz, llega a obtener la planta llamada por él Teomaíz. Después de varias generaciones filiales, el profesor Pandurang llegó a “fijar una nueva variedad de maíz que da muchas mazorquitas”, ...y que... “podemos deducir (por este hecho) que este híbrido entre teozintle y maíz, la *Euchlaena mexicana* (es) la planta madre del maíz actual”. Y 36 años después, otro mexicano, Miranda Colín (Miranda, 1966), profesor del Colegio de Postgraduados (CP), con datos de campo y fotografías, mostró en el II Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, celebrado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, el origen del maíz a partir del teozintle. Dado que la celebración del citado congreso se dió apenas en el segundo año de vida de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, y de la limitada circulación del boletín de investigación del profesor Pandurang y de las memorias del congreso de Fitogenética, tales descubrimientos no fueron conocidos en la comunidad internacional, por lo que, hasta donde sabemos, nunca se ha citado a estos autores en la literatura concerniente al origen del maíz, no dándoseles así el mérito correspondiente.

Los cambios sufridos por el teozintle fueron causados por mutaciones naturales, dado que las características del grano de esta planta, perisperma duro y una limitada cantidad de almidón, a simple vista no causaban que el indígena apreciara el potencial productivo del grano. Tampoco podemos hablar de que el indígena usara las plantas del teozintle (muy semejante a la del maíz) para alimentar sus animales pues no los había sino hasta la conquista, unos ocho mil años antes de la época putativa para el origen de esta planta mexicana.

LAS VARIETADES CRIOLLAS

Fueron los indígenas mexicanos quienes hicieron evolucionar al maíz, sembraron las variedades derivadas, es decir las variedades nativas, como las llamamos en este artículo, las variedades criollas. Con la formación de las razas obtenidas y con los cruzamientos interraciales se dió origen a las razas modernas, de las cuales se han obtenido los híbridos actuales de muy altos rendimientos. En este punto, es claro que los cultivadores de las variedades criollas fueron los indígenas y sus sucesores: los campesinos.

Colección de germoplasma

Es hasta principios de los años cincuenta que aparece la obra Razas de Maíz en México (Wellhausen *et*

complicated. In this respect, it is important to note that a professor in the Escuela Nacional de Agricultura, Pandurang (1930) published the Research Bulletin No. 1; New Varieties of Corn from the Experimental Agricultural Station, where he described teozintle and, from its cross with corn, he managed to obtain the plant named, by him, Teomaíz. After several filial generations, professor Pandurang could “establish a new variety of corn that gives many small corncobs”... and that... “we could deduce (by this fact) that this hybrid between teozintle and corn, the *Euchlaena mexicana* (is) the mother plant of the present corn”. And 36 years later, another Mexican, Miranda Colín (Miranda, 1966), professor at the Colegio de Postgraduados (CP), with field data and photographs, showed in the 2nd Mexican Phylogenetics Society Congress carried out in the Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, the origin of corn from teozintle. Given the fact that the celebration of the congress mentioned happened barely in the second year of the Mexican Phylogenetics Society, and because of the limited circulation of the research bulletin by professor Pandurang and the memories of the Phylogenetics Congress, these discoveries were not known in the international community, which is why, as far as we know, these authors have never been cited in the literature regarding the origin of corn, thus not giving them the merit they deserve.

The changes suffered by the teozintle were caused by natural mutations, given that the characteristics of the grains of this plant, a hard perisperm and a limited amount of starch, did not appeal to the indigenous person at plain sight to appreciate the productive potential of the grain. We can also not talk about the indigenous people using the teozintle plants (very similar to corn) to feed their animals, since there were none until the Conquest, some eight thousand years before the alleged time for the origin of this Mexican plant.

THE CREOLE VARIETIES

Mexican indigenous peoples made corn evolve, sowed the derived varieties, that is, the indigenous varieties, as we call them in this article, the Creole cultivars. With the formation of the races obtained and interracial crossing, the modern races were originated, from which the current hybrids of very high yields have been obtained. Regarding this point, it is clear that farmers of the Creole varieties were the indigenous peoples and their successors, the peasants.

Germplasm collection

It was not until the beginning of the fifties that the work, Razas de Maíz en México (Wellhausen *et al.*,

al., 1951), muy completa tanto por el número de razas (25): indígenas antiguas (4), exóticas precolombinas (4), mestizas prehistóricas (13) y modernas incipientes (4) y siete razas no bien definidas, como por las características estudiadas: origen histórico, nombre de la raza, morfología de la planta y de la mazorca, características fisiológicas, distribución y nudos cromosómicos en los cromosomas. Esta obra es considerada como la biblia para el investigador maicero, ya sea para el mejoramiento en sí como para los que estudian la filogenia del maíz. Posteriormente, en la década de los cincuenta y sesenta dado el éxito de Las Razas de Maíz en México, se hicieron estudios similares en otras partes de América Latina: Razas de Maíz en Cuba, Razas de Maíz en Centro América y Razas de Maíz en Colombia.

En México, sin lugar a duda por la influencia del maestro Efraím Hernández Xolocotzi, profesor del CP y de la Escuela Nacional de Agricultura, se continuaron haciendo recolectas de maíz. Así, tenemos a Hernández y Ortega (1973) quienes hicieron de nuevo la recolecta de Chiapas y sembraron experimentos comparando las recolectas de 1946 y de 1971, encontrando mayor variación en la colección de 1971; a Hernández y Alanís (1970), quienes descubrieron cinco razas en la región Pacífico-Centro y Pacífico-Norte de México; y a Fernández *et al.* (1975/1976) quienes estudiaron la dinámica de la variación en la Sierra de Puebla y encontraron una “activa infiltración recíproca” entre dos pares de razas, lo cual ha generado “recombinación con mayor eficiencia de adaptación a ciertos nichos ecológicos”. Esto, más el constante intercambio de semillas entre los campesinos, hace que la diversidad genética del maíz se incremente cada vez más, pues no sólo aparecen los cruzamientos entre razas sino entre éstas y las variedades mejoradas, o bien se presentan los híbridos acriollados como el Rocamei, de Chiapas, deformación de la palabra Rockamex que antecedía al nombre del híbrido del caso, de los tiempos de la Oficina de Estudios Especiales (OEE) de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, por ejemplo los híbridos Rockamex H-501 y Rockamex H-503.

Hasta los años cincuenta del siglo XX la colección de razas de maíz se enfocó al mejoramiento genético regional, como por ejemplo en el trópico húmedo de México, pero también para ampliar el acervo racial regional y nacional. Así tenemos que la acción de recolectar, clasificar y almacenar crece hasta que en 2005 el Banco de Germoplasma de Especies Nativas de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), el tercer nodo integrante (y fundador) de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad, a cargo del Dr. Jesús Axayácatl Cuevas (Cuevas, 2008)¹ fue designado para conservar a

1951), appeared, which is very complete both because of the number of races (25): ancient indigenous (4), exotic Pre-Columbian (4), pre-historic of mixed race (13), modern incipient (4) and seven races that are not well-defined, and because of the characteristics that were studied: historical origin, name of the race, plant and corn cob morphology, physiological characteristics, distribution and chromosomal knots in the chromosomes. This work is considered the Bible for the corn researcher, be it for improvement as such, or for those who study corn phylogeny. Later, in the fifties and sixties, given the success of this work, similar studies were carried out in other parts of Latin America: Razas de Maíz en Cuba, Razas de Maíz en Centro América and Razas de Maíz en Colombia.

In México, undoubtedly because of the influence of Efraím Hernández Xolocotzi, professor at the CP and the Escuela Nacional de Agricultura, corn collections continued to be made. Thus, we have Hernández and Ortega (1973), who renewed the collection in Chiapas and sowed experiments comparing the collections of 1946 and 1971, finding a greater variation in the collection of 1971; Hernández and Alanís (1970), who discovered five races in the Pacific-Central and Pacific-Northern regions in México; and Fernández *et al.* (1975/1976), who studied the dynamics of variation in the Sierra de Puebla and found an “active reciprocal infiltration” between two pairs of races, which has generated “recombination with a greater efficiency for adaptation in certain ecological niches”. This, plus the constant exchange of seeds between peasants makes the genetic diversity of corn increase more and more, since there are not only crosses between races but also between these and improved varieties, or else there are creolized hybrids such as Rocamei, from Chiapas, a deviation of the word Rockamex that preceded the name of the hybrid in this case, from the times of the Office of Special Studies (OSE) of the Secretaría de Agricultura y Ganadería, for example the hybrids Rockamex H-501 and Rockamex H-503.

Up until the 1950's, collection of corn races was focused on regional genetic improvement, for example in the humid tropics in México, but was also used to widen the racial regional and national heritage. Thus, we have that the actions of collecting, classifying and storing, increased until 2005 when the Germplasm Bank for Indigenous Species in the Universidad Autónoma Chapingo (UACH), the third member (and founding) node of the Global Network of Information on Biodiversity led by Dr. Jesús Axayácatl Cuevas (Cuevas, 2008)¹, was designated as responsible for long term conservation of the germplasm derived from the project Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), under the initiative of

¹Cuevas, J.A. 2008. Comunicación personal.

largo plazo el germplasma derivado del proyecto Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), por iniciativa del Sistema Nacional de Inspección y Calificación de Semillas (SNICS) y efectuada por la Sociedad Mexicana de Fitogenética.

Por su parte, el Dr. José de Jesús Sánchez (Sánchez, 1989), de la Universidad de Guadalajara, publica su tesis doctoral en la que identifica 50 razas, y el Dr. Rafael Ortega Packsa (Ortega, 2003), enlista 42. Que aparezcan nuevas razas parece ser lo que el maestro Hernández señaló antes: por el cruzamiento de razas que comparten áreas afines o por el intercambio de semilla entre los campesinos. También, como lo señala el Dr. Alfredo Carrera², las nuevas razas pueden resultar del cruzamiento entre razas y maíces mejorados.

En el Noroeste, el Dr. Alejandro Ortega y colaboradores (Ortega *et al.*, 2005) hicieron una recolecta de maíces criollos ante la posibilidad de que algunos estuvieran desapareciendo, por ejemplo Chapalote, Blandito de Sonora y Jala. Los estados cubiertos fueron Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco, y se hicieron 134 muestras, la mayor parte de Tabloncillo (cerca de 70%), de 2001 a 2004. Los resultados, en efecto, mostraron que las razas son cultivadas por personas de la tercera edad y que algunas como Dulcillo, Elotes Occidentales, Chapalote y Onaveño apenas si fueron muestreadas en 1 a 3 lugares. Por otra parte, se encontró que, entre otros colores, la raza Tabloncillo Morado no había sido muestreada anteriormente.

En 2006 aparece el Catálogo de Maíces Criollos de Oaxaca, (Aragón *et al.*, 2006); obra hecha en cooperación entre el INIFAP, el CIMMYT y la UACH. Es un estudio detallado de la información en los bancos del germoplasma del INIFAP y del CIMMYT: "En cada institución se recopiló la información de pasaporte, razas, distribución y localización de los materiales". Con esta información (de 1943 a 2005), se identificaron 35 razas, lo que representó 70% del total de las 41 razas de México reportadas por Ortega (2003). Además de este objetivo principal, también se recolectaron muestras de maíz en comunidades poco exploradas en la región del Papaloapan en Oaxaca.

La División de Agronomía del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara emprendió en 2004 una recolección de razas criollas del Centro-Pacífico Noroeste de México, incluyendo los estados de Michoacán, Jalisco y Nayarit (Ron *et al.*, 2006), incluyendo 14 razas, dos generaciones avanzadas de híbridos y un compuesto racial, lo que sumó 105 recolectas con números pequeños (1 a 4) en la mayoría de ellas. Además de las razas ya estudiadas por Wellhausen *et al.* (1951) y

the Sistema Nacional de Inspección y Calificación de Semillas (SNICS) and carried out by the Mexican Phylogenetics Society.

In its turn, Dr. José de Jesús Sánchez (Sánchez, 1989), from the University of Guadalajara, published a doctoral thesis where he identified 50 races, and Dr. Rafael Ortega Packsa (Ortega, 2003) listed 42. The fact that new races appear seems to be what professor Hernández previously pointed out: because of the crossing of races that share similar areas or the exchange of seeds amongst peasants. Also, as is pointed out by Dr. Alfredo Carrera², the new races can be the result of crossing between races and improved corns.

In the Northwest, Dr. Alejandro Ortega and collaborators (Ortega *et al.*, 2005) made a Creole corn collection when faced with the possibility that some of them were disappearing, for example Chapalote, Blandito de Sonora and Jala races. The states covered were Sonora, Sinaloa, Nayarit and Jalisco, and 134 samples were taken, most of them Tabloncillo (nearly 70%), from 2001 to 2004. The results, in fact, showed that the races are cultivated by elderly people and that some, such as Dulcillo, Elotes Occidentales, Chapalote and Onaveño, were barely sampled in 1 to 3 locations. On the other hand, it was found that, among other colors, the race Tabloncillo Morado, had not been sampled before.

In 2006, the Catalogue of Creole Corns of Oaxaca appears (Aragón *et al.*, 2007); this work was carried out in cooperation between INIFAP, CIMMYT and the UACH. It is a detailed study of the information in the INIFAP and CIMMYT germplasm banks: "In each institution, information was gathered on passport, races, distribution and location of the materials". With this information (from 1943 to 2005), 35 races were identified, representing 70% of the total of 41 races in México reported by Ortega (2003). In addition to this primary objective, corn samples were also collected in scarcely explored communities in the Papaloapan region in Oaxaca.

The Agronomy Division at the Biological and Agricultural/Livestock Sciences University Centre of the Guadalajara University began in 2004 a collection of Creole races from the Center-Pacific Northwest in México, including the states of Michoacán, Jalisco and Nayarit (Ron *et al.*, 2006), including 14 races, two advanced hybrid generations and a racial compound, which added up to 105 samples with small numbers (1 to 4) in most of them. In addition to the races already studied by Wellhausen *et al.* (1951) and Sánchez (1989), the following were collected: Ancho, Bofo, Celaya, Dulce, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Mushito, Pepitilla, Reventador, Tabloncillo, Tabloncillo Perla and Tuxpeño. Some

²Carrera, 2008. Comunicación personal.

Sánchez (1989), se recolectaron: Ancho, Bofo, Celaya, Dulce, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Mushito, Pepitilla, Reventador, Tabloncillo, Tabloncillo Perla y Tuxpeño. Entre algunas cosas interesantes: la raza Mushito, con el mayor número de recolectas (46) en Michoacán, posee un gran número de variedades moradas, negras y prietas; asimismo, en la raza Tuxpeño predomina la variedad Tampiqueño, que hasta donde el autor sabe, se produce como semilla en una propiedad cerca de Ébano, S. L. P. Por otra parte, puede apreciarse también que hubo siete recolectas de generaciones avanzadas de híbridos, en las cuales las de amarillos parecen provenir de materiales comerciales de las décadas de los 60 y 70. Este estudio muestra el gran interés que esta institución pública está mostrando en la preservación y rescate de las razas próximas a extinguirse, a lo cual volveremos luego.

Quizá hay más trabajos de recolección, particularmente de investigadores del mejoramiento genético de maíz del INIFAP o de las escuelas y universidades agrícolas, pero es más probable que sean con fines regionales y para sus propósitos. Ramírez, V.H. *et al.* (2005), en Chihuahua, evaluaron 208 muestras en 1998, además de 28 sobresalientes de años anteriores, con los objetivos de recuperar las principales variedades criollas, caracterizarlas, purificarlas y usar las sobresalientes en el mejoramiento genético. Los autores encontraron que, en la Alta Babícora, 37% correspondió a razas locales, siendo los Cristalinos de Chihuahua (25%) la raza principal. En la Baja Babícora la diversidad fue mayor, teniendo el Cónico Norteño el 54%. De dicha evaluación se seleccionaron 49 recolecciones, de las cuales se incrementó su germoplasma en 12 colecciones sobresalientes, las cuales sobrellevaron 2 ciclos de selección recurrente de hermanos completos para la distribución de la semilla resultante para los agricultores. Casos similares son los de Espinosa *et al.* (2005) quienes evaluaron 28 recolectas de la Región Lagunera para caracterizarlas y usarlas en su programa de mejoramiento genético; y de Arias *et al.* (2005) quienes han recolectado y evaluado 182 recolectas de los maíces de la región de Yaxcabá: Nal Tel (5 muestras), Xmején-nal (30 muestras), Dzit-Bacal (30 muestras), Xnuc-Nal (Tuxpeño, 101 muestras), acriollados (16 muestras) y mejorados (10 muestras). En 8 muestras de este conjunto se realizó mejoramiento por retrocruza limitada para esta región.

En cuanto al aprovechamiento del maíz por el hombre, está claro que en nuestro país es fundamentalmente en forma de tortilla, y otros productos como tamales, pinole, elote, tostadas, botanas, etcétera. Sin embargo, en cuanto al aprovechamiento nutritivo de las razas criollas, únicamente contamos con el trabajo del maestro Hernández X. (Hernández, 1972) en el que muestra varias formas de

interesting facts: the Mushito race, with the greatest number of samples (46) in Michoacán, has a large number of purple, black and dark brown varieties; likewise, in the Tuxpeño race, the Tampiqueño variety predominates, which as far as the author knows, is produced as seed in a property near Ébano, San Luis Potosí. On the other hand, it can also be seen that there were seven collections of advanced hybrid generations, in which the yellow sorts seem to come from commercial materials from the 1960's and 1970's. This study shows the great interest that this public institution is showing regarding the conservation and rescue of races that are close to extinction, an issue to which we will return later on.

There may be other collection works, particularly from researchers interested in the genetic improvement of corn from INIFAP or from agricultural schools and universities, but it is most likely that they will be of a regional scope and for their own purposes. Ramírez, V.H. *et al.* (2005), in Chihuahua, evaluated 208 samples in 1998, in addition to 28 outstanding ones from previous years, with the goals of recuperating the main Creole varieties, characterizing, purifying and using those that stood out in genetic improvement. The authors found that, in the Alta Babícora, 37% corresponded to local races, being the Cristalinos de Chihuahua (25%) the primary race. In the Baja Babícora, the diversity was greater, having the Cónico Norteño 54%. From this evaluation, 49 collections were selected, out of which the germplasm was increased in 12 outstanding collections, which underwent 2 cycles of recurring selection for whole siblings in order to distribute the resulting seed to farmers. Similar cases are those of Espinosa *et al.* (2005) who evaluated 28 collections in the Región Lagunera to characterize and use them in their genetic improvement program; and of Arias *et al.* (2005) who have collected and evaluated 182 samples of corns from the Yaxcabá region: Nal Tel (5 samples), Xmején-nal (30 samples), Dzit-Bacal (30 samples), Xnuc-Nal (Tuxpeño, 101 samples), creolized (16 samples) and improved (10 samples). In 8 samples of this group, improvement through limited retro-crossing was carried out for this region.

In regards to the use of corn by man, it is clear that in our country it is fundamentally in the form of tortillas, and other products such as tamales, pinole, corncob, tostadas, snacks, etc. However, in terms of the nutritional use of Creole races, we only have the work of professor Hernández X. (Hernández, 1972) where he shows several forms of use for specific corn races in México and several Latin American countries, grouping races by their nutritious use as follows: sweet, for corncobs, starchy white, starchy red, for totopos (Zapalote Chico), for popcorn or popping, and colored

aprovechamiento de razas específicas de maíz en México y en varios países de América Latina, agrupando a las razas por su aprovechamiento alimenticio como sigue: dulces, eloterías, harinosas blancas, harinosas coloreadas, totoperos (Zapalote Chico), palomeros o reventadores y coloreados (azules, principalmente). Hernández sostiene que estas razas han sido formadas por domesticación, principalmente por parte de la mujer en sus labores culinarias, y que el aprovechamiento de los maíces blancos es principalmente para tortillas. En este apartado tenemos pendiente el valor nutritivo de las variedades de polinización libre (VPL) mejoradas. Vázquez *et al.* (2003) analizaron parámetros de calidad de grano y tortillas de 45 razas retrocruzadas (2 repetidas 2 veces; 1 repetida 3 veces) del Centro Nacional de Rescate y Mejoramiento de Maíces Criollos (CENREMMAC) con sus respectivas versiones originales; encontrando que en porcentaje de proteína 22 razas originales fueron superiores a sus contrapartes retrocruzadas, 7 fueron iguales entre sí y 11 retrocruzadas fueron superiores a sus versiones originales; destacando entre las razas 3/4 de alto contenido de proteína Pepitilla por su rendimiento y Chapalote que sin embargo tuvo el rendimiento más bajo. En cuanto al porcentaje de aceite, 14 originales fueron superiores a sus contrapartes retrocruzadas 3/4, 11 fueron iguales entre sí y 22 retrocruzadas 3/4 fueron superiores a sus versiones originales, destacando entre éstas Onaveño y Dulcillo con rendimientos aproximados al promedio. Por su parte, Ortega *et al.* (2005), en la recolecta de maíces criollos del noroeste mencionada anteriormente, encontraron un contenido de proteína que varió de 7.7 a 11.8 % y de aceite de 1.5 a 5.0%, cuyos valores altos extremos pueden ser usados como donantes para los maíces normales. Hay dos razas excepcionales en cuanto a la calidad tortillera de las razas: la Pepitilla y la Bolita, además de la raza Ancho por su calidad pozolera.

Mejoramiento por selección recurrente

Podemos dividir el mejoramiento de variedades criollas en las instituciones de investigación en dos formas: el aprovechamiento directo (también llamado Introducción) y el mejoramiento genético. Las características y cualidades generales de las variedades mejoradas de polinización libre que se presentan en este artículo se basan en los respectivos 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".

La introducción fue utilizada principalmente por el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), escogiendo de un conjunto de variedades criollas a algunas sobresalientes en las cuales se llevaba algún tipo de selección (generalmente visual); así tenemos, entre las que conocemos:

(primarily blue). Hernández states that these races have been formed through domestication, mainly by women in their cooking tasks, and that the use of white corns is primarily for tortillas. In this regard we have pending the nutritious value of improved free pollination varieties (VPL). Vázquez *et al.* (2003) analyzed parameters of grain quality and tortillas for 45 retro-crossed races (2 repeated twice; 1 repeated 3 times) from the Centro Nacional de Rescate y Mejoramiento de Maíces Criollos (CENREMMAC) with their corresponding original versions; they found that in percentage of protein, 22 original races were superior to their retro-crossed counterparts, 7 were equal between them and 11 retro-crossed were superior to their original versions; among the 3/4 races of high protein content, Pepitilla stands out because of its yield and Chapalote which, however, had the lowest yield. In terms of the percentage of oil, 14 originals were superior to their retro-crossed 3/4 counterparts, 11 were equal between each other and 22 3/4 retro-crossed were superior to their original versions, standing out among these Onaveño and Dulcillo with yields near the average. In their part, Ortega *et al.* (2005), in the collection of Creole corns from the Northwest mentioned above, found a protein content that varied from 7.7 to 11.8% and an oil content of 1.5 to 5.0%, the extreme values of which could be used as donors for normal corns. There are two exceptional races in terms of quality for tortillas: Pepitilla and Bolita, in addition to the Ancho race for its quality for pozole.

Improvement through recurring selection

We can divide the improvement of Creole varieties in research institutions in two ways: direct use (also called Introduction) and genetic improvement. The general characteristics and qualities of the free pollination improved varieties presented in this article are based on the corresponding brochures that have been published, on personal communications from people who obtained them and, where there has not been any response to our petition, on the "List of varieties freed by the INIFAP from 1980 to 2002".

The introduction was used mainly by the Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA), choosing from a set of Creole varieties some outstanding ones where there was some kind of selection (generally visual); thus, we have among those we know of: races Llera, Llera II and Llera III, from the race Tuxpeño, Cafime from the race Bolita, and Leca, probably from the race Celaya (all of them from the IIA). At the INIA-INIFAP, although there were some freed varieties as such (Huamantla, Tlaxcala and Cuapixtla), most of them were improved by recurring selection

las razas Llera y Lera II y Llera III, de la raza Tuxpeño, Cafime de la raza Bolita y Leca probablemente de la raza Celaya (todas ellas del IIA). En el INIA-INIFAP si bien hubo algunas variedades liberadas como tales (Huamantla, Tlaxcala, Cuapiaxtla), la mayor parte fueron mejoradas por selección recurrente (generalmente selección masal o la selección combinada de medios hermanos), de esta forma tenemos:

Centro de Investigación Regional (CIR) Golfo Centro. Ha producido las variedades de polinización libre (V, también abreviadas en este escrito como VPL): V-520 y V-520C (Captain), ambas de la raza Tuxpeño, de la OEE. En las razas mejoradas se tiene la V-520, resultado de la selección masal de V-520C (el autor participó en los dos primeros ciclos de selección de esta variedad), liberada por el Campo Cotaxtla, Veracruz, del INIFAP, y una serie de variedades 500's: V-526 Tuxpeño Tardío, V-527 Uxmal y V-528 Peninsular, entre otras.

Del CIR Pacífico Sur, del campo experimental de Iguala, Guerrero, bajo la dirección del Dr. Noel Gómez (Gómez *et al.*, 2006; Gómez, 2008)³, se tienen variedades y sintéticos (VS): VS-521 formada con germoplasma de Llera III; VS-529 de germoplasma de Tuxpeño; V-531 derivada de la población La Posta de germoplasma de Tuxpeño; VS-535 con mazorca mayor de 20 cm, elotera; VS-558 con grano de alto peso específico y buena calidad para la industria de harina nixtamalizada; V-559, de altura de 2.6 a 2.7 m de grano blanco dentado cristalino para tortilla; variedad para la Montaña de Guerrero V-235, complejo interracial subtropical de Tuxpeño, Celaya, Cónico y Pepitilla con selección hacia el grano de pepitilla original (Pepitilla es considerada por los maiceros mexicanos como la raza de mejor calidad tortillera, aunque es de rendimiento relativamente bajo). El MC Alberto Trujillo Campos, del CE de Zacatepec, Mor., ha generado la variedad "Costeño Mejorado" (Trujillo, 2008)⁴.

CIR Noreste, CE Río Bravo. En este campo experimental, en esta importante área maicera, se están produciendo tanto VPL como híbridos. En cuanto a las primeras son para altitudes entre cero a 1000 m, del norte y centro de los estados de Nuevo León y Tamaulipas, en donde se siembran 70 000 ha en el ciclo primavera-verano, nos informa Reyes (1992). Por tanto, el objetivo del mejoramiento es hacia variedades precoces que enfrenten la diversidad de ambientes adversos: enfermedades, vientos y sequía, teniéndose así al sintético VS-409 o Compuesto Precoz. Similarmente, para el centro y norte

(generalmente bulk selection or combined selection of half siblings); this way we have:

Centro de Investigación Regional (CIR). It has produced free pollination varieties (V, also abbreviated in this article as VPL): V-520 and V-520C (Captain), both from the race Tuxpeño, from the OEE. As for improved races, there is V-520, resulting from the bulk selection of V-520C (the author participated in the first two cycles of selection for this variety), freed by the INIFAP Cotaxtla Campus, Veracruz, and a series of 500's varieties: V-526 Late Tuxpeño, V-527 Uxmal and V-528 Peninsular, among others.

From the CIR Pacífico Sur, in the Iguala, Guerrero, experimental field, under the direction of Dr. Noel Gómez (Gómez *et al.*, 2006; Gómez, 2008)³, there are varieties and synthetics (VS): VS-521 formed with germplasm from Llera III; VS-529 with germplasm from Tuxpeño; V-531 derived from the population La Posta with Tuxpeño germplasm; VS-535 with a corncob longer than 20 cm, for corncobs; VS-558 with grains of high specific weight and good quality for the nixtamal flour industry; V-559, of 2.6 to 2.7 height, with white dentate grains for tortilla; a variety for the Guerrero Mountains, V-235, interracial subtropical complex from Tuxpeño, Celaya, Cónico and Pepitilla with selection towards the Pepitilla original (Pepitilla is considered by the Mexican corn producers as the race with best tortilla quality, although it has relatively low yield). The MSc. Alberto Trujillo Campos, from the CE at Zacatepec, Morelos, has generated the "Costeño Mejorado" variety (Trujillo, 2008)⁴.

Northeast CIR, CE Río Bravo. At this experimental field, in this important corn area, both VPLs and hybrids are being produced. With regards to the first, they are for altitudes between zero and 1000 m, from the North and Center of the states of Nuevo León and Tamaulipas, where 70 000 ha are sown during the Spring-Summer cycle, as we are informed by Reyes (1992). Therefore, the objective of improvement is for precocious varieties that face the diversity of adverse environments: diseases, winds and drought, having thus the VS-409 synthetic or Precocious Compound. Similarly, for the center and north of Tamaulipas, where 50 000 ha of corn are sown, VS-440 has been obtained, with 76% of rain; this synthetic is of small size and is resistant to lodging and downy mildew, is superior to VPL Llera III in 14.5% and to V-401 (one of the most ancient VPL in the Northeast) in 11.5% (Reyes, 1993).

Castro and Aragón (2008), from INIFAP, reported for Oaxaca, Central Valleys: V-233, VCC-152, VC-40, VC-42, VC-134; Coast: Veracruzano, Amarillo, Costa,

³Gómez, 2008. Comunicación personal.

⁴Trujillo, 2008. Comunicación personal.

de Tamaulipas, donde se siembra 50 000 ha de maíz se ha obtenido el VS-440, con 76% de temporal; este sintético es de porte bajo y resistente al acame y al mildiu veloso, es superior a la VPL Llera III en 14.5% y al V-401 (una de las más antiguas VPL del noreste) en 11.5% (Reyes, 1993).

Castro y Aragón (2008), del INIFAP, reportan para Oaxaca, Valles Centrales: V-233, VCC-152, VC-40, VC-42, VC-134; Costa: Veracruzano, Amarillo. Costa, Tlapanalquiahuitl, Zapalote Duro, Conejo Olotillo; Istmo: Zapalote Morado, Zapalote 1, Zapalote 2; Mixteca Baja: VC-152 y Mixteca Alta: Mixteco 1 y Mixteco 2. En estas dos instituciones, para las regiones Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Mazateca, Cuicateca y Mixe, se están validando los criollos y las variedades sobresalientes; del Centro Regional Universitario del Sur de la UACH: Valles Centrales: San José-CMO1, Sila, Tezoateco, Pozolero, CM-19, Costa: Amarillo 1 y Olotillo Comiteco, Istmo: Zapalote CP1 y Zapalote CP2, Mixteca Baja: San José CM01 y Mixteca Alta: San José-UACH y San Josecito.

Del CP, el doctor J. Molina Galán obtuvo la variedad Zac 58 SM, con 11 ciclos de selección masal con un incremento de 32.5% sobre la variedad original, lo que significó un rendimiento de alrededor de 2.5 t ha⁻¹ bajo temporal en Chapingo, teniendo dicha variedad un incremento en la floración de sólo 3 días bajo temporal. Molina también adaptó la variedad de maíz tropical Tuxpeño Crema adaptada por selección masal en la mesa central (De Jesús *et al.*, 1990), con rendimientos comparables a los híbridos H-129 y H-131.

Moreno *et al.* (2000), mejoraron maíces de la raza Chalco en la región Chalco-Ameca, mediante cuatro ciclos de selección masal. Como promedio de las seis poblaciones en cuatro localidades, el rendimiento se incrementó 14.2% (3.6 por ciclo de selección), rindiendo el grupo de poblaciones criollas originales 2 812.6 kg ha⁻¹.

En Chiapas, Coutiño *et al.*, (2000), mejoraron la raza Comiteco por el método de selección combinada de medios hermanos maternos durante tres años. Las poblaciones base fueron compuestas de los nueve mejores maíces amarillos que formaron el Comiteco Amarillo y los diez mejores blancos que formaron el Comiteco Blanco. Los resultados: la Variedad Teopisca A rindió en promedio de siete evaluaciones 27% más que los criollos locales, y la Comiteca B superó a los criollos locales en 14%; estas variedades fueron denominadas V-231A y V-229.

En la UACH, el doctor Moisés Mendoza Rodríguez (Mendoza, 2008)⁵ ha obtenido los maíces mejorados San Bernardino, San Marcos (amarillo), San Miguelito (azul) y el sintético VS-Chapingo.

El criollo Amarillo Zamorano, de la región de Los Altos, Jalisco, fue mejorado durante cuatro ciclos de selección masal por Humberto Ramírez y colaboradores

Tlapanalquiahuitl, Zapalote Duro, Conejo Olotillo; Istmus: Zapalote Morado, Zapalote 1, Zapalote 2; Low Mixteca: VC-152; and High Mixteca: Mixteco 1 and Mixteco 2. In these two institutions, for the Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Mazateca, Cuicateca and Mixe regions, Creole and outstanding varieties are being validated; at the South Regional University Center from the UACH: Central Valleys: San José-CMO1, Sila, Tezoateco, Pozolero, CM-19; Coast: Amarillo 1 and Olotillo Comiteco; Istmus: Zapalote CP1 and Zapalote CP2; Low Mixteca: San José CM01; and High Mixteca: San José-UACH and San Josecito.

Dr. J. Molina Galán, at the CP, obtained the Zac 58 SM variety, with 11 cycles of mass selection, with an increase of 32.5% over the original variety, which meant a yield of around 2.5 t ha⁻¹ under Chapingo rainfed farming, with this variety having an increase in flowering of only 3 days under rain. Molina also adapted the variety of tropical Tuxpeño Crema corn through mass selection in the Central Plateau (De Jesús *et al.*, 1990), with yields comparable to hybrids H-129 and H-131.

Moreno *et al.* (2000) improved corns from the Chalco race in the Chalco-Ameca region, through four cycles of mass selection. In average from the six populations in four locations, the yield increased 14.3% (3.6 per selection cycle), having the original Creole populations a yield of 2 812.6 kg ha⁻¹.

In Chiapas, Coutiño *et al.* (2000) improved the Comiteco race through the method of combined selection of half maternal siblings during three years. The base populations were made up of the nine best yellow corns that formed the Comiteco Amarillo and the ten best white corns that formed the Comiteco Blanco. The results were: the Teopisca A variety had an average yield in seven evaluations of 27% more than the local Creole, and the Comiteca B outperformed the local Creole in 14%; these varieties were called V-231A and V-229.

At the UACH, Dr. Moisés Mendoza Rodríguez (Mendoza, 2008)⁵ has obtained the improved corns San Bernardino, San Marcos (yellow), San Miguelito (blue) and the synthetic VS-Chapingo.

The Amarillo Zamorano Creole, from the region of Los Altos, Jalisco, was improved over four cycles of mass selection by Humberto Ramírez and collaborators (Ramírez, V.S. *et al.*, 2005), with improvement fluctuating from 2 to 7% in three locations evaluated, with an increase in the height of the plant of up to 50 cm. Later, using limited retro-crossing, in an evaluation, the yield increased up to 33% and lodging of the stem was reduced from 15 to 3%.

⁵Mendoza R., M. 2008. Comunicación personal.

(Ramírez, V.S. *et al.*, 2005), oscilando el mejoramiento entre 2 y 7% en tres localidades de evaluación, incrementándose la altura de planta hasta 50 cm. Posteriormente, usando la retrocruza limitada, en una evaluación el rendimiento aumentó hasta 33% y se redujo el acame de tallo de 15 a 3%.

Posteriormente veremos la baja aceptación actual de las variedades mejoradas, analizando la causa principal de su aprovechamiento limitado.

Mejoramiento por retrocruza limitada

Es común observar, en las ferias agrícolas, exposiciones y talleres de las sociedades científicas, muestras de maíces criollos regionales de todos tipos. Se exhiben con orgullo, como resultado patrimonial de los indígenas o campesinos que las han obtenido en varios siglos de selección. Sin embargo el autor, desde finales de los años setenta se preguntaba ¿por qué tales razas no eran sometidas a mejoramiento?; si contamos con 50 razas (Sánchez, 1989), ¿por qué, entonces, sólo se trabajaba con cuatro: Chalqueño para la mesa central, Cónico para la misma área con problemas de temporal, Celaya para la región de El Bajío y Tuxpeño para la costa del Golfo? Pensaba yo, en aquellos años, que el mejoramiento de las variedades criollas seguiría alguno, o algunos, de los métodos tradicionales: selección masal, selección familiar de medios hermanos, seguida ésta por la selección familiar de hermanos completos o de líneas de una sola autofecundación (S_1), y esto, quizá, continuado por la selección recurrente recíproca y después por la hibridación, tal y como lo describía el grupo de S. A. Eberhart. Darrah *et al.* (1972), en su trabajo clásico sobre “a comprehensive breeding method” para el mejoramiento del maíz. Pero el mejoramiento de las variedades criollas no sólo era limitado, sino limitadísimo en cuanto al uso de germoplasma nativo (consideremos 50 razas, y en cada una cientos de variedades criollas; se tendría al menos 5 000 variedades). Pero no obstante ser imposible, o prácticamente imposible mejorar todas las variedades, si sería posible hacer el mejoramiento en las sobresalientes. Pensemos sólo en 50. Adelante veremos que realmente no era necesario que las variedades por mejorar fueran las sobresalientes.

En 1985, las autoridades del Ministerio de Agricultura y Reforma Agraria (MIDINRA) de Nicaragua me plantearon el problema de mejorar una variedad blanca del CIMMYT en su cobertura de mazorca: trabajaba yo entonces en el Instituto de Investigaciones y Cooperación para la Agricultura en ese país. Le pregunté a mi contraparte, Roger Urbina, si conocía alguna variedad que tuviera buena cobertura y me contestó que sí, pero que se cultivaba en una región alta en relación a la costa del país en donde se sembraría el maíz del

We will later explore the low current acceptance of improved varieties, analyzing the primary cause for their limited use.

Improvement through limited retro-crossing

It is common to observe, in agricultural fairs, exhibitions and workshops by scientific societies, samples of regional Creole corns of all kinds. They are exhibited with pride, as a patrimonial result of indigenous people or peasants who have obtained them after many centuries of selection. Nevertheless, the author, since the end of the seventies, would ask himself, why were these races not subjects of improvement?; if there are 50 races (Sánchez, 1989), why, then, is there only work with four of them: Chalqueño for the Central Plateau, Cónico for the same region with dry-farming problems, Celaya for the El Bajío region and Tuxpeño for the Gulf Coast? I used to think, in those years, that improvement of the Creole varieties would follow some of the traditional methods: mass selection, family selection of half siblings, followed by family selection of full siblings or lines of a single self-fertilization (S_1), and this, perhaps, followed by the recurrent reciprocal selection and later by hybridation, just as was described by the S.A. Eberhart group. Darrah *et al.* (1972) in their classic work on “a comprehensive breeding method” for corn improvement. But improvement of Creole varieties was not only limited, but extremely limited in terms of the use of indigenous germplasm (let us consider 50 races and in each of them hundreds of Creole varieties; there would be at least 5 000 varieties). But although it is impossible, or practically impossible to improve all varieties, it would be possible to improve the outstanding ones. Let us think of only 50. Later we will see that it was really not necessary for the varieties to be improved to be the outstanding ones.

In 1985, the authorities of the Ministerio de Agricultura y Reforma Agraria (MIDINRA) in Nicaragua exposed to me the problem of improving a white variety from CIMMYT in its corncob cover: I used to work then in the Instituto de Investigaciones y Cooperación para la Agricultura in that country. I asked my partner, Roger Urbina, if he knew of any variety that had good coverage and he said yes, but that it was cultivated in a high region as compared with the coast of the country where the CIMMYT corn would be sown. We crossed that variety with the Creole one, of name Jalapa, with tall size, but with excellent coverage, obtaining a rather maladjusted first generation; but with the first retro-cross towards the CIMMYT corn, it recovered rather well. In the second retro-cross, however, the white corn did not only recuperate better but it started to

CIMMYT. Cruzamos esta variedad con la criolla, cuyo nombre era Jalapa, de talla alta, pero con excelente cobertura, obteniendo una primera generación bastante inadaptada; pero con la primera retrocruza hacia el maíz del CIMMYT, ésta se recuperó bastante. En la segunda retrocruza, sin embargo, no sólo se recuperó más el maíz blanco sino que comenzó a mostrar heterosis tanto en su aspecto de planta (que apenas era menor que el maíz blanco original en unos diez centímetros) como en el tamaño de la mazorca, además de que ésta ya exhibía el carácter de buena cobertura que estábamos interesados en incorporar. En este punto decidimos suspender la retrocruza y hacer sólo alguna selección visual y polinización entre las plantas sobresalientes. A la heterosis que permanecía en el maíz blanco la llamé “heterosis residual”: el vigor híbrido que va quedando conforme se avanza en el retrocruzamiento, y que teóricamente desaparece a largo plazo.

En 1987 ingresé al INIFAP y, ya con la idea de mejorar las variedades criollas, decidí hacer lo contrario de lo que hicimos en Nicaragua; es decir, cruzar el criollo (C) con un maíz mejorado (M) de adaptación similar, avanzar la primera generación a la segunda para tener más diversidad y, en ésta, comenzar a seleccionar plantas deseables que tuvieran la mazorca del C, menor altura de planta y enseguida hacer la primera retrocruza hacia el C mediante polinización manual. En la primera retrocruza (RC_1-F_1) encontramos un mayor número de plantas del tipo deseado, unas 10 en una parcela de 400, las cuales interpolinizamos, resultando la siguiente generación (RC_1-F_2) con prácticamente todas las plantas del tipo deseado. Como en esta generación la población tiene tres cuartas partes del criollo y una cuarta parte del mejorado: $3/4 C + 1/4 M$, la llamamos Variedad Retrocruzada $3/4$, o simplemente Variedad $3/4$; por ejemplos Comiteco $3/4$, Celaya $3/4$, etcétera. Estos hallazgos los publicamos, ya trabajando yo desde 2001 en la UACH, en el folleto *Retrocruza limitada*, para el mejoramiento genético de maíces criollos, (Márquez *et al.*, 2000). Como consecuencia empezamos a mejorar por el método de retrocruza limitada a las 50 razas de maíz, aunque en el camino se perdieron algunas, principalmente las de los valles altos de México quedándonos finalmente con 34 variedades $3/4$, más las ocho del programa de valles altos y 15 criollos de otros orígenes, que han estado en demostraciones de campo, y que han tenido varios usos según reseñaremos.

Los primeros indicios sobre la superioridad de las 50 variedades $3/4$ sobre sus contrapartes originales, fue la comparación que se hizo entre las 10 mejores mazorcas de cada grupo; el resultado fue de 1.80 kg de la variedad original contra 2.26 kg de la variedad $3/4$; una superioridad de las segundas sobre las primeras de 25.6%. (Márquez *et al.*, 2000), y conviene aclarar que ninguna

show heterosis both in the aspect of the plant (which was barely shorter than the original white corn some ten centimeters) and in the size of the corncob, in addition to it exhibiting the character of good coverage that we were interested in incorporating. At that point we decided to suspend the retro-cross and perform only some visual selection and pollination between outstanding plants. I named “residual heterosis” the heterosis that remained in the white corn: the hybrid vigor that remains as the retro-crossing advances, and which theoretically disappears in the long run.

In 1987, I joined INIFAP and, already with the idea of improving Creole varieties, I decided to do the contrary to what we had done in Nicaragua; that is, crossing the Creole (C) with an improved corn (M) of similar adaptation, advancing the first generation to the second in order to have more diversity and, in that one, starting to select desirable plants that had the C corncob, less plant height, and immediately carry out the first retro-cross towards C through manual pollination. In the first retro-cross (RC_1-F_1), we found a greater number of plants of the type desired, some 10 in a parcel of 400, which we used for inter-pollination resulting in the next generation (RC_1-F_2) with practically all the plants of the desired type. Since in this generation the population has three fourths of the Creole and one part of the improved corn: $3/4 C + 1/4 M$, we called it $3/4$ Retro-crossed Variety or simply $3/4$ Variety; for example, $3/4$ Comiteco, $3/4$ Celaya, etc. We published these findings, with me already working at the UACH since 2001, in the brochure *Limited Retro-cross for Genetic Improvement of Creole Corns* (Márquez *et al.*, 2000). As consequence, we started to improve the 50 corn races through the limited retro-cross method, although along the way we lost some of them, especially those from the High Valleys of México, finally ending up with 34 $3/4$ varieties, plus the eight of the High Valleys program and 15 Creole of different origins, which have been present in field demonstrations and have had several uses as we will show.

The first indications about the superiority of the 50 $3/4$ varieties over their original counterparts was the comparison that was made between the 10 best corncobs in each group; the result was 1.80 kg of the original variety against 2.26 kg of the $3/4$ variety; a superiority of the latter over the first of 25.6% (Márquez *et al.*, 2000), and it is convenient to clarify that none of the Creole varieties used before their improvement were selected as outstanding; they were simply samples sent by CIMMYT or INIFAP.

In addition, ten $3/4$ varieties from various regions in the country, all with acceptable yields: Tepecintle, Tehua, Tuxpeño, Olotillo, Olotón, Tabloncillo,

de las variedades criollas usadas antes de su mejoramiento fueron seleccionadas como sobresalientes; simplemente fueron colectas enviadas por el CIMMYT o por el INIFAP.

Además, diez variedades 3/4 de diferentes regiones del país, todas con rendimientos aceptables: Tepecintle, Tehua, Tuxpeño, Olotillo, Olotón, Tabloncillo, Comiteco, Pepitilla, Ancho, Harinoso de 8, se compararon en un ensayo en La Barca, Jalisco y en el Campo Cotaxtla, Veracruz (Márquez *et al.* 2000) con el propósito de ver si la categorización de la variación en el lugar de selección, Jalisco, se mantenía en un lugar fuera de éste ambiente, Cotaxtla. El resultado fue positivo, lo que indica que un programa de mejoramiento puede hacerse en un lugar con cierta certeza de que sus resultados pueden aplicarse a otros lugares. Con esto en mente, las mismas 10 variedades han estado sujetas en 2006 y 2007 a evaluación en los siguientes lugares del centro de México y Pacífico-Sur: Guadalajara, Michoacán y Oaxaca (UACH), y Guerrero, Morelos y Chiapas (INIFAP). Los resultados indican que aunque en algunos sitios las variedades 3/4 fueron superadas por criollos locales o híbridos, tuvieron rendimientos poco inferiores a las mejores poblaciones (información no publicada).

Otro resultado interesante fue el del experimento realizado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en 2003; los resultados indicaron que la adaptabilidad de las variedades 3/4 fue tan amplia que hasta las provenientes de lugares tan lejanos como Nayarit (raza Tabloncillo), Oaxaca (raza Olotillo) y Jalisco (raza Amarillo Zamorano) ocuparon los primeros lugares en rendimiento en Saltillo, con rendimientos promedio aproximados de 3.5 t ha⁻¹, mientras que dos testigos rindieron en promedio 2.3 t ha⁻¹ (datos no publicados).

Posteriormente el doctor Erasmo Barrera Gutiérrez (Barrera *et al.*, 2005), investigador del CENREMMAC, con las diez variedades 3/4 mencionadas atrás, hizo su tesis doctoral sobre la aptitud combinatoria de las razas en tres ambientes: El Grullo, Jalisco, Tepalcingo, Morelos e Iguala, Guerrero, incluyendo como testigos a tres híbridos comerciales y uno del INIFAP. Los resultados indicaron que la menor altura de planta fue similar a la de los testigos, pero como entre los donadores había tres de origen genético similar, las diferencias entre el rendimiento promedio de las mejores cuatro cruza implicó que éstas rindieran 12.6% menos que el promedio de los cuatro testigos. Sin embargo, las cruza son entre poblaciones no endogámicas, de manera que si fuesen cruzamientos entre líneas autofecundadas, se esperaría un rendimiento por lo menos similar al de los testigos. Como veremos adelante, el programa de Hibridación, a cargo del doctor Barrera, es ahora prioritario del CENREMMAC.

Comiteco, Pepitilla, Ancho, Harinoso de 8, were compared in an assay in La Barca, Jalisco and in the Cotaxtla, Veracruz, field (Márquez *et al.*, 2000) with the purpose of exploring whether the categories of variation in the place of selection, Jalisco, would prevail in a location outside this environment, Cotaxtla. The result was positive, which indicates that an improvement program can be carried out in one location with a certain degree of certainty that its results can be applied to other places. With this in mind, the same 10 varieties have been subject in 2006 and 2007 to evaluation in the following locations in the Central and Pacific-South region of México: Guadalajara, Michoacán and Oaxaca (UACH), and Guerrero, Morelos and Chiapas (INIFAP). The results indicate that although in some places the 3/4 varieties were outperformed by local Creole or hybrids, they had yields that were barely inferior to the best populations (unpublished information).

Another interesting result was the one obtained from the experiment carried out in the experimental field of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, in 2003; the results indicated that the adaptability of 3/4 varieties was so broad that even those that came from places as far as Nayarit (Tabloncillo race), Oaxaca (Olotillo race) and Jalisco (Amarillo Zamorano race) occupied the first places in yield in Saltillo, with approximate average yields of 3.5 t ha⁻¹, while two controls yielded in average 2.3 t ha⁻¹ (unpublished data).

Later, Dr. Erasmo Barrera Gutiérrez (Barrera *et al.*, 2005), researcher at the CENREMMAC, carried out his doctoral thesis with the ten 3/4 varieties mentioned above, regarding the combining aptitude of the races in three environments: El Grullo, Jalisco; Tepalcingo, Morelos; and Iguala, Guerrero, including as witnesses three commercial hybrids and one from INIFAP. The results indicated that the lesser height of the plant was similar to that of the controls, but since among the donors there were three of similar genetic origin, the differences between the average yield of the best four crosses implied that these yielded 12.6% less than the average of the four witnesses. However, the crosses are between non-endogamic populations, so that if these were crosses between self-fertilized lines, we would expect a yield that was at least similar to that of the witnesses. As we will see later on, the hybridization program in charge of Dr. Barrera is now a priority at the CENREMMAC.

One of the researchers that has adopted the limited retro-crossing method is J. Alfredo Carrera Valtierra (Carrera, 2008)⁶, who after achieving his PhD, as member of the CENREMMAC, was incorporated into the Center-East Regional University Center of the UACH, in Morelia, Michoacán.

Uno de los investigadores que han adoptado el método de retrocruza limitada es J. Alfredo Carrera Valtierra (Carrera, 2008)⁶, quien después que hizo el doctorado, siendo miembro del CENREMMAC, se incorporó al Centro Regional Universitario Centro Oriente de la UACH en Morelia, Michoacán.

Otra investigadora, la maestra en ciencias Cristina Arroyo (Arroyo, 2000), inició un programa de retrocruzamiento usando líneas como progenitores donantes (en el caso de los trabajos de Márquez *et al.* (2000), y de Carrera (2008)⁶, generalmente los donantes fueron híbridos comerciales o la segunda generación de éstos). El objetivo era mejorar los maíces de la Meseta Purépecha, en donde no ha habido híbridos adaptados. La Variedad 1 superó en 100% al criollo del agricultor, en tanto que la variedad 2 superó al criollo en 33%, además de tener 35 y 27 cm de altura menos que los criollos respectivos. El autor de este artículo tuvo la oportunidad de asistir a una demostración en donde se mostraban las dos variedades 3/4, las cuales eran realmente superiores a las variedades criollas vecinas. Desafortunadamente esas variedades no han sido distribuidas a los campesinos.

Trujillo y Gómez (2005) reportan el mejoramiento del maíz Ancho-Pozolero del estado de Morelos. El criollo se cruzó con una línea y con un híbrido como progenitores donantes, resultando de mayor rendimiento la primera cruza; y, aunque hubo un descenso en su F₂, el rendimiento de ésta fue superior al de la retrocruza 3/4, con rendimientos porcentuales sobre el criollo (5.045 t ha⁻¹) de 164.7 y 135.6%, respectivamente, manteniéndose en ambos la calidad pozolera.

El mejoramiento de la raza Jala es uno de los más difíciles que el autor y sus colaboradores han experimentado. Ésto por su gran altura de planta (3.5 m) que está correlacionada con su gran tamaño de mazorca (cerca de 30 cm), de manera que reducir la altura y subir el rendimiento es una tarea contradictoria. En esta raza, Vidal *et al.* (2005) usaron seis progenitores donantes que fueron variedades similares al Jala de esta región. En los resultados del método de retrocruza limitada, usando como donantes a otros tipos de Jala, en peso de grano sólo una retrocruza se acercó 16.5% a la variedad Jala de polinización libre, mientras que en el resto la heterosis residual fue negativa. Sin embargo, las alturas de planta y de mazorca fueron reducidas en promedio 30 y 40 cm.

La mejora de los maíces criollos ha tomado impulso desde la década de los noventa y en lo que va

Another researcher, MSc. Cristina Arroyo (Arroyo, 2000) started a retro-crossing program using lines as donor parents (in the case of the studies by Márquez *et al.*, 2000, and Carrera, 2008, the donors were generally commercial hybrids or second generation of these). The objective was to improve the corns in the Purépecha Plateau, where there haven't been any adapted hybrids. The Variety 1 outperformed in 100% the farmer's Creole, while the Variety 2 outdid the Creole in 33%, in addition to having 35 and 27 cm less height than the corresponding Creole. The author of this article had the chance of attending a demonstration where the two ¾ varieties were shown, which were truly superior to the neighboring Creole varieties. Unfortunately, these varieties have not been distributed to farmers.

Trujillo and Gómez (2005) reported the improvement of Ancho-Pozolero corn in the State of Morelos. The Creole was crossed with a line and a hybrid as donor parents, resulting the first cross in greater yield; and, although there was a decrease in its F₂, the yield was higher than the retro-cross ¾, with percentage yields over the Creole (5.045 t ha⁻¹) of 164.7 and 135.6%, respectively, both keeping the quality for pozole.

The improvement of the Jala race is one of the most difficult that the author and his collaborators have experimented. This is because of the great height of the plant (3.5 m) which is related to its large corncob size (nearly 30 cm), so that reducing the height and increasing the yield is a contradictory task. In this race, Vidal *et al.* (2005) used six donating parents that were varieties similar to the Jala from this region. In the results through the limited retro-crossing method, using as donors other types of Jala, only one retro-cross came near the free pollination Jala race by 16.5% in grain weight, while in the rest of the characteristics the residual heterosis was negative. However, the heights of the plant and corncobs were reduced in average by 30 and 40 cm, respectively.

The improvement of Creole corns has gathered momentum since the decade of the nineties and the years of the current century. Improvement can be through limited retro-crossing or not, but the interesting thing is to see the enthusiasm that geneticists have in collecting, using, improving and distributing Creole cultivars. Regarding commercialization, we will explore the point next.

Commercialization of improved creole varieties

The Productora Nacional de Semillas (PRONASE) was a public organization in charge of commercializing Creole varieties improved by the INIFAP, up until its disappearance in August, 2007. Currently, since it is not convenient to their economic interests, private

⁶Carrera V., J.A. 2008. Comunicación personal

del actual siglo. El mejoramiento puede ser por medio de la retrocruza limitada o no, pero lo interesante es ver el entusiasmo que los genetistas tienen en la recolecta, uso, mejoramiento y distribución de los criollos. En cuanto a su comercialización, es el punto que abordaremos en lo que sigue.

Comercialización de las variedades criollas mejoradas

La Productora Nacional de Semillas (PRONASE) era un organismo público que se encargó de la comercialización de las variedades criollas mejoradas del INIFAP, hasta su desaparición en agosto de 2007. En la actualidad, dado que no conviene a sus intereses económicos, las compañías privadas no venden semilla de variedades criollas. Sin embargo, en las regiones de nuestro país en donde priva la agricultura campesina es probable que la venta de variedades criollas mejoradas se pueda constituir como un tipo de empresa pequeña que proporcione incentivos a sus propietarios. Así, tenemos conocimiento que en Oaxaca, como resultado de la actividad de los investigadores del Centro Universitario del Sur de la UACH, Humberto Castro de la UACH, y Flavio Aragón Cuevas del INIFAP (Castro y Aragón, 2008), quienes han mejorado unas cuantas decenas de variedades criollas regionales, como ya hemos visto, han hecho el planteamiento de constituir una empresa de producción de semilla; para ésta, de 2008 a 2012, calculan los números de sacos, en los años de dicho período como inversión inicial: 5 400, 11 000, 16 000, 17 500, con los correspondientes beneficios netos a partir de 2009: 648 000, 132 000, 192 000 y 2 100 000 pesos. En vista de las altas tasas de desempleo, no está de más recomendar a los agrónomos desempleados que la producción de semilla de variedades criollas mejoradas puede ser un buen negocio, sobre todo si lo hacen en forma asociada tanto con colegas de la profesión como con los agricultores mismos.

Los profesores de las instituciones de enseñanza agrícola superior, quienes por muchos años se habían dedicado a atacar problemas de investigación en maíz como la estimación de varianzas genéticas, los parámetros de estabilidad, los 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 CP en los años 70 y 80, la variedad mejorada Zacatecas-58, del doctor José Molina Galán, quien aprovechó la precocidad de esta población para hacer dos ciclos de selección por año como parte de sus prácticas de estudio, obteniendo una variedad adaptada a las con-

panies do not sell seeds of Creole varieties. However, in the regions of our country where peasant agriculture prevails, it is likely that the sale of improved Creole varieties can be constituted as a kind of small business that provides incentives to their owners. Thus, we have knowledge that in Oaxaca, as a result of the activities of researchers at the South University Center from the UACH, Humberto Castro from the UACH and Flavio Aragón Cuevas from INIFAP (Castro and Aragón, 2008), who have improved a few dozens of regional Creole varieties, as we have seen, have set out the plans to put together a seed production company; for this, from 2008 to 2012, they calculate the number of sacks during the years in this period as the initial investment: 5 400, 11 000, 16 000, 17 500 with the respective net benefits starting in 2009: 648 000, 132 000, 192 000 and 2 100 000 pesos. Given the high rates of unemployment, it is worthwhile to recommend some of the unemployed agronomists that the production of improved Creole seed varieties could be a good business, especially if they do it by associating themselves with colleagues in the profession and even farmers.

Professors at the institutions of higher agricultural education, who for many years had been devoted to tackling problems in corn research, such as calculating genetic variations, parameters of stability, selection systems and methods, etc., and who in some cases were devoted to the genetic improvement of corn as part of their teaching schemes or as a way to solve a certain problem, in the seventies also began to practice improvement through selection or through hybridization. Thus, the improved Zacatecas-58 variety is famous among masters of science who graduated from the CP in the 70s and 80s, by Dr. José Molina Galán, who took advantage of the precocious nature of this population to carry out two selection cycles per year as part of his field trips, obtaining a variety adapted to the conditions in Chapingo, of a much higher yield than the original variety which later on did not adapt completely to the conditions in its place of origin.

In February, 2006, Dr. Sergio Barrales Domínguez, who was Dean of the UACH, invited the teachers/professors from the University and the CP who worked in corn cultivation, and Dr. Antonio Turrent from the INIFAP, to a meeting about the problem of corn production in México and the high price of tortillas. Without attempting to analyze what was said in that meeting, the general consensus was the lack of public institutions that provided the peasant with services that the current federal governments have either eliminated or answer deficiently. They talked about extensionism and about a seed producer that could replace the discredited PRONASE. These shortcomings cause peasants to lack access to agricultural/livestock

diciones de Chapingo, de rendimiento muy superior a la variedad original, que después ya no se adaptó del todo a las condiciones de su lugar de origen.

En febrero de 2006 el doctor Sergio Barrales Domínguez, a la sazón rector de la UACH, invitó a los profesores-investigadores de la Universidad y del CP, que trabajan en el cultivo del maíz, y al doctor Antonio Turrent, del INIFAP, a una reunión sobre el problema de la producción del maíz en México y del alto precio de la tortilla. Sin pretender analizar lo que en esa reunión se dijo, el consenso general fue la falta de instituciones públicas que proporcionen al campesino servicios que los actuales gobiernos federales, o eliminaron o atienden deficientemente. Se habló del extensionismo y de una productora de semillas que reemplace a la desprestigiada PRONASE. Estas carencias ocasionan que el campesino no tenga acceso a las técnicas agropecuarias adecuadas a su condición de atraso. En un tenor semejante está la producción de semillas. Como decíamos, si bien la PRONASE 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. Parece evidente: o se refundan las instituciones: extensionismo, producción de semillas, recolección y abasto de los productos agrícolas, crédito rural, precio de garantía, etcétera, o el campesino pobre y el indígena no podrán nunca participar significativamente en lograr el abastecimiento nacional de nuestro grano emblemático.

DISCUSIÓN

Por lo que acabamos de reseñar, en México ha existido una tradición de más de cincuenta años en que el mejoramiento genético del maíz se ha llevado al cabo. Esa actividad ha comprendido prácticamente todos los métodos conocidos en el mundo moderno, aunque alguno, como la selección masal, sea tan antiguo como el origen mismo del maíz, pero con un mayor conocimiento de la separación de los efectos genéticos y los ambientales. De esta suerte, se cuenta con variedades mejoradas de polinización libre, variedades sintéticas e híbridos (en un artículo siguiente veremos cómo han evolucionado éstos). Sin embargo, dado que para los agricultores de bajos recursos (campesinos e indígenas) que siembran 70% del área maicera, hasta ahora las VPL y los VS se habían considerado adecuadas para ellos, en la actualidad es bastante improbable que su semilla llegue a este tipo de productores. La razón, la desaparición de la PRONASE y la falta de interés de las compañías privadas, sean

techniques adequate to their conditions of backwardness. Seed production is also found in a similar situation. As we said, although the PRONASE reached such a low point in its objectives, it must be projected as a new business, agro-social we call it, that can bring together banks, agronomists, producers and peasants, with a financial participation proportional to their economic status, but that can provide services to different levels of people who are working the land. It seems evident: either the institutions are newly founded: extensionism, seed production, collection and supply of agricultural products, rural credit, guaranteed price, etc., or the poor peasant and the indigenous person will never be able to have a meaningful participation in achieving the national supply of our emblematic grain.

DISCUSSION

From that we have just reviewed, we can say that in México there has been a tradition of over fifty years in which the genetic improvement of corn has taken place. This activity has covered practically all methods known in the modern world, although some, such as bulk selection, can be as ancient as the very origin of corn, but with greater knowledge regarding the separation of genetic effects from environmental ones. Therefore, there are free pollination improved varieties, synthetic varieties and hybrids (in a following article we will see how these have evolved). However, given that up until now the VPLs and VSs had been considered adequate for low resource farmers (peasants and indigenous people) who sow 70% of the corn area, currently it is very unlikely that this seed will reach this kind of producer. The reason is the disappearance of the PRONASE and the lack of interest by private companies, both from international consortiums and Mexican companies. As corollary of this, it is necessary for agro-social seed producing companies to be formed that produce VPLs and VSs seeds (in addition to hybrids), since, at least for the important corn regions in the country, these already exist.

CONCLUSIONS

In México there is a tradition of at least 50 years in the genetic improvement of corn. In this study we show how, without interruption, the people devoted to improving the plants have continued to work in obtaining varieties, corn synthetics and hybrids, the most recent ones being superior to their ancestors. In face of the absence of state mechanisms to produce the seed of free pollination varieties and synthetic varieties, it is necessary for agro-social businesses to be formed, which include banks, private agents, the state and agronomists,

consorcios internacionales o empresas mexicanas. Como corolario, es necesario que se constituyan empresas agrosociales de productores de semillas de VPL y VS (además de híbridos), que produzcan éstas, dado que, por lo menos para las áreas maiceras importantes del país, ya se tienen.

CONCLUSIONES

En México se cuenta con una tradición de por lo menos 50 años en el mejoramiento genético del maíz. En el presente estudio se muestra como, ininterrumpidamente, los fitomejoradores han continuado trabajando en la obtención de variedades, sintéticos e híbridos de maíz, los más recientes superiores a sus predecesores. Ante la ausencia de mecanismos estatales que produzcan la semilla de variedades de polinización libre y variedades sintéticas, es necesario que se constituyan empresas agrosociales de productores, la banca, particulares, el estado y agrónomos para satisfacer la demanda potencial de semilla de por lo menos 70% de productores de maíz, además de que se reconstituyan los servicios al agricultor, por parte del estado, en lo que concierne al extensionismo, al acceso a los fertilizantes, al precio de garantía y al crédito agrícola.

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

- Aragón C., F., S. Taba, J. M. Hernández C., J. de D. Figueroa C., V. Serrano A., y F. H. Castro G. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA: Libro técnico Núm. 6. Oaxaca, Oaxaca, México. 344 p.
- Arias R., L. M., L. Latournerie M., F. Márquez S., y L. A. Dzib A. 2005. Conservación *in situ* y mejoramiento de maíces criollos yucatecos. *In: Memoria de la 1ª Reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México.* Oaxaca, Oax. pp: 113-124.
- Arroyo L., M. C. 2000. Dos variedades de maíz para la meseta Purépecha derivadas de criollos sobresalientes por retrocruza limitada. *In: Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética.* Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato. pp: 17.
- 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.
- Castro G., F. H., y F. Aragón C. 2008. Conservación y aprovechamiento de los maíces criollos de Oaxaca. Ponencia INIFAP y Centro Regional del Sur de la UACH. Oaxaca, Oax.
- Coutiño E., B., E. Betanzos M., A. Ramírez F., y N. Espinoza P. 2000. V-229 y V-231A, nuevas variedades mejoradas de maíz

in order to satisfy the potential seed demand of at least 70% of corn producers, in addition to reinstating services for farmers by the state, in terms of extensionism, access to fertilizers, price of guarantee and agricultural credit.

- End of the English version -

- de la raza Comiteco. *In: Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética.* Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato. pp: 16.
- Darrah, L. L., S. A. Eberhart, and L. H. Penny. 1972. A maize breeding methods study in Kenya. *Crop Sci.* 12(5):605-608.
- De Jesús M., A., J. D. Molina G., y F. Castillo G. 1990. Selección masal para adaptación en Chapingo de una población de maíz tuxpeño. *Geociencia (1)* 4. 69-84.
- Espinoza B., A., E. Gutiérrez del R., A. Palomo G., J. J. Lozano G., y C. M. Valencia C. 2005. Germoplasma criollo en el programa de mejoramiento de maíz de la UAAAN Unidad Laguna. *In: Memoria de la 1ª Reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México.* Oaxaca, Oaxaca. pp: 103-111.
- Fernández B., J. M., E. Hernández X., y A. Ramos R. 1975/1976. Dinámica de la variación de maíz de la Sierra de Puebla. *Av. Ens. Inv. del Colegio de Postgraduados.* pp: 13-14.
- 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. *Despleg. Agrics.* Núm. 14. Iguala, Guerrero.
- Hernández X., E. 1972. Consumo humano de maíz y el aprovechamiento de tipos con alto valor nutritivo. Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Colegio de Postgraduados-Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx. México, D.F. pp: 149-156.
- Hernández X., E., y G. Alanís F. 1970. Morphological study of five new races of maize from the Sierra Madre Occidental, México. *In: Phylogenetic and Phytogeographic implications* *Agrociencia* 5. pp: 3-36.
- Hernández X., E., y R. Ortega P. 1973. Variation in maize and socioeconomic changes in Chiapas, México, 1946-1971. *Av. Ens. Inv. en el Colegio de Postgraduados.* Chapingo, México. pp: 11-12.
- Márquez S., F., Sahagún C., J. A. Carrera V., y E. Barrera G. 2000. Retrocruza limitada para el mejoramiento genético de maíces criollos. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 33 p.
- Miranda C., S. 1966. Discusión sobre el origen y la evolución del maíz. *In: Memoria del 2º Congreso Nacional de Fitogenética.* Escuela de Agricultura y Ganadería del ITESM. Monterrey, N. L. pp: 233-252.
- Moreno F., V., R. Ortega P., y F. Castillo G. 2000. Selección masal estratificada en criollos de maíz de la región Chalco-Ameca. *In: Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética.* Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato. pp: 10.
- Ortega P., R. 2003. La diversidad del maíz en México. *In: Sin Maíz no hay País. Culturas populares de México.* México, D. F. pp: 123-154.
- Ortega C., A., M. J. Guerrero H., O. Cota A., V. A. Vidal M., y J. Ron P. 2005. Colecta, Conservación y utilización de los maíces del noroeste. *In: Memoria de la 1ª Reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México.* Oaxaca, Oax. pp: 61-74.
- Pandurang, K. 1930. Nuevas variedades de maíz. *Bol. Inv. Núm. 1.* Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx. 10 p.
- Ramírez V., H., H. E. Flores L., J. A. Martínez S., y O. Reynoso C. 2005a. Mejoramiento del criollo Amarillo Zamorano en los

- Altos de Jalisco. *In*: Memoria de la Primera reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México. Oaxaca. pp: 37-44.
- Ramírez V., S., S. Taba, E. Díaz S., y J. Díaz de la C. 2005. Recuperación y selección de variedades criollas de maíz en Chihuahua. *In*: Memoria de la Primera reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México. Oaxaca. pp: 199-211.
- Reyes M., C. A. 1992. VS-409 o Compuesto Precoz, variedad de maíz para el noroeste de México. Centro de Investigación Regional del Noreste, CE Río Bravo. Foll. Téc. Núm. 10, Río Bravo, Tamaulipas. 15 p.
- Reyes M., C. A. 1993. VS-440, nueva variedad de maíz para el norte y centro de Tamaulipas. Centro de Investigación Regional del Noreste, CE Río Bravo. Foll. Téc. Núm. 12, Río Bravo, Tamaulipas. 11 p.
- Ron P., J., J. Sánchez G., A. A. Jiménez C., J. A. Carrera V., J. G. Martín L., M. M. Morales, I. de la Cruz L., J. G. Rodríguez, S. Hurtado de la P., y S. Mena M. 2006. Maíces nativos del occidente de México. I. Colectas 2004. Scientia: pp: 1-146. Guadalajara, Jalisco.
- Sánchez G., J. J. 1989. Relationships among the mexican races of maize. Ph. D. dissertation (Unpublished). North Carolina State University, Raleigh, N. C. 187 p.
- Trujillo C., A., y N. Gómez M. 2005. Mejoramiento de una población criolla de maíz ancho pozolero en el estado de Morelos. *In*: Memoria de la 1a. Reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México. Oaxaca, Oax. pp: 213-220.
- 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. *In*: Agrociencia 48. pp: 93-105.
- Vázquez C., M. G., L. Guzmán B., J. L. Andrés G., F. Márquez S., y J. Castillo M. 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Rev. Fitotec. México.* 26(4). pp: 231-238.
- Vidal M., V.A., A. Ortega C., M. Guerrero H., J. Ron P., y F. Márquez S. 2005. Rescate genético *in situ* y *ex situ* del maíz criollo Xala por retrocruza limitada. *In*: Memoria de la 1ª Reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México. Oaxaca, Oaxaca. pp: 221-237.
- Wellhausen, E.J., L. M. Roberts, E. Hernández X., en colab. con P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México Foll. Téc. No. 5, OEE, SAG. México.