

---

## EL MEJORAMIENTO DEL MAIZ EN MEXICO — AVANCES ACTUALES Y PROYECCION HACIA EL FUTURO

---

E. J. WELLHAUSEN

Actualmente existe una tremenda variación en los maíces mexicanos. Esta variación incluye desde las formas primitivas y mantenidas por los indígenas para propósitos ceremoniales, hasta las modernas variedades de origen complejo y altamente productivas. Algunas variedades son precoces, alcanzando su madurez en más o menos 80 días. Otras son tardías, requiriendo un período de 11 meses o más para completar su ciclo. Algunos son chaparras o bajas, otras son altas; algunas tienen mazorcas y granos pequeños, otras poseen mazorcas y granos muy grandes. Algunas son resistentes a la sequía, mientras que otras no lo son; algunas son resistentes a ciertas enfermedades, otras no; y así es posible enumerar una gran lista de características diferenciales. Hay, pues, una enorme variación en los caracteres del maíz, no solamente en cuanto a su constitución química o morfológica, sino también en cuanto se refiere a su reacción fisiológica de acuerdo con el clima, enfermedades y ataque de insectos. Un análisis cuantitativo de cómo se ocasionó esta variación deberá revelar claramente algunos de los primeros pasos del mejoramiento del maíz.

Se han colectado muestras en todas las principales regiones maiceras de México, América Central, El Caribe y América del Sur. Hasta hoy existen más de 5 000 muestras viables conservadas en el banco de maíz en México, más o menos el mismo número en el banco de Medellín, Colombia, y cerca de 3 000 en el banco en Piracicaba, Brasil. Muchas de estas muestras ya han sido estudiadas y clasificadas en variedades y razas.<sup>2, 3, 5, 17, 19, 21-22</sup> Aún cuando no podemos estar completamente seguros de cómo los diferentes tipos modernos fueron formados antes de que los genetistas y mejoradores actuales entraran en escena, mediante los esfuerzos hechos en los programas de investigación hemos acumulado, en muchos casos, suficiente evidencia que nos permite hacer postulados muy aproximados con respecto a su origen.

### ANTIGÜEDAD DEL MAÍZ EN MÉXICO

No se puede aún precisar el tiempo y el lugar en que el maíz fue domesticado. Sin embargo, ahora sabemos más que hace diez o quince años. En años recientes el Dr. R. S. MacNeish, ahora "Research Associate of R. S. Peabody Foundation for Archaeology at Andover, Mass.", ha dedicado mucho tiempo en México, Guatemala y Honduras al estudio de los orígenes de la agricultura del Nuevo Mundo. Ha examinado cuevas habitadas por los primeros pobladores, estudiando la secuencia de los restos de vegetales encontrados en ellas. Los restos de maíz encontrados fueron estudiados bajo la supervisión del Dr. P. C. Mangelsdorf de la Universidad de Harvard. En los estratos más bajos de la "Cueva de la Perra", en Tamaulipas, en 1952, fueron encontrados olotes de maíz muy delgados, con forma casi como de un cigarro y mediante la prueba del carbón se les determinó una antigüedad de 2 500 a 3 000 años A. C. (Antes de Cristo, o sea un total de 4 500 a 5 000 años.<sup>6, 11</sup> En estratos más elevados, los olotes han sido más largos y en los estratos superiores han sido similares a los del maíz actual que comúnmente se siembra en Ciudad Victoria, conocido como Barretal.

El maíz más primitivo encontrado en esta cueva parece ser un tipo en sus primeras etapas de domesticación. Mangelsdorf *et al*<sup>11</sup> estudiaron las características botánicas de esos olotes primitivos y llegaron a la conclusión de que representan el prototipo de una raza diminuta de maíz reventador, identificada por Wellhausen *et al*<sup>21</sup> y conocida como "Nal-Tel".

Unos pocos años antes del descubrimiento de esos olotes primitivos en la "Cueva de la Perra", otros aún más primitivos fueron encontrados en Bat Cave, Nuevo México.<sup>8,9</sup> Esos olotes no fueron más largos que el diámetro de una moneda de 5 centavos y las pruebas del carbón radioactivo indicaron una antigüedad de 5 600 años.

Después de los descubrimientos de la "Cueva de la Perra", MacNeish examinó otras muchas en México y algunas en Honduras y Guatemala. En carta recientemente recibida de él, reporta lo siguiente: En ninguna de las cuevas adicionales examinadas en Tamaulipas se encontraron restos de maíz de una antigüedad mayor de 4 000

años. En las cuevas de Honduras y Guatemala examinadas por él no se encontró nada de especial interés en el sentido de residuos vegetales, debido a la humedad del clima. En una cueva llamada Santa Marta en Chiapas, encontró una buena secuencia de polen de maíz, pero no siendo éste de una antigüedad mayor de 5 500 años. Muy recientemente, al final de 1959 y principios de 1960, examinó una serie de cuevas en el sur de Puebla y norte de Oaxaca y encontró una que parece ser muy interesante. En una cueva del sur de Puebla se encontraron endeables olotes de maíz de una antigüedad calculada de 5 000 A. C., o sean 7 000 años. Estos olotes le fueron enviados al Dr. Mangelsdorf, quien cree que son pertenecientes al "maíz silvestre y/o a un maíz en sus primeras etapas de domesticación". Obviamente esto necesita más estudio, pero cada vez parece más seguro, como varios investigadores lo han postulado antes,<sup>14, 20, 23</sup> que el maíz fue domesticado en México o en la América Central, hace como 7 000 años, de un ancestro considerado como maíz silvestre. En ningún lugar se han encontrado restos de maíz más antiguos que éste.

Aún más, de acuerdo con la edad del polen fósil tomado de la tierra extraída por un taladro a una profundidad de 200 pies bajo la superficie, durante la construcción de la Torre Latino-Americana en la Ciudad de México, e identificado por el Dr. Barghoorn de la Universidad de Harvard<sup>1</sup> como polen de maíz, es muy probable que el maíz silvestre existía en México mucho antes de que el hombre apareciera en escena. Se determinó que ese polen fósil pertenece al último período interglacial y se estima su edad en 80 000 años. Debe entonces, haber ocurrido que el maíz silvestre existió en el Valle de México. Aún cuando no podemos hacer una aseveración estrictamente positiva, por los datos obtenidos parece ser que el maíz silvestre estuvo presente en las regiones de la Mesa Central de México hace muchos, pero muchos años, y el hombre empezó a domesticarlo y a usarlo como uno de sus alimentos básicos hace unos 7 000 años. Cómo era este maíz silvestre a la hora de su domesticación y cómo se desarrolló a través de 7 000 años de evolución para venir a ser uno de los cereales más productivos en el mundo es realmente una historia fascinante. Para desentrañar completamente esta historia, se requerirá también una investigación mucho más fascinante que la que hasta ahora se ha logrado llevar a cabo, pero cuando menos una parte de la historia de los maíces mexicanos puede ser articulada.

#### SIETE MIL AÑOS DE EVOLUCIÓN ANTES DE LA INTERVENCIÓN DE LOS GENETISTAS MODERNOS

Mangelsdorf<sup>12</sup> ha tratado de reconstruir el ancestro silvestre del maíz tal y como pudo haber existido en México hace de 5 000 a 7 000 años. Su reconstrucción la ha basado en parte en los restos fósiles y arqueológicos encontrados y en parte sobre recombinaciones genéticas de algunos de los caracteres primitivos que aún existen en variedades modernas. Aun cuando no ha logrado todavía reproducir las características de algunos de los especímenes arqueológicos primitivos, ha tenido éxito en desarrollar lo que tal vez pudiera llamarse el maíz más improductivo del mundo. De acuerdo con Mangelsdorf<sup>12</sup> el maíz primitivo en un suelo pobre o entre una fuerte competencia con otra vegetación, tuvo un tallo corto y delgado con una altura no mayor de 60 a 70 cms., llevando unos pocos granos en la base de la espiga y una mazorca diminuta con una inflorescencia estaminada inmediatamente abajo de la espiga. Era un maíz precoz reventador o palomero. La pequeña mazorca estaba encerrada en una envoltura con totomoxtles relativamente largos, que se abrían a la madurez. Los granos individuales estaban encerrados por glumas largas, pero las mazorcas no eran tunicadas como los tipos tunicados extremos que se conocen actualmente.<sup>15</sup> Esta planta primitiva era extremadamente flexible, respondiendo de una manera espectacular a su liberación de la competencia con otra vegetación y altos niveles de fertilidad. Bajo condiciones favorables ahijaba profusamente en cada tallo, produciendo varias mazorcas pequeñas. Esta habilidad de tomar buen provecho de un ambiente mejorado pudo ser una de las características principales que ocasionaron su domesticación. La variedad de maíz realmente más semejante, y la cual pudiera ser una reliquia de la forma más primitiva, es una de maíz palomero que forma múltiples tallos con muchas mazorcas pequeñas, encontrada en Argentina y que se conoce en la literatura con el nombre de "Strawberry popcorn of Argentina". Mangelsdorf<sup>12</sup> declara que su maíz reconstruido "podría ser clasificado fácilmente como una forma anual de *tripsacum*, o inversamente, ya que el maíz fue el primero de ambos al que se le tuvo que dar un nombre científico en Latín; *Tripsacum* pudo ser clasificado como una forma perenne del género *Zea* al cual pertenece el maíz y el cual hasta últimamente ha sido representado como una sola especie: *Zea mays*."

Una vez que este maíz primitivo pudo ser producido bajo condiciones de domesticación, liberado de las presiones de selección para autopropagación y competencia con otra vegetación natural, muchos cambios tuvo que sufrir, indudablemente, mediante mutaciones Mangelsdorf<sup>12, 15</sup> acentúa el hecho de que una de las primeras y más importantes mutaciones pudo ocurrir en locus *pod corn* sobre el cromosoma cuarto. Esta mutación simple, según Mangelsdorf con efectos múltiples, probablemente tuvo mayor influencia en la iniciación de la forma actual de

la planta, que ningún otro factor. Redujo las glumas que en el maíz silvestre cubrían totalmente los granos. Bajó la posición de la mazorca y provocó una separación más completa de las inflorescencias masculina y femenina, abriendo el camino para la formación de una mazorca con mayor número de granos y cubierta completamente por un totomoxtle, imposibilitándola para dispersar sus semillas, y así hizo a la planta menos apta para sobrevivir por sí sola en la naturaleza.

Existe muy poca duda sobre el hecho de que estos tipos primitivos de maíz domesticado se desplazaron amplia y rápidamente hacia el sur y hacia el norte mediante las peregrinaciones eventuales de los indígenas. En cada área nueva en que fueron sembrados bajo domesticación, evolucionaron aún más a través de mutaciones y selección natural, con la ayuda consciente o inconsciente de sus cultivadores. En esta forma, a través de mutaciones directas y selecciones, es casi seguro que se desarrollaron en forma relativamente rápida muchos diferentes tipos en todo el Continente Americano. Las mutaciones ocurrieron al azar y las frecuencias de sus genes para cada área no pudieron ser las mismas. Esas primeras variedades domésticas prehistóricas que evolucionaron en regiones geográficas diferentes, a su vez fueron accidentalmente sembradas juntas y se hibridaron para criar tipos nuevos más productivos que reemplazaron o absorbieron las variedades previas.

Los descendientes más directos o copias de esas formas primitivas que se encuentran en México, son las razas primitivas descritas por Wellhausen *et al*<sup>21</sup> como Nal-Tel, Chapalote, Arrocillo Amarillo y Palomero Toluqueño. Todas ellas tienen muchas características en común, aun cuando se encuentran en ambientes muy diferentes. Son, en general, maíces palomeros con mazorcas cortas y precoces. Con la única posible excepción del Palomero Toluqueño, se adaptan a un amplio rango de condiciones. Se consideran como los tipos más primitivos que existen ahora en México y en cierta época fueron las variedades predominantes. Todas pudieron ser descendientes de una forma única del maíz domesticado original.

En México, como en cualquiera otra parte, las variedades más primitivas se desarrollaron lentamente a través de mutaciones directas y aislamiento. La topografía accidentada del país, con su multitud de valles aislados, de climas diferentes, ciertamente pudo conducir al desarrollo de muchas variedades. Sin lugar a dudas, el hombre durante sus viajes llevó semilla de uno a otro valle induciendo así la hibridación que trajo como consecuencia mejoramiento adicional en rendimiento a través de la adición de nuevos genes con sus efectos heteróticos y epistáticos. No podemos estar seguros de cuánto tiempo ocurrió esto en la evaluación del maíz en México, pero sí sabemos que últimamente en su historia evolucionaria, otros factores de evolución entraron en operación los cuáles aceleraron la velocidad de los cambios.

El cambio en la velocidad de evolución fue ocasionando, en parte, por la intervención de teosinte. La evidencia arqueológica indica que el maíz original era un "maíz puro", sin contaminación de teosinte. Las primeras indicaciones de la intervención de teosinte según Galinat *et al*<sup>4</sup> y Mangelsdorf y Lister<sup>10</sup> se obtuvieron en las capas superiores de la cueva de la "Cebollita" en Nuevo México, de dos cuevas en Arizona, varias en Chihuahua, México y una (Swallow Cave) en el Noroeste de México. Los primeros restos de olores en las capas más bajas en estas cuevas son de "maíz puro", mientras que las de las capas superiores revelaron distinto grado de contaminación con teosinte. La fecha exacta en que el teosinte apareció en escena no se conoce, pero todo hace indicar que debe haber sido cuando menos hace 2 500 años. Tampoco se sabe con exactitud cómo ocurrió esto. Sin embargo, no hay duda<sup>16, 21</sup> que desde entonces hasta ahora el teosinte se ha cruzado libremente con el maíz. El teosinte ha contribuido directamente en las nuevas variedades o razas, derivándose de esa interhibridación tipos con varios caracteres nuevos tales como resistencia a la sequía y al ataque de enfermedades e insectos. Si Mangelsdorf y Reeves<sup>7, 18</sup> son exactos en su teoría de que el teosinte resultó de una cruce de maíz y *Tripsacum* entonces se puede decir que los caracteres contribuidos por teosinte realmente vinieron de *Tripsacum*.

Aún más, recientemente Mangelsdorf<sup>13</sup> ha demostrado que el teosinte en cruce con maíz afecta las dosis de mutación y de acuerdo con la evidencia presentada por él, un cromosoma de teosinte apareado con uno de maíz aumentará grandemente la dosis de mutación de ciertos genes en el cromosoma de maíz en contacto con el de teosinte. Este cambio en la mutabilidad, provocado mediante la intervención del teosinte en las primeras variedades de maíz pudo tener más efecto en la rápida evolución del maíz que la contribución directa de ciertos nuevos caracteres.

Otro factor muy importante de evolución que ha tenido un gran efecto en la rapidez con que el maíz ha evolucionado en México, es aún más reciente y se refiere al influjo de variedades exóticas del sur del continente.<sup>21</sup> No podemos todavía tener la seguridad de si los tipos con granos suaves y grandes de América del Sur se derivaron de las formas primitivas mexicanas que se transportaron hacia el Sur, o de si allá existió otro centro de

domesticación. Como una regla, los maíces de grano grande y harinoso de la región Andina son mucho más homocigotos ahora que los maíces de México y Centro América y parece que aquéllos se han desarrollado principalmente por mutación y selección.

No sabemos cómo se desarrollaron muchos de los tipos de la América del Sur, pero sí sabemos que hubo en México y en Centro América un influjo de variedades completamente distintas a las de estos países que vinieron procedentes del sur. Por interhibridación al azar de esos tipos exóticos con variedades locales se produjo un tremendo aumento en la capacidad productora de las variedades nuevas resultantes. La mayoría de las razas incipientes muy productivos de México muestran una fuerte influencia de germoplasma exótico.

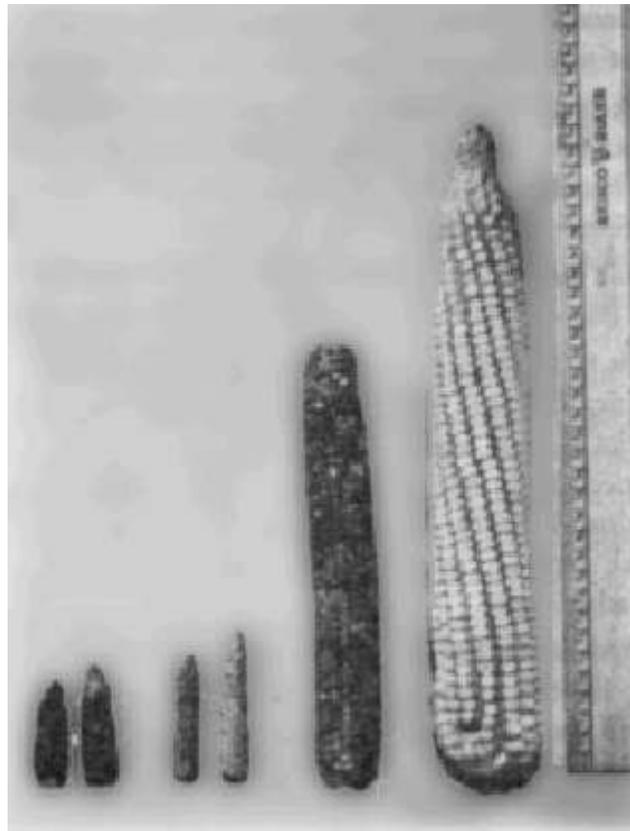


Fig. 1. En la evolución del maíz desde su forma más primitiva (izquierda) hasta las más avanzadas como las variedades modernas de Tuxpeño (derecha), han intervenido cuando menos cinco factores principales en México: Mutaciones, interhibridación, intervención de teosinte, influencia de variedades exóticas de la América del Sur y la extrema variación climática debido a la accidentada topografía.

Por supuesto que la extremada variabilidad del maíz no podría haber sido inducida sin los diferentes mecanismos de aislamiento que operan en México. La topografía montañosa y la extremada variación climatológica aportaron la mayoría de los nichos ecológicos de aislamiento para el desarrollo y mantenimiento de las diferentes variedades.

En resumen, se puede concluir entonces, que los principales factores responsables del continuo mejoramiento del maíz desde su domesticación hasta que los genetistas modernos iniciaron sus primeros intentos para mejorarlo aún más, son los siguientes:

1.\_ Los primeros avances fueron principalmente a través de mutación y selección natural con la ayuda consciente o inconsciente del hombre.

2.\_ Una vez que se desarrollaron un gran número de variedades en esa forma, algunas de ellas por casualidad ocurrieron en la misma región y otras nuevas variedades aún más productivas resultaron de su interhibridación.

3.\_ Más tarde apareció el teosinte y al cruzarse libremente con el maíz, introdujo nuevos caracteres adicionales y estimuló la mutabilidad.

4.\_ Aún más tarde hubo un influjo de variedades exóticas procedentes de la América del Sur, con las cuales las variedades nativas de México y América Central nunca antes habían estado en contacto. Muchas de esas variedades ya estaban altamente desarrolladas y muy diferentes de las locales. A través de interhibridación al azar de material exótico por local, fueron producidas las variedades altamente productivas que existen actualmente.

5.\_ Un quinto factor fue la accidentada topografía y la consecuente variación climática existente, proporcionando los nichos de aislamiento necesarios para el desarrollo y mantenimiento del gran número de variedades diferentes.

Todos esos factores combinados causaron un verdadero grado explosivo de evolución. No hay ninguna evidencia de que el hombre haya llevado a cabo un plan preconcebido a largo plazo para hacer selección artificial en los tiempos prehistóricos. Su intervención fue más o menos accidental, creando oportunidades para la hibridación mediante sus peregrinaciones no dirigidas y también al crear mejores microambientes para el crecimiento de su maíz, aportó inconscientemente los medios para una mejor expresión de los nuevos genes de rendimiento y para su selección en la propagación anual de las variedades.

Como un resultado de esos factores de evolución, y tal vez algo de selección llevada a cabo artificialmente por los agricultores en años recientes, algunas variedades de polinización libre altamente productivas han aparecido. Algunas de las razas naturales más productivas son: Vandeño, Celaya, Chalqueño, Cónico Norteño y Jala. Estas razas tienen una genealogía verdaderamente compleja, ilustrada por Wellhausen *et al*<sup>21</sup> la cual fue, en gran parte, ocasionada por interhibridación causal con otras razas locales, exóticas, y con teosinte.

#### MEJORAMIENTO ADICIONAL LLEVADO A CABO POR GENETISTAS Y MEJORADORES DESDE 1940

Cuando se iniciaron los trabajos de mejoramiento del maíz en México por el Gobierno Federal, en 1940, se conocía muy poco acerca de la rica diversidad de tipos de maíz existentes. Algunos de los primeros trabajos iniciados por la organización entonces llamada "Campos Experimentales" de la Dirección General de Agricultura, incluían el mejoramiento de los tipos nativos del Valle de México, El Bajío y Llera, Tamps. El trabajo para el Valle de México estaba concentrado en Chapingo (Campo San Martín). Allí se inició la formación de líneas endocriadas y en algunas variedades de las razas Chalqueño y Cónico identificadas como Chapingo tipo I, II, III, IV, etc., para la formación de híbridos comerciales. Los trabajos en El Bajío estaban concentrados en León, Gto. y Briseñas, Mich., donde la endocria de líneas fue iniciada en varios tipos dominados, en Briseñas como Briseñas tipo I, II, III, etc., o en León como León tipo I, II, III, IV. Los materiales en el programa de Briseñas incluían variedades de las razas predominantes en el área de la Ciénaga de Chapala: Pepitilla, Tabloncillo y Celaya. Los tipos en León fueron determinados como representativos de las razas Celaya, Cónico Norteño y Jala.

Más tarde (1944) la Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería recién establecida, inició un programa de recolección sistemática de muestras de maíz por medio del cual se llegó a tener una colección de muestras de todo el país. Esas muestras originales fueron probadas en ensayos de rendimiento en cooperación con "Campos Experimentales" en las principales áreas productoras de maíz en la República. Como resultado de esas pruebas, ciertas variedades "Criollas" sobresalientes se identificaron, las cuales fueron utilizadas como una base para mejoramiento subsecuente. Algunas de esas variedades, en las que se practicó algo de "selección masal", fueron incrementadas y distribuidas. La estación de Briseñas multiplicó Briseñas tipo y la estación de Llera, Llera III. La Oficina de Estudios Especiales proporcionó a la Comisión Nacional del Maíz, que se formó en 1946, semilla de las siguientes variedades seleccionadas de polinización libre, para su aumento y distribución: V-7 y V-10 para la Mesa Central y V-520 para los terrenos bajos tropicales.

En 1946 se formó el Instituto de Investigaciones Agrícolas, el cual absorbió el trabajo previo efectuado por "Campos Experimentales". Tanto el Instituto como la Oficina concentraron sus esfuerzos en el mejoramiento subsecuente de las mejores variedades en las principales áreas productoras de maíz en México. Al principio la Oficina estaba limitada, por convenio, al mejoramiento del maíz en la Mesa Central y el Bajío, pero más tarde, en colaboración con la Comisión Nacional del Maíz, extendió sus actividades a las costas del Golfo (Veracruz).

Con el propósito de satisfacer cuando menos parcialmente la aguda demanda por semilla mejorada en una forma rápida, la Oficina desvió un poco los procedimientos de los métodos ortodoxos de mejoramiento, para la producción de maíces híbridos. Las variedades de polinización libre mejor adaptadas en cada área, fueron autofecundadas y las líneas endocriadas evaluadas inmediatamente después de una sola generación de endocria. Las mejores de esas líneas "A<sub>1</sub>" fueron puestas en uso inmediato de varias maneras: fueron combinadas con las mejores variedades de la Mesa Central o El Bajío para la formación de mestizos múltiples (cruzas línea x variedad). Algunos de estos mestizos múltiples (línea A x Variedad X) (línea B x Variedad Y) fueron los primeros híbridos distribuidos por la Comisión Nacional del Maíz y pertenecieron a la serie 300 para maíces de ciclo intermedio en El Bajío.

Esos primeros híbridos mestizos múltiples muy pronto fueron reemplazados con cruzas dobles formadas totalmente con líneas "A<sub>1</sub>". Algunos de los primeros híbridos del tipo disponible para producción y distribución por la Comisión Nacional del Maíz en El Bajío en 1950, fueron H-215, H-307, H-309 y H-310. H-309 aún se produce. En la Mesa Central el famoso híbrido H-1 fue una cruce de tres líneas "A<sub>1</sub>".

Simultáneamente a la producción de híbridos con líneas A<sub>1</sub>, algunas variedades sintéticas fueron formadas y propagadas por polinización libre en lotes aislados, lo cual facilitó grandemente su multiplicación y distribución. Algunos de esos sintéticos distribuidos en las primeras etapas de los programas de mejoramiento fueron progenies de las generaciones avanzadas de cruzas múltiples de mestizos formadas con líneas A<sub>1</sub>. De los 6 u 8 sintéticos obtenidos de este tipo, dos de ellos fueron de mucho éxito, los llamados V.S.-101 y V.S.-123. Debido a que la mayoría de los sintéticos distribuidos en un principio fueron meramente generaciones avanzadas de cruzas múltiples de mestizos, sin ninguna selección subsecuente, muchos de ellos, aún cuando rendían muy bien, eran muy variables con respecto al tipo de mazorca y no fueron fácilmente aceptados por los agricultores por esta causa. Se decidió entonces suspender la producción de tales sintéticos y continuar con la formación de híbridos utilizando líneas A<sub>1</sub>, con especial atención en la obtención de combinaciones híbridas cuyas generaciones avanzadas constituyeran en sí variedades mejoradas de polinización libre. En esta forma aquellos agricultores que por alguna razón no pudieran conseguir buena semilla híbrida año tras año, las generaciones avanzadas de un híbrido podrían satisfacer su gusto; y como un hecho real, ya que la cantidad de semilla híbrida distribuida en las principales áreas maiceras es relativamente pequeña comparada con el total sembrado, la mayoría de las variedades de polinización libre mejoradas que se siembran, se han derivado en esta forma.

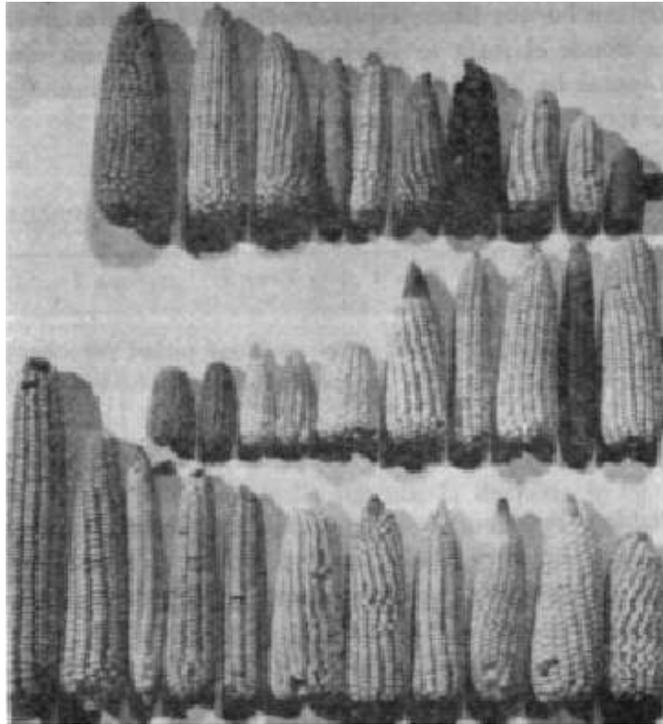


Fig. 2. Hay mucha variación en el maíz de México. En la presente foto cada mazorca es de una variedad diferente.

El Instituto de Investigaciones Agrícolas también organizó un programa para el mejoramiento de variedades de polinización libre. Muchas de ellas fueron puestas a disposición del agricultor con el nombre de "Híbridos Estabilizados". También se concentraron en la producción de híbridos obteniendo algunos verdaderamente notables para El Bajío y trópicos, como el H-22 y el H-52.

Una buena idea del comportamiento relativo de híbridos, sintéticos, híbridos estabilizados y variedades criollas disponibles ahora en las diferentes áreas de México, puede obtenerse al consultar los Ensayos Uniformes de Rendimiento efectuados durante los últimos años por la Comisión Nacional del Maíz en colaboración con el Instituto y la Oficina. Los datos aún no se han publicado, pero están disponibles para cualquier interesado en las oficinas de la Comisión Nacional del Maíz.

Estos datos indican claramente que ya se dispone de variedades híbridas mejoradas para las principales áreas productoras de maíz en México. Sin embargo, aún hay mucho que hacer, especialmente para aquellas áreas de cultivo marginales en donde el maíz se siembra principalmente bajo condiciones de temporal. Lo que se ha logrado hasta ahora se indica en términos generales en la Tabla No. 1.

Tabla 1.— POR CIENTO DE AUMENTO CON VARIEDADES MEJORADAS DE MAÍZ

<i>Variedades</i>	<i>Zona 1</i>	<i>Zona 2</i>	<i>Zona 3</i>	<i>Zona 4</i>
Comunes P. L.	75-78	80	50-90	80
Seleccionadas P. L.	100	100	100	100
Sintéticos	115	126	115	—
Híbridos (Líneas A 1)	127	141	129	—
Híbridos (Líneas A 3)	128	146	133	130

En esta tabla el rendimiento de las variedades seleccionadas de polinización libre de cada zona fue considerado como un rendimiento de 100 por ciento y sobre esta base las otras se comparan con éstas. Las zonas indicadas comprenden las siguientes áreas:

Zona 1	Mesa Central	Temporal	2 000 - 2 400 m.	sobre Nivel del Mar
Zona 2	Mesa Central	Riego	2 000 - 2 400 m.	" " " "
Zona 3	Bajío		1 200 - 2 400 m.	" " " "
Zona 4	Trópico		2 - 1 000 m.	" " " "

Mediante una combinación de buena semilla y fertilizantes, así como buenas prácticas culturales, se han logrado producir más de 15 000 kilos/ha. de maíz, utilizando los mejores de estos híbridos. Las variedades mejoradas necesitan estar mejor alimentadas, mejor protegidas y mejor cuidadas si se quiere aprovechar su máxima potencialidad. Prácticamente no se obtiene ventaja alguna sembrando una semilla mejorada en un suelo pobre. Bajo condiciones de fertilidad deficiente los maíces híbridos no rendirán más que los criollos y podrán aún rendir menos. Las mejores variedades para suelos pobres son las criollas que han sido desarrolladas en esta clase de suelos a través de muchos años de selección artificial y natural. La reacción de un criollo y de una variedad mejorada a los fertilizantes se puede ilustrar claramente como lo muestra la Tabla No. 2.

Tabla 2.—RENDIMIENTOS COMPARATIVOS OBTENIDOS DE UNA VARIEDAD CRIOLLA Y OTRA MEJORADA, CON Y SIN FERTILIZACIÓN

Variedad	Sin ferti-lizante	Rendimientos en kilogramos por hectárea		
		40 kgs. N. por ha.	80 kgs. N. por ha.	120 kgs. N. por ha.
Criolla	530	1230	2050	2800
Mejorada	360	1200	2900	4010

Este experimento sufrió algo por sequía debido a una mala distribución de la lluvia, pero a menudo la variedad mejorada rinde hasta dos veces más que las criollas en un suelo fértil.

A pesar de que aún es muy bajo el porcentaje del área en que año con año se siembra en México con semilla híbrida, la distribución de esta semilla ha tenido un considerable efecto en superar las variedades criollas. En el Bajío y en Jalisco la mayoría de las variedades de polinización libre que se siembran ahora han sido derivadas de las generaciones avanzadas de un híbrido o del cruzamiento de un maíz híbrido con las variedades criollas. Las variedades sintéticas o "híbridas estabilizadas" distribuidas antes, también han tenido sus efectos para aumentar la calidad de la semilla sembrada por el campesino.

El incremento del uso de semillas mejoradas y fertilizantes combinados con un mejor control de hierbas y mejores prácticas de cultivo realizados por los agricultores de más experiencia, está trayendo un aumento firme en la producción anual de maíz. En años con una precipitación pluvial normal se puede decir que por hoy, México es autosuficiente en el abasto de grano, pero en años como el de 1959, con una precipitación mayor que la normal, se produjeron aproximadamente 5 600 000 toneladas de maíz, o sea alrededor de 600 000 toneladas en exceso sobre las necesidades ordinarias de consumo humano directo.

#### EL FUTURO Y EL POTENCIAL DE MÉXICO

Si la tasa anual de incremento de la población continúa como hasta hoy, la población del país se duplicará durante los próximos 30 años, lo cual significa que habrá necesidad de una cantidad doble de

alimentos según los niveles actuales de nutrición, pero se necesitará más del doble si la gente se va a alimentar al nivel recomendado por los especialistas en dietética. Un período de 30 años es, en realidad, muy corto en la historia agrícola de México y si es necesario duplicar la producción agrícola, las bases para alcanzar tal meta deben definirse ya. Esto requerirá desde luego, un pensamiento profundo y gran clarividencia de los hombres en los que descansa el futuro desarrollo del país.

### SE NECESITA MÁS LABOR DE EXTENSIÓN

Se puede lograr aún mucho inmediatamente en la producción de maíz mediante la aplicación bien dirigida de los resultados obtenidos por la investigación; por ejemplo, si las variedades e híbridos mejorados de que se dispone, se sembraran en todas las áreas en que se adaptan bien y si nuestros conocimientos sobre el uso económico de los fertilizantes químicos y prácticas culturales avanzadas se aplicaran en forma razonable, la producción en años de buena precipitación pluvial como los de 1958 y 1959, sería mucho más de las 5 600 000 toneladas estimadas para 1959. Existe aún un gran retraso entre el tiempo de obtención de resultados de la investigación y la aplicación de esos resultados. Es necesario, entonces, realizar más investigación sobre los métodos de extensión que se ajusten más y el tipo de organización más eficiente para hacer llegar al agricultor en forma rápida los resultados positivos de la investigación agrícola.

### EL PROBLEMA DEL TEMPORAL

México es un país en el que la cantidad y distribución de las lluvias varía de año en año. Años malos siguen a años buenos. La única manera de evitar una repetición de los problemas como los ocasionados por la desbordante cosecha de 1959, es proveer espacio suficiente y adecuado para almacenaje y dar facilidades de acceso a esos lugares, de tal manera que los excesos de producción sean guardados para ser utilizados en los años malos que necesariamente ocurren, especialmente en un país como éste, en donde el mayor volumen de la producción maicera es obtenido bajo condiciones de temporal.

El año pasado (1959) en mucho lugares hubo humedad suficiente para producir una cosechas más abundante que lo que realmente se obtuvo. El factor limitante fue fertilidad, principalmente insuficiencia de Nitrógeno. Un terreno en el que la fertilidad es exactamente suficiente para producir 500 u 800 kilos de maíz, no producirá más de eso aún cuando se le proporcione el agua suficiente, la fertilidad es muy baja en la mayoría de los terrenos de temporal. Debe encontrarse alguna manera de proporcionar fertilidad para una potencialidad de unas 6 toneladas de maíz por hectárea a esos terrenos que actualmente producen solamente una tonelada por hectárea en años buenos. Es necesario, entonces, recabar más información sobre el uso económico de los fertilizantes químicos aplicados en terrenos de temporal. Probablemente unos fertilizantes orgánicos que requieren un alto contenido de humedad en el suelo para su descomposición podrían ser la respuesta, si los nutrientes son mantenidos durante los años secos y puestos a disposición de las plantas en los años húmedos. Una discusión más detallada de este importante problema puede mejor dejarse en manos de personas más enteradas del asunto que el autor de este artículo. También es necesario planear programas de investigación para averiguar las formas de incrementar la absorción de agua por el suelo, para retener tanto como sea posible el agua de lluvia.

Los genetistas también tienen una gran responsabilidad en la solución del problema de temporal. Muy a menudo el problema no se concreta en la cantidad total de lluvia, sino que también es importante su distribución. Se necesitan, entonces, variedades que resistan períodos más o menos largos de sequía durante su desarrollo. Desafortunadamente tanto la Oficina como el Instituto han puesto muy poca atención durante los últimos años a este problema.

### EL PROBLEMA DEL RIEGO

Se ha estimado que aproximadamente una hectárea de cada 8 susceptibles de cultivo puede ser irrigada en México. Sobre esta área irrigada, el maíz tiene que competir con otros cultivos como trigo, algodón y hortalizas. El terreno irrigado disponible para maíz tiene que ser entonces muy limitado. Esto hace sumamente importante que la producción por unidad de área se explote a su mayor potencialidad. Ya se ha mencionado previamente que mediante un buen control de las condiciones de humedad, un agricultor obtuvo 15 000 kilos por hectárea en el Valle de México. En el futuro necesitamos pensar en

términos de producir 20 toneladas o más en cada hectárea de maíz bajo condiciones de riego.

#### RESUMEN DE LOS PROBLEMAS QUE NECESITAN ATENCIÓN INMEDIATA

En mi opinión, los problemas más importantes que deberían recibir atención inmediata para poder continuar el ritmo creciente de la producción maicera y suplir las futuras demandas eliminando la tremenda variación de la oferta son los siguientes:

1.—Establecimiento de facilidades de almacenamiento para poder conservar la producción de años buenos y suplementar así la producción de años malos. Los precios que el agricultor recibe por su producto en los años buenos, cuando su producción es alta, no deberían ser muy diferentes de aquellos de los años malos, en los que la producción es baja.

2.—Utilizar métodos más eficientes para divulgar los resultados de la investigación y hace que los agricultores adapten las nuevas técnicas que les traerán mayores beneficios de las tierras bajo su control.

3.—Mejoramiento de las condiciones de fertilidad en los terrenos de temporal. Más investigación sobre el mejoramiento de la fertilidad del suelo y los factores que afectan la absorción del agua y la capacidad del suelo y los factores que afectan la absorción del agua y la capacidad de campo en condiciones de temporal. También se necesita más investigación sobre los métodos de aplicación de fertilizantes y agua en los terrenos irrigados.

4.—Continuar mejorando las variedades para proporcionarles mayores potenciales productivos, tanto bajo condiciones de riego, como de temporal, con especial atención en su eficiencia para aprovechar el agua y resistencia a enfermedades y plagas de insectos.

Una discusión más amplia de los tres primeros puntos no ajusta dentro de la proyección de esta plática y las posibilidades de mejoramiento genético las discutiremos en seguida:

#### POSIBILIDADES DE MEJORAMIENTO GENÉTICO FUTURO

En realidad hasta ahora sólo hemos removido someramente las posibilidades de mejoramiento futuro del maíz en México. Nuestros primeros intentos de mejoramiento se concentraron en el mejoramiento de variedades adaptadas en cada una de las principales áreas maiceras mediante la obtención de líneas autofecundadas y su recombinación en híbridos. El principal objetivo fue lograr un mejoramiento inmediato con un mínimo de pruebas. Utilizando las variedades mejor adaptadas en cada área como base de los programas, se minimizaron los problemas de susceptibilidad a enfermedades y adaptación climática. Como ya ha sido demostrado, fue relativamente fácil obtener híbridos adaptados que rindieran de 20 a 30 por ciento más que las variedades de las cuales fueron derivados. Sin embargo, siguiendo el uso de este método con los mismos materiales, ya estamos a un nivel en donde los progresos que se puedan lograr no compensan el esfuerzo realizado. Como resultado de nuestra experiencia actual, es un hecho comprobado que se puede aumentar la capacidad de rendimiento de cualquier raza de maíz por el método de la formación de líneas autofecundadas y sus combinaciones híbridas en un 20 ó 30 % pero una vez que este nivel se alcanza, el progreso es lento si se continúa trabajando con la misma base de germoplasma.

La experiencia con el método de los híbridos ha sido similar en muchos otros lugares en donde ha estado en uso activo. El progreso es rápido al principio y después muy lento. En la faja maicera de los E.U. en donde se produce más maíz que en el resto del mundo, el mayor progreso para aumentar la capacidad productiva de las variedades locales fue logrado en los primeros 10 a 15 años por medio del método de los híbridos.

Durante los últimos 20 años se ha logrado poco progreso en rendimiento a pesar de que se han probado miles de líneas autofecundadas y se han intentado varios métodos para aumentar la habilidad combinatoria de esas líneas. El progreso logrado últimamente ha sido principalmente en resistencia al acame, resistencia a enfermedades e insectos y mejor aspecto de las plantas, pero el aumento en rendimientos ha sido desalentador.

En Brasil han obtenido algunos híbridos muy sobresalientes, derivándolos del germoplasma local cateto en combinación con línea endocrinadas de una variedad de Tuxpeño amarilla llevada de Texas hace algunos años; pero que también han alcanzado ya el punto de progreso lento.

En cualquier lugar en donde el método de los híbridos ha estado en práctica durante algunos años, los

mejoradores han empezado a discernir la forma por medio de la cual se logre el próximo incremento fuerte en rendimientos o, aún más, de cómo sería posible continuar con el método de los híbridos rompiendo la barrera actual.

La respuesta a este problema, cuando menos en parte, nos la están dando un grupo de genetistas brillantes, quienes han concentrado sus estudios sobre la naturaleza del "vigor híbrido" o heterosis y los tipos de acción de genes en la herencia cuantitativa. Los estudios sobre los tipos de acción de genes en la herencia cuantitativa han acumulado la suficiente convicción como para indicarnos que antes de lograr el siguiente salto en rendimientos por medio de los híbridos, es necesario incrementar el rendimiento de las variedades de polinización libre básicas, de las cuales se desarrollarán nuevos híbridos. En otras palabras, según hemos experimentado muchas veces en México, hay una alta correlación entre el nivel de producción de una variedad de polinización libre y el nivel de rendimiento que puede ser alcanzado de los híbridos obtenidos de ella.

La relación entre el rendimiento de los híbridos de maíz y las variedades de polinización libre puede ser explicada teóricamente sobre bases de acción de genes. Cuando mejoramos el rendimiento de las variedades de polinización libre, logramos esto, principalmente aumentando la frecuencia de genes que actúan aditivamente o agregando genes adicionales por rendimiento que no estaban presentes. La capacidad de rendimiento adicional en los híbridos es causada en gran parte por las acciones de genes que actúan en forma dominante, superdominante o epistática. El método de los híbridos hace factible explotar en una forma más completa cualquier aumento en rendimiento adicional que pudiera obtenerse cuando el heterocigoto Aa es mejor que cualquier homocigoto AA o aa y/u otros tipos de acción de genes responsables del vigor híbrido; pero el nivel de rendimiento alcanzado con un material dado, debe ser determinado en gran parte por el número y tipos de genes aditivos en la población.

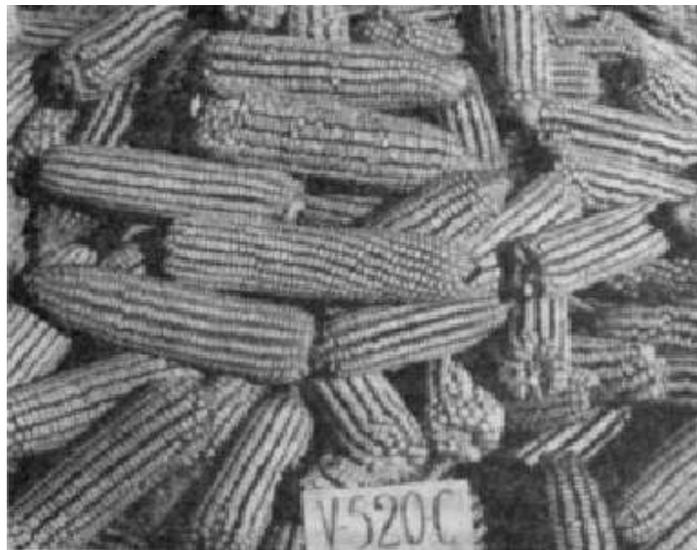


Fig. 3. Algunas variedades altamente productivas, como la que muestra esta foto, se han originado en México principalmente por mutaciones al azar, cruza intrevarietales accidentales, intervención del Teocintle y selección natural, sin mucha ayuda consciente del hombre.

Parece entonces que si queremos continuar haciendo un progreso constante en el potencial de rendimiento, es extremadamente importante ampliar nuestras bases genéticas y dedicar especial atención al mejoramiento de las variedades de polinización libre, de las cuales se obtendrán los híbridos futuros.

Al principio de este artículo se hizo notar cómo la naturaleza ha desarrollado durante los últimos 7000 años algunas variedades verdaderamente notables mediante mutaciones, interhibridación al azar y selección natural con la ayuda consciente o inconsciente del hombre. Esas variedades son solamente el resultado de la utilización genética de una pequeña parte de la variación total existente.

Si los resultados preliminares obtenidos pueden ser tomados como una indicación, el potencial productivo de las variedades modernas podrá ser incrementado tremendamente mediante la subsecuente hibridación o mezcla de razas. El Ing. Ramón Covarrubias recientemente probó las cruzas posibles entre 9 variedades de maíz diferentes en el Bajío, cerca de Celaya. El origen de esas variedades se muestra en la Tabla No. 3.

Tabla No. 3.—CLASIFICACIÓN DE NUEVE VARIEDADES CRUZADAS EN TODAS SUS COMBINACIONES POSIBLES

<i>Variedad</i>	<i>Raza</i>	<i>Altitud</i>
Mex. 61	Cónico	2 200 m.
Mex. 36	"	"
C. de Ixtac.	Chalqueño	"
Jal. 25	Celaya-Tuxpeño	1 600 m.
Jal. 47	Celaya	"
Gto. 77	Celaya	"
Son. 9	Harinoso de Ocho	50 m.
Ver. 9	Tuxpeño	"
V- 520- C	Tuxpeño	"

Las mejores 10 cruzas que rindieron igual o mejor que el testigo están tabuladas en la tabla No. 4. Como es evidente en esta tabla, la cruzada más productiva: C. de Ixtac. x V-520C (Raza Chalqueño x Raza Tuxpeño) rindió 27% más que el testigo H-353, que es actualmente el mejor híbrido para el Bajío en condiciones de riego.

Tabla No. 4.—CRUZAS INTERVARIETALES QUE RINDIERON EN PROMEDIO IGUAL O MEJOR QUE EL TESTIGO H-353 —EL BAJÍO, 1958

<i>Cruza</i>	<i>Rendimiento</i>	
	<i>Kgs. / Ha</i>	<i>% sobre testigo</i>
C. de Ixtac. x V-520-C	8 804	127
V-520-C x Mex. 61	7 934	114
Ver. 39 x Jal. 25	7 717	111
V-520-C x Jal. 25	7 608	109
C. de Ixtac. x Ver. 39	7 608	109
Ver. 39 x Mex. 36	7 391	106
Ver. 39 x Mex. 61	7 282	105
C. de Ixtac. x Jal. 25	7 065	102
V-520-C x Jal. 47	7 065	102
Gto. 77 x Mex. 61	6 955	100
Test. (H-353)	6 955	100

Esto ilustra claramente que aún se puede lograr mucho en el mejoramiento subsecuente de las variedades mediante la interhibridación de algunas de las variedades criollas.

Tenemos aún más ejemplos de extremo vigor híbrido en cruzas intervarietales o interraciales. Una de las cruzas interraciales más rendidoras en Veracruz ha sido una cruzada entre Tuxpeño y Harinoso de Ocho. Esta cruzada rindió tan bien como H-503 en cada uno de los dos ensayos hechos. Similarmente en América Central algunos,

entre un gran número de híbridos intervarietales hechos por el Dr. Mario Gutiérrez del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, y probados en los países Centroamericanos, rindieron igual o más que el híbrido H-503.

Cuánto de esta extrema expresión del vigor híbrido se debe a dominancia y cuánto a acción aditiva de genes, no lo podemos decir todavía sin hacer más pruebas, pero con razón podemos suponer, con base en la historia evolutiva del maíz, que gran parte de esto se debe a acción aditiva o a la adición de nuevos genes y bien podríamos; esperar que el rendimiento de las generaciones avanzadas de tales cruzas permaneciera arriba del promedio de sus padres. Para elevar los rendimientos de las variedades de polinización libre mediante la hibridación con materiales exóticos, debemos utilizar las variedades que adicionan algo nuevo al rendimiento.



Fig. 4. Mazorcas del Híbrido H-503. El genetista ha aumentado en un 30% el rendimiento de las mejores variedades criollas mediante el uso de las técnicas modernas de mejoramiento.

Los resultados de cruzamientos entre ciertas líneas autofecundadas de razas diferentes son igualmente sorprendentes. El año pasado el Ing. Gilberto Palacios de la Rosa de la O.E.E. probó una serie de híbridos hechos con líneas de una cruz de Tuxpeño x Celaya en combinaciones con líneas derivadas de una cruz simple, Mex. 37-5 x Urq. 54, constituida por líneas de la raza Chalqueño y Cónico Nortefío, respectivamente y que es la cruz simple hembra del híbrido H-125. Algunas de esas cruzas sembradas en Chapingo en terrenos irrigados rindieron desde 29% hasta 33% más que H-125, el híbrido muy sobresaliente que se distribuye ahora en la Mesa Central para riego. La Tabla No. 5 indica claramente las posibilidades de mejoramiento en rendimiento mediante la combinación de líneas autofecundadas de razas diferentes. Pero al explotar este tipo de ataque al problema, será

necesario mantener una constante vigilancia de la reacción a enfermedades. No habría tal dificultad si se trabajara con razas resistentes a las enfermedades por naturaleza, tales como Tuxpeño y Celaya, especialmente cuando se llevan a lugares más altos, pero al tratar de superar los rendimientos de híbridos como H-503 o H-504 en Veracruz, al sustituir algunas de las líneas de esos híbridos con líneas de Chalqueño, Cónico o Pepitilla, lo más probable es que esto resultaría en un significativo aumento en la susceptibilidad a las enfermedades. Sin embargo, el procedimiento garantiza provecho futuro en donde pueda ser utilizado.

Tabla 5.—CRUZAS TRIPLES SOBRESALIENTES HECHAS DE LÍNEAS DERIVADAS DE UN CRUZAMIENTO CELAYA X TUXPEÑO (H-3516) EN COMBINACIÓN CON LA CRUZA SIMPLE HEMBRA DEL H-125

<i>Cruza</i>	<i>Rendimiento</i>	
	<i>Kgs. / Ha.</i>	<i>% de H-125</i>
<i>Mex 37-5 x Urq. 54 x H-3516-92</i>	<i>12 870</i>	<i>133</i>
“ <i>x H-3516-89</i>	<i>12 814</i>	<i>132</i>
“ <i>x H-3516-87</i>	<i>12 485</i>	<i>129</i>
<i>H-125</i>	<i>9 712</i>	<i>100</i>

No existe duda alguna en mi mente de que podamos continuar elevando el rendimiento total por hectárea de maíz en México bajo condiciones de irrigación (o donde la humedad no es un factor limitante) mediante la obtención de variedades con capacidad de rendimiento cada vez mayor. ¿Pero, qué hay acerca de las variedades para las condiciones de temporal donde muchas veces la humedad sí es un factor limitante? Necesitamos variedades que puedan rendir cuando menos 300-500 kilos por hectárea en años muy secos y hasta como 7 a 8 toneladas por hectárea en años húmedos. Podría pensarse que estamos queriendo demasiado, pero no es posible obtener tales variedades.

Se ha encontrado que variedades de la raza Bolita, nativas del Estado de Oaxaca, son extremadamente resistentes a la sequía y tienen la capacidad de concentrar en una forma consistente todas las fuerzas fisiológicas en la producción de cuando menos unos pocos granos (20 ó 30) por planta en años de extremada sequía. En años húmedos esas mismas variedades pueden producir más de 400 granos por tallo o más de 3 toneladas por hectárea. Este germoplasma se utilizó en la formación del híbrido H-220 (Celita) para el Bajío, hace más o menos 12 años. En el año de 1950, que fue para el Bajío extremadamente seco, se había enviado a esta zona al principio de las siembras un camión con las primeras tres toneladas de semilla de este híbrido. La semilla se distribuyó (principalmente en ejidos) en pequeñas bolsas de manta amarilla con más o menos 3 kilos cada una y cada bolsa llevaba además una etiqueta identificando la variedad y con el nombre de "Comisión Nacional del Maíz" inscrito en la manta. En 1951, un año después de la sequía extrema, la "Comisión" fue inundada con un gran número de peticiones de demanda por semilla de la variedad distribuida en la "bolsita amarilla" el año anterior. Los agricultores no pusieron mucha atención en el nombre de la variedad que iba en la etiqueta, pero la identificaron como "la semilla de la bolsita amarilla". La razón por la demanda fue, como los mismos ejidatarios lo hicieron saber, debido a que en ese año fue la única semilla que produjo algo en terrenos de temporal. Este suceso fue realmente fantástico, considerando que los ejidatarios generalmente siembran sus variedades criollas, las cuales siempre han estado sujetas a las rigurosas variaciones climáticas del Bajío.

El híbrido H-220, como todos esos agricultores que lo han estado sembrando desde 1950 la saben, producirá aunque sea poco en un año seco, pero también fácilmente producirá 4 toneladas por hectárea de maíz en un buen suelo y en un año húmedo. El H-220 aún cuando ahora es bastante plástico, podría, con cierta seguridad, ser mejorado más con respecto a esa característica y sin lugar a dudas se podría desarrollar otras variedades semejantes para otros lugares con problemas de sequía severa, mediante la hibridación apropiada de las variedades resistentes que la naturaleza ha formado. Paralela al mejoramiento de los rendimientos y resistencia a la sequía, se debe poner mayor atención también a la resistencia a enfermedades e insectos. Las variedades mejoradas no sólo necesitan alimentarse mejor, sino también ser protegidas, si se requiere estimular su potencial máximo. A medida que se aumenta el rendimiento de las variedades mediante la interhibridación y selección, mayor resistencia a las enfermedades e insectos deberán proporcionárseles.

#### SUMARIO Y CONCLUSIONES

De acuerdo con la edad de los restos de plantas encontrados en las cuevas habitadas por los primeros pobladores de México, el maíz estuvo en sus primeras etapas de domesticación del maíz silvestre hace 7 000 años. Como evolucionó de una planta capaz de producir solamente unos pocos kilos por hectárea, a una planta capaz de producir de 15 000 a 18 000 Kgs. por hectárea bajo condiciones modernas de cultivo, es una historia realmente fantástica. Aún cuando algunos detalles de esta historia pueden ser ignorados por algún tiempo todavía, es muy cierto que los primeros cambios fueron relativamente lentos y dependientes en gran parte de mutaciones ocasionales y selección natural con la ayuda inconsciente del hombre. Este proceso tal vez ocurrió en los primeros 3 ó 4 000 años de su domesticación. Gradualmente y mediante las peregrinaciones naturales del hombre, los tipos primitivos se distribuyeron ampliamente a través de México y de otras partes de Norte y Sur América. En diferentes áreas se desarrollaron diferentes variedades, las que más tarde fueron reunidas por el azar, hibridándose entre ellas. Las primeras variedades que verdaderamente fueron desarrolladas por aislamiento en México y tal vez en Guatemala, se reunieron por el azar y de la interhibridación resultante se lograron variedades nuevas más productivas. Más tarde hubo un influjo de variedades altamente desarrolladas en Sudamérica, lo que motivó un grado verdaderamente explosivo de evolución. Mediante la interhibridación de las variedades exóticas sureñas con las criollas locales, se obtuvieron nuevas variedades sobresalientes altamente productivas. Superpuesta en este proceso estuvo la infiltración de teosinte en maíz, el que, además de agregar nuevas características, aumentó la mutabilidad de ciertos genes del maíz, proveyendo variación adicional en la que pudieron actuar las diferentes fuerzas de la selección.

En 1940 el Gobierno de México organizó sus primeros Programas de Mejoramiento de Maíz. Estos programas fueron diseñados para mejorar subsecuentemente lo que la naturaleza, tal vez con la ayuda de algunos agricultores, había proveído hasta entonces. Se seleccionaron variedades de toda la República, las cuales fueron probadas en las principales áreas maiceras. Algunas variedades sobresalientes muy productivas fueron encontradas, las que fueron aumentadas inmediatamente y distribuidas ampliamente entre los agricultores. Estas variedades sobresalientes fueron también seleccionadas para constituir la base de un programa genético diseñado o dado para mejorarlas aun más. El programa genético produjo algunas variedades mejoradas de polinización libre, pero su avance más considerable se hizo en la producción de algunos híbridos sobresalientes, mediante la recombinación de líneas autofecundadas. Estos híbridos rindieron de 20 a 30% más que las mejores variedades de polinización libre de las que fueron hechas y casi el doble de muchas de las variedades criollas bajo buenas condiciones de fertilidad.

Mediante el uso de esta semilla mejorada y en combinación con fertilizantes comerciales y mejores prácticas culturales, México no solamente ha llegado a ser autosuficiente en la producción de maíz, pero el año pasado (1959) produjo una cosecha más grande estimada en 5 600 000 toneladas. Esto no fue logrado dedicando tierras nuevas al cultivo del maíz, sino principalmente en tierras que habían sido sembradas con maíz por muchos años en el pasado.



Fig. 5. El uso de semilla mejorada, además del empleo de fertilizantes químicos, en combinación con humedad adecuada y buenas prácticas culturales, ha resultado en rendimientos hasta de 15 toneladas por hectárea.

En un corto período de 20 años se han obtenido híbridos de alta producción para todas las áreas de México productoras de maíz más importantes, desde el nivel del mar hasta los 2 600 mts. de altura. Lo que en realidad nos preocupa ahora es cómo vamos a atacar los retos del futuro. Si la población continúa su incremento al ritmo actual, en los próximos 30 años habrá el doble de bocas que alimentar. Además habrá menos tierra que la actualmente disponible. A medida que la población aumenta, se necesita más y más tierra para la expansión de ciudades, nuevas ciudades industriales, nuevos caminos, nuevos aeropuertos, etc. ... Esto significa menos tierra para la agricultura y enfatiza la necesidad de mayor producción por unidad de área.

Nuestro trabajo como genetistas es el de tratar de atacar ese reto en parte por medio de la obtención continua de variedades de mayor productividad. Actualmente las variedades de la primera etapa de mejoramiento están siendo distribuidas ampliamente. Las variedades que sean obtenidas en la siguiente etapa deben ser mejores que aquellas de la primera y así sucesivamente en cada etapa.

Esto puede ser realizado, pero para eso necesitamos cambiar algo nuestros procedimientos. Simultáneamente con el desarrollo del primer grupo de híbridos para México, dedicamos considerable tiempo al estudio de la variación producida en los 7 000 años de evolución natural. Las numerosas muestras de maíz colectadas los primeros años del programa de mejoramiento fueron estudiadas y clasificadas en raza. Con base en estos estudios fue posible conseguir una idea bastante clara de los factores que jugaron una parte importante en su evolución. Nosotros no tuvimos este conocimiento de 1940 ó 1944, cuando el mayor esfuerzo fue dedicado al mejoramiento

subsecuente del maíz. Ahora, con nuestro actual conocimiento de las necesidades presentes, junto con un mejor entendimiento del origen y parentesco de la rica diversidad de germoplasma existente en las diferentes razas de maíz de México y de otras partes del Hemisferio Occidental y con todas esas diferentes fuentes de germoplasma a nuestra disposición, debemos estar capacitados para producir en el futuro algunas variedades muy superiores.

Las variedades de las cuales fueron derivados los primeros híbridos representan sólo una pequeña fracción de la variación total existente. Para montar el escenario para el desarrollo de los superhíbridos del futuro, necesitamos regresar y mezclar germoplasma de variedades no emparentadas que la naturaleza ha construido en el pasado, pero debemos nosotros hacerlo de una manera sistemática. Esto requerirá estudios más adelantados sobre el origen y parentesco de las razas de toda América, la identificación y separación del germoplasma superior para cada grupo de condiciones diferentes y un estudio de los problemas inherentes con la aislación e incorporación de nuevos genes de tipos exóticos que puedan añadir nuevos caracteres que resulten en un mejor comportamiento, sin perder lo que ya se tiene.

Necesitamos métodos de mejoramiento más eficientes, pero antes de que esperemos diseñarlos, es necesario un mejor entendimiento del vigor híbrido y de otros tipos de acción cuantitativa de genes. Una revelación de los secretos que la naturaleza ha encerrado en la formación de algunas de las razas modernas incipientes sobresalientes en México, tales como Chalqueño, Tuxpeño y Celaya, con respecto a los tipos de acción cuantitativa de genes, nos proporcionaría una gran riqueza de información útil sobre la naturaleza de la herencia cuantitativa, información esencial para el desarrollo de métodos de mejoramiento más eficientes. Debemos descubrir el porqué esas razas son buenas; qué es lo que poseen para ser buenas; en dónde podemos conseguir lo que las hace mejores y cómo lo podemos manejar donde nosotros lo deseamos, una vez que sabemos de dónde conseguirlo.

El método de "maíz híbrido" ha aportado una forma de conseguir un incremento sustancial preferentemente rápido de la producción, casi con cualquier variedad. El mundo espera ahora que alguien muestre cómo puede ser logrado el siguiente salto en los rendimientos. Los secretos de esto están embrollados en la evolución del maíz en Latino América. La investigación requerida para revelarlos puede ser llevada a cabo mejor que en algún otro lugar en Latino América y representan un verdadero reto a los científicos latinoamericanos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup> BARGHORN, E. S., M. K. WOLFE and K. H. KLISBY, 1954. Fossil Maize from the Valley of Mexico. Bot. Museum Leaflets. Harvard Univ. 16:229-240.
- <sup>2</sup> BRIEGER, F. G., J. T. A. GURGEL, E. PATERNIANI A. BLUMENSCHNEIN and M R. ALLEONI 1958. Races of maize in Brazil and other eastern South American countries Publ. 593, Nat. Acad. Sciences—Nat. Res. Council Washington D. C.
- <sup>3</sup> HATHEWAY, William H. 1957. Races of maize in Cuba. Publ 543, Nat. Acad. of Sciences — Nat. Res. Council. Washington. D. C.
- <sup>4</sup> GALINAT, W. C., P. C. MANGELSDORF and L. PIERSON. 1956. Estimates of teosinte introgression in archeological maize. Bot. Museum Leaflets, Harvard Univ. 17: 101-124.
- <sup>5</sup> GROBMAN, A. W., W. SALHUANA and P. C. MANGELSDORF. 1956. Races of maize in Peru. Maize Genetics Corp. News Letter 30: 27-30.
- <sup>6</sup> MAC NEISH, R. S. 1958. Preliminary archeological investigations in the Sierra de Tamaulipas. Mexico. Transactions of the Am. Phil. Soc., Vol. 48, Ft. 6, Philadelphia.
- <sup>7</sup> MANGELSDORF, P. C and REEVES, R. G. 1939. The origin of Indian corn and its relatives. Texas Agric. Exper. Sta. Bull. 574: 1-315
- <sup>8</sup> MANGELSDORF, P. C. and E. C. SMITH. Jr. 1949 New archeological evidence on evolution in maize. Bot. Museum Leaflets. Harvard Univ. 13:213-247
- <sup>9</sup> MANGELSDORF, P. C. 1954. New evidence on the origin and ancestry of maize. American Antiquity 19:409-410.

- 10 MANGELSDORF, P. C. and R. H. LISTER. 1956. Archeological evidence on evolution of maize in northwestern Mexico. Bot. Museum Leaflets, Harvard Univ. 17:151-178.
- 11 MANGELSDORF, P. C., R. S. MAC NEISH and W. C. GALINAT. 1956 Archeological evidences on the diffusion and evolution of maize in northeastern Mexico. Bot. Museum Leaflets Harvard University, 17:151-177.
- 12 MANGELSDORF, P. C. 1958. Reconstructing the ancestor of corn. Proc. Am. Phil. Soc. 102: 454-463.
- 13 MANGELSDORF, P. C. 1958. The mutagenic effects of hybridizing maize and teosinte. Cold Spring Harbor. Symp. Quant. Biol. 23:409-421.
- 14 MANGELSDORF, P. C. and R. G. REEVES. 1959. Place and time of origin. Bot. Museum Leaflets, Harvard Univ. 18:413-427.
- 15 MANGELSDORF, P. C. and R. G. REEVES. 1959. The origin of corn I. Pod corn, the ancestral form. Bot. Museum Leaflets, Harvard University. 18:329-356.
- 16 MANGELSDORF, P. C. and R. G. REEVES. 1959. The origin of corn III. Modern races, the product of teosinte introgression. Bot. Museum Leaflets 18:389-411.
- 17 RAMÍREZ E., Ricardo David H. TIMOTHY, Efraín Díaz B., U. J. GRANT. in collaboration with G. Edward Nicholson Calle. Edgar Anderson, William L. Brown. Races of maize in Bolivia. Nat. Acad. Sciences Nat. Res. Council Pub. No. 747. 1960.
- 18 REEVES. R. G. and P. C. MANGELSDORF. 1959. The origin of corn II. Teosinte. a hybrid of corn and *Tripsacum*. Bot. Museum Leaflets, Harvard Univ. 18:357-387.
- 19 ROBERTS, L. M., U. J. GRANT, Ricardo RAMÍREZ E., W. H. HATHEWAY and D. L. SMITH. 1957. Races of maize in Colombia. Publ. 510. Nat. Acad. of Sciences —Nat. Res. Council, Washington. D.C.
- 20 WEATHERWAX, P. 1954. Indian corn in old America. New York. MacMillan.
- 21 WELLHAUSEN. E. J., L. M. ROBERTS and E. HERNÁNDEZ X. in collaboration with Paul C. Mangelsdorf. 1952. Races of maize in Mexico, their origin, characteristics and distribution. The Bussey Institution of Harvard University.
- 22 WELLHAUSEN, E. J. Alejandro FUENTES O. and Antonio HERNÁNDEZ CORZO. in collaboration with Paul C. MANGELSDORF, 1957. Races of maize in Central America. Publ. 511. Nat. Acad. om Sciences—Nat. Res. Council, Washington, D. C.
- 23 VAVILOV, N. I. 1931. Mexico and Central America as the principal center of origin of cultivated plants in the New World. Bull. Appl. Bot. Gen. Pl. Breeding 26: 179-199.