

# El maíz y la biotecnología a nivel mundial

Marisela Flores G.\*

## Introducción

El presente trabajo ha sido desarrollado en el marco del proyecto de investigación. "La introducción de la biotecnología en el desarrollo de la agricultura y la producción de alimentos: estrategias alternativas para México y América Central", bajo la Coordinación General del Dr. Gonzalo Arroyo de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Nuestro estudio corresponde a la primera etapa de la investigación cuyo objetivo consistió en elaborar un diagnóstico del Subsistema mexicano maíz que consta de dos partes: 1) El maíz y la biotecnología a nivel mundial y 2) El sistema maíz mexicano en sus fases agrícola y agroindustrial \*\*.

En este artículo haremos referencia exclusiva al primero de los apartados mencionados. En él nos planteamos como objetivo específico analizar las determinantes generales que a nivel mundial están siendo la pauta en el desarrollo de la biotecnología, tanto a nivel de la producción de semillas de maíz mejor adaptadas a las necesidades actuales, como de los avances en el desarrollo de biotécnicas que permiten ampliar los usos industriales del maíz y sus derivados. Dividiremos nuestra presentación en cinco apartados: 1) La producción mundial de maíz y de isoglucosas; 2) El comercio internacional de maíz; 3) El comercio mundial de semillas y ETN<sup>1</sup> y líderes; 4) Breve antecedente y estado actual del desarrollo del maíz y 5) la biotecnología y los derivados del maíz.

\* Investigadora de Proyecto "Biotecnología y Autosuficiencia Alimentaria para México y Centroamérica.

\*\* Dicho estudio fue presentado en el Seminario "La Biotecnología y la Autosuficiencia alimentaria para México y América Central", celebrado del 6-10 de abril de 1987 en Tegucigalpa, Honduras, C.A.

## 1. Producción mundial del maíz y de Isoglucosa.

### a) Maíz.

La producción mundial de maíz en 1985 alcanzó 490 millones de toneladas que significaron 57% de la producción mundial de cereales secundarios. Los principales países productores ese año fueron: E.U.A. (225), China (62), Brasil (22), la C.E.E. (21) de los cuales Francia (12), México (15), URSS (15) y Rumania (14) (5). Cabe destacar la presencia cada vez más importante de China en la producción mundial de este grano.

En 1985 la superficie mundial cosechada de maíz continúa ampliándose para alcanzar 133 millones de hectáreas, siendo el 18% del total del área cerealera cosechada. Los países con mayores áreas dedicada a este cultivo fueron E.U. (30), China (18), Brasil (12), México (8.4) e India (5.8) (5).

A nivel de los rendimientos, el promedio mundial en 1985 fue de 3.686 kg/Ha. cifra record en los últimos años. Los países con mayores rendimientos sobrepasan con amplio margen dicho promedio: Emiratos Arabes (22,222) Nueva Zelanda y Países Bajos (10,000), Grecia (8,867), Austria (8,310) y Suiza (8,218). México por su parte, alcanza solamente 1,673 kg/Ha, continuando así la tendencia a la baja que se venía observando desde 1980 año en que se obtiene el nivel record de rendimientos (1,829 kg/Ha).

1983 fue mal año para la producción mundial de maíz ya que disminuyó en 104 millones de ton. respecto al año anterior. (Ver Cuadro No. 1). Esto se debió fundamentalmente a la baja de la producción de los EUA, la cual se contrajo en un monto equivalente<sup>2</sup>. Los rendimientos por Ha. en EUA se vieron afectados considerablemente. Aunque conyuntural esta baja de rendimientos en 1983, los EUA han cedido terreno desde entonces frente a otros países que continúan elevando sus rendimientos. En 1984 las reservas de maíz de EUA disminuyeron en 79 millones de ton. A nivel mundial, las reservas de cereales secundarios (de los cuales el maíz rige el mercado) llegaron a sus niveles más bajos jamás obtenidos (4). Ese año terminó con una tendencia general del mercado a la baja tanto para el maíz como para los restantes cereales secundarios.

Globalmente 1984 y 1985 se caracterizan por alzas considerables en la superficie cosechada, la producción y los rendimientos mundiales. La situación mundial de la producción cerealera en 1986 se estima a niveles sin precedente con lo cual el suministro total se verá incrementado.

### b) Isoglucosas

La aparición de las iso-glucosas a base de almidón de maíz como resultado de la aplicación de biotécnicas a la producción de nuevos productos sucrantes, constituye un fenómeno que contribuye a diversificar la utili-

zación de los cereales (maíz principalmente). Esto ha venido a cambiar y desestabilizar de manera importante el mercado mundial convencional del azúcar.

La biotecnología, ampliando así la gama de productos edulcorantes, contribuye a aumentar la competencia entre países agro-exportadores del norte y del sur.

La producción industrial y masiva del azúcar de almidón es una innovación integrante de la estrategia de los principales agentes que dominan el mercado mundial de materias primas agrícolas. Gracias a las iso-glucosas, el maíz abre una brecha importante entre los mercados de glúcidos que venían siendo exclusividad de los productores especializados de caña y de remolacha. Esta apertura asegura a EUA que cubre aproximadamente 50% de la producción y un poco más del 70% de las exportaciones mundiales de maíz, una ventaja considerable. A corto plazo esto les ha permitido aumentar la demanda internacional de derivados de maíz y limitar sus importaciones de azúcar. A mediano y largo plazo, esto asegura el reforzamiento del poder de E.U.A. en la modificación de los modelos de consumo alimenticio (3).

#### CUADRO No. 1

#### PRODUCCION MUNDIAL DE MAIZ (Millones de Ton.)

		% de la producción de cereales secundarios*
1979-81	422.6	56
1982	451.1	
1983	347.4	50
1984	452.8	56
1985	490.2	57

FUENTE: Elaboración propia en base al Anuario FAO de producción 1985.

\* Incluye: Cebada, avena, centeno, sorgo, mijo y maíz.

El impacto de las isoglucosas en el mercado norteamericano, primero y su uso creciente en el mundo, después, es coherente con la tendencia de homogeneizar las técnicas de producción agrícola y los modelos de consumo alimenticio de las grandes potencias agroexportadoras aunque también de los PVD.<sup>3</sup> Esta situación va de par con el retroceso de las agriculturas

diversificadas y artesanales de los PVD, en beneficio de la satisfacción de las necesidades alimenticias mundiales, las cuales refuerzan la agricultura moderna de los países industriales (3).

La producción mundial de isoglucosas aparece en el cuadro siguiente:

**PRODUCCION MUNDIAL DE ISO-GLUCOSAS**  
(Miles de Tons. de materia seca)

	1975	1982	1983	1984	1985
Prod. Mundial	580	4000	4600	5500	6300
E.U.A.	480	2810	3265	3950	4600
Japón	100	525	588	635	670
Canadá	—	110	160	208	265
C.E.E.	—	200	250	260	260

FUENTE: Chalmin y Gombeaud, en Arroyo y Arias (1).

Dichos datos no diferencian el origen de las iso-glucosas. En E.U.A. ellas provienen masivamente del jarabe de maíz, pero en Europa la materia prima es muy diversificada (mandioca o yuca, papa, etc.) El análisis de los datos de la producción mundial de iso-glucosas refleja varios fenómenos importantes: 1) el fuerte crecimiento del volumen producido para alcanzar 6.3 millones de ton. en 1985 (contra sólo 0.6 millones en 1975), 2) La concentración regional de la producción con amplio dominio de los EUA (73%) y 3) la reciente introducción de Canadá y la CEE en la producción.

El volumen de los subproductos de las isoglucosas maiceras ha aumentado paralelamente a la introducción en el mercado del jarabe de maíz rico en fructuosa (JMRF). El gluten de maíz en particular ha encontrado un cliente importante en la CEE, ya que al no estar sujetos a la legislación aduanera europea, son particularmente más baratos que los cereales de la propia C.E.E. que están favorecidos por un precio de apoyo. Las importaciones europeas de 'corn gluten feed' pasaron entre 1967 y 1982 de 300,000 a 3 millones de tons. Aunque a partir de 1982 Canadá y la C.E.E. aparecen como productores, las exportaciones mundiales de dicho producto en 1983 provenían casi en totalidad de los glucoseros americanos y eran dirigidas en la misma proporción hacia la C.E.E. (3.6 millones de tons. sobre 3.8 producidas, las cuales correspondieron a la trituration de 16 millones de tons. de maíz).

El precio del jarabe de maíz era entre 20 y 30% más bajo que el del azúcar. El jarabe de maíz por ser líquido ofrece mayores ventajas en la comercialización que el azúcar. Esto es técnicamente más conveniente

para la industria refresquera, principal consumidor de JMRF. Otra ventaja suplementaria es el buen precio del subproducto 'corn gluten feed'. (1).

Otros subproductos de dichas isoglucosas en orden de importancia son los aceites y las fibras. Estos productos son comercializados en forma de tortas o de productos destinados a la alimentación animal ('corn gluten meal', 'corn gluten feed') o humana (aceite de maíz, harina de gluten usada en planificación fina, biscochería y galletería). La venta de estos subproductos permite reducir considerablemente el precio de las isoglucosas (3).

La principal isoglucosa obtenida a partir de las técnicas enzimáticas desarrolladas por las compañías americanas<sup>4</sup> es el JMRF. En 1983 la producción mundial de las iso-glucosas representaba menos de 5% del tonelaje de azúcar (de caña y de remolacha). Sin embargo, a nivel del mercado internacional del azúcar su impacto es mayor ya que reemplazan el azúcar que los países del Norte (principales consumidores), importaban de los países del Sur. Las iso-glucosas cubren cada vez una parte creciente de las necesidades de edulcorantes de la industria alimenticia.

Hasta 1980, la estrategia de los principales productores de iso-glucosas norteamericanos consistió fundamentalmente en consolidar el mercado interno, dando prioridad al sistema almidonero. Es sólo hasta finales de la década pasada que los objetivos de reforzar su presencia sobre el mercado mundial adquieren mayor relevancia. Con dichos objetivos se busca compensar la pérdida de dinamismo del mercado que empieza a saturarse. Es así que el mercado exterior de iso-glucosas se convierte en uno de los pivotes del desarrollo del sistema almidonero norteamericano.

Dicho desarrollo se concretiza en la política de exportaciones cerealeras, en la ganadería industrial y en la valorización de los subproductos maiceros (3). Como el jarabe de fuctuosa no se puede transportar fácilmente, el reforzamiento de la presencia de los más grandes productores sobre el mercado mundial se ha hecho por tres vías:

1) A través de la apropiación de las técnicas de producción y de la búsqueda de nuevos socios capaces de ponerlas en práctica. En los años 80, las compras o cesiones de patentes y licencias se multiplicaron entre los productores de iso-glucosas, pero mas entre productores de etanol y de almidón.

2) Con la ampliación de las relaciones técnicas y financieras con sus filiales o con empresas implantadas en mercados donde las iso-glucosas no han penetrado o lo han hecho muy poco;

3) Con la participación directa de los productores de iso-glucosas en el comercio internacional del maíz y de subproductos almidoneros. El aumento de las importaciones de dichos productos en un número considerable de países desarrollados se da por una parte, por el desarrollo de la producción y el consumo de iso-glucosas, y por otra parte, por el de la producción de alimentos balanceados.

## 2. Comercio Internacional de maíz.

En un contexto de excedentes considerables, el comportamiento reciente del mercado de cereales secundarios está también relacionado estrechamente con la importancia que han estado adquiriendo productos sustitutos en la alimentación animal. La C.E.E. por ejemplo, importó en 1983, 14 millones de Ton. de dichos productos (yuca, "corn gluten feed", y desechos de cítricos en ese orden). Así desde 1984 el interés de los grandes productores de cereales se dirige principalmente a incrementar la competitividad de las exportaciones. A partir de ese año el mercado internacional de cereales se caracteriza por una intensificación de lo que se ha llamado la guerra comercial, lanzada particularmente por los EUA contra la CEE.

Los aumentos generalizados de la producción cerealera, unidos a la lenta recuperación económica y a las dificultades financieras que afectan la demanda de importaciones de numerosos países, han provocado la disminución del comercio a su nivel más bajo desde 1978/79.

Así, en 1985 el intercambio internacional se redujo en 20 millones de Ton. respecto a 1984. Los roles de las diferentes monedas y en particular la baja del dólar, constituyen asimismo factores determinantes de las fluctuaciones de los mercados de materias primas. Esta situación, aunada a la baja de las importaciones soviéticas han contribuido a la baja sensible de los precios.

En el comercio mundial de maíz se observa del lado de la oferta, una gran concentración en unos cuantos países, en donde los E.U.A. participan con más del 70% de las exportaciones totales (72% en 1984), le siguen en importancia aunque con mucho menor peso: Argentina (8%), Francia (7.6%) y Tailandia (4.6%). Respecto a la demanda, los principales importadores en 1984 fueron Japón, la CEE, URSS, China, Sudáfrica y México.

Dados los déficits maiceros de la CEE, la disputa entre ésta y los EUA por los mercados cerealeros y específicamente en lo referente al maíz, no había tenido la importancia que tan recientemente está adquiriendo ya que los EUA han visto reducir sus exportaciones por la pérdida del mercado español y portugués a partir de su incorporación a la CEE. El reto principal de los EUA se sitúa a nivel de la pérdida relativa del nivel de rendimientos en la escala mundial, así como de la valorización de sus excedentes maiceros en donde han logrado grandes avances ("corn gluten feed", "corn gluten meal", etanol).

Los precios internacionales de maíz manifiestan una fuerte tendencia a la baja desde 1974 en donde se obtiene el mayor precio en términos constantes desde 1960 (Ver Cuadro No. 2). Debido a los altos rendimientos y a las enormes reservas mundiales, los precios del maíz se siguen deprimiendo. En enero de 1986 el maíz vale 107 US dólares la tonelada y se estima que

dicha tendencia a la baja habrá de continuarse. La baja del "loan rate"<sup>5</sup> para el maíz prevista para octubre de 1986 conducirá al nivel de "precios mínimos mundiales" de 75 dólares (4).

CUADRO No. 2

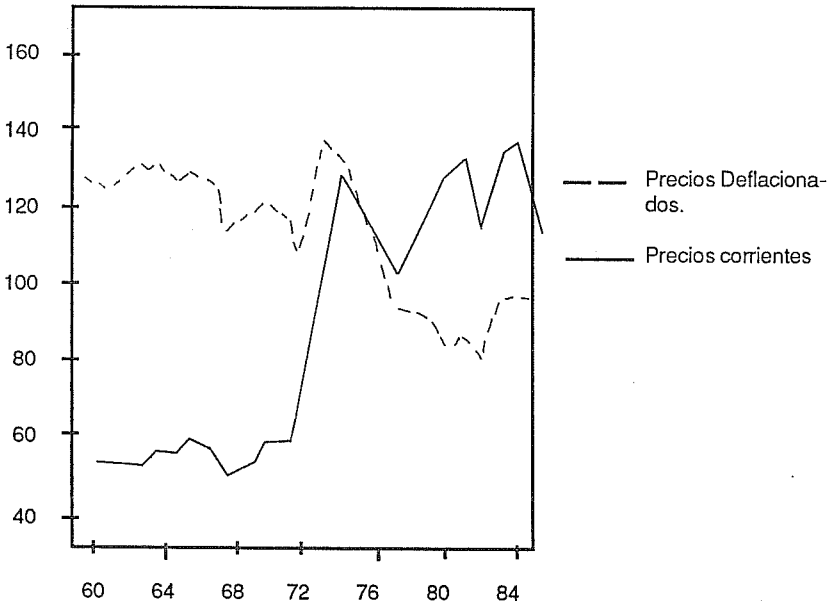
PRECIOS DEL MAIZ 1960-1984 (\$EU por T. actuales y deflacionados) Tipo: EU No. 2 amarillo, Fob puertos del Golfo		
	Corrientes	Deflacionados
1960	52.0	129.3
1961	50.0	122.9
1962	50.0	126.2
1963	53.9	133.6
1964	54.7	131.3
1965	55.5	128.6
1966	58.3	132.9
1967	54.3	125.6
1968	48.0	110.7
1969	52.4	115.2
1970	58.3	119.2
1971	58.3	116.6
1972	55.9	102.5
1973	97.6	140.0
1974	131.9	137.0
1975	119.3	119.3
1976	112.6	110.4
1977	95.3	85.9
1978	100.8	83.3
1979	115.3	79.5
1980	126.4	71.4
1981	131.1	75.5
1982	110.0	66.3
1983	136.0	86.3
1984	138.0	86.9
*1985 Enero	119.0	
Diciembre	110.0	
*1986 Enero	107.0	

FUENTE: FAO, Situación y perspectivas de los prods. básicos 1984-85, Roma 1985.

\* FAO; Perspectivas Alimentarias.

## GRAFICA A

### TENDENCIA DE LOS PRECIOS 1960-84 (\$.U. por ton.)



FAO: Situación y perspectivas de los productos básicos 1984-85.  
ROMA 1985. (Ver datos).

Según la Ley de Seguridad Alimentaria de E.U. de diciembre de 1985, los niveles mínimos del precios del maíz en 86 se pueden fijar en 75.59 US ds.<sup>6</sup> Los precios sucesivos (1987-1990) se calcularon como porcentaje del precio medio recibido por los productores durante el anterior quinquenio, con una reducción máxima del 5% al año, pero con la posibilidad de una ulterior reducción de hasta un 20% anual a discreción de la Secretaría de Agricultura (FAO Perspectivas Alimentarias, febrero 86).

Dada la importancia de los stocks previstos para el fin de la cosecha de 1986, y a menos de un muy poco probable acuerdo internacional que busque reducir los subsidios a las exportaciones, difícilmente se puede preveer otra cosa que no sea una agravación de la situación del mercado mundial cerealero en 1986, otro tanto debido a la baja del "loan rate". Ni siquiera los proyectos de utilización industrial de cereales para la producción de etanol (Proyecto FERUZZI para la C.E.E.) tendrían un impacto real sobre la demanda cerealera.



En estos años de recesión sobre los mercados internacionales las empresas del comercio internacional de cereales, sólo han podido buscar sobrevivir. La víctima más remarcada ha sido Philip Brothers. En el caso de los industriales almidoneros, son ellos los que han ido hacia el comercio de cereales (4).

### **3. Comercio Mundial de Semilla de Maíz y firmas líderes.**

Los principales países importadores de semillas de maíz en 1981 fueron en orden de importancia: la URSS, Alemania Federal, Italia, Canadá, Polonia, Bélgica y los Países Bajos. Los principales exportadores fueron en ese orden: Yugoslavia, Francia, E.U.A., Hungría, Canadá y Rumania. Entre 1980 y 1983 Francia deja de ser exportadora, reforzándose el rol de E.U. y de los países del Este. (6).

La empresa semillera más potente en el mundo es Pioneer y los híbridos de maíz constituyen su principal campo de acción. El poder de dicha empresa radica en su capacidad en la investigación. En 1982 su inversión en investigación fue de 3.4% de la cifra de negocios y de 7.601 dólares por empleado, mientras que las 34 mayores firmas agro-alimentarias americanas obtuvieron en ambos rubros 0.7% y 834 dls. (6). En el mercado estadounidense Pioneer maneja más de 100 híbridos de maíz, con 10 de los cuales cubre 60% de las ventas de dicho grano. Sus híbridos se venden en 90 países principalmente en Europa (aproximadamente 2/3).

Su red internacional comprende: 12 filiales extranjeras (3 de ellas latino-americanas: Brasil, Argentina y México); 19 centros de investigación de maíz (uno de ellos en México, además de los 23 de E.U.) y 5 centros de producción de razas parentales (además de los 4 de E.U.A.).

Recientemente Pioneer ha iniciado trabajos en el área de la biotecnología, con la Microbial Genetics División trabaja sobre productos de fermentación de ensilaje y el restablecimiento de la flora microbiana. En 1985 planteaba iniciar trabajos sobre microbios herbicidas e insecticidas y sobre el crecimiento de plantas. En ingeniería genética sus inversiones han sido más bien modestas (6% del presupuesto de inversión) (6). En este contexto internacional cabe destacar como México se ha convertido en el segundo cliente de semillas mejoradas a pesar del monto reducido y del sesgo que el uso interno de dicho insumo tiene.

### **4. Breve Antecedente y Estado Actual del Desarrollo del Maíz.**

El maíz fue domesticado en el Centro-Sur de México (Sur de Puebla y norte de Oaxaca) hace más de 6,500 años. Hay algunos autores que sitúan su origen hace 10 ó 12 mil años (10) aunque hay antecedentes de polen fósil de maíz en México que puede tener 80 mil años de antigüedad. La variedad

de maíz más antigua arqueológicamente conocida es un maíz tunicado-reventón, actualmente extinto. El pariente silvestre vivo más cercano del maíz cultivado es el teosinte (*Zea Mexicana*). Muchas razas modernas de maíz son producto de la introgestión del teosinte. Los parientes más cercanos del maíz cultivado son: *Zea*, *Euchlaena* y *Tripsacum* sea que ambas se originaron separadamente de una forma ancestral común o que *Zea* se derivó de *Euchlaena* por mutación (7). Después del descubrimiento de América, el maíz es llevado y expandido rápidamente en Europa. En E.U.A. el maíz es sinónimo de grano y da el nombre de "faja maicera" (corn belt) a la región del medio-este, testimoniando la gran importancia que dicho grano tiene para las comunidades rurales de dicha zona (6).

En medio siglo, el maíz se ha convertido (después del trigo y el arroz) en el tercer cereal en el mundo, tanto en superficie como en producción; 123 millones de Has. y 440 millones de toneladas. La superficie sembrada y los rendimientos mundiales se han duplicado en los últimos 30 años.

El mejoramiento de variedades de maíz se sitúa más recientemente, hacia fines del siglo pasado, principalmente en E.U.A., pero no es sino hasta fines de los años 20's que aparece la primera sociedad dedicada exclusivamente a la producción de semillas híbridas de maíz (Hybrid Corn Co. en 1926, que en 1928 pasa a ser Hibred Corn Co. y en 1935 se convierte en Pioneer, una de las más importantes ETN productores de semillas en la actualidad). (6).

Los mayores rendimientos de los híbridos de maíz se revelan particularmente útiles, justo en el momento en que la crisis de los años 30 requiere de ellos. A partir de entonces el nombre de Wallace se vincula directamente a la política americana, al convertirse Henry A. Wallace en el secretario de agricultura de Roosevelt en 1933 y en Vice-presidente en 1940.

Los mayores rendimientos obtenidos por los híbridos americanos conducen a la búsqueda de su adaptación a las condiciones específicas de los suelos europeos, sobre todo después de la 2da. Guerra. Su expansión se prosiguió posteriormente en la URSS (1955).

La cantidad de semillas de maíz producidas en el mundo aumentó en 50% entre 1970 y 1980. Los intercambios mundiales se triplicaron creciendo por lo tanto más rápidamente que la producción. La industria de semillas híbridas de maíz es rentable gracias a que los productores tienen un acceso privilegiado a las variedades obtenidas por los servicios públicos (en E.U.A. disponen de ellas gratuitamente). El precio de los híbridos es mucho mayor que el maíz de consumo (en Francia es 12 veces mayor; el valor agregado oscila entre 60 y 70% y la ganancia de los distribuidores es de 14%) (6). Las empresas productoras de semillas han buscado integrarse verticalmente desde la selección hasta la distribución.

El impulso de las pruebas de híbridos americanos en Europa se desarrolla después de la 2da. Guerra, financiado dentro del marco del Plan Marshall.

para la reconstrucción de estos países devastados por la guerra (6). Los mejores híbridos utilizados en esa época fueron los Wisconsin 255 y 355. Entre 1950 y 1971 las variedades de híbridos comercializados en Europa Occidental provenían esencialmente de la investigación pública estadounidense y francesa a partir de 1958. En los años 70 las empresas semilleras de maíz comienzan a ser absorbidas por los multinacionales de la farmacéutica y de la química.

Las empresas que se revelan con mayor potencial en el futuro próximo en el campo de las semillas, son aquella que han integrado las actividades industriales de producción de semillas y la biotecnología (Asgow-Upjohn, Funk-Ciba Geigy, Northrup King-Sandoz y Atlantic-Richfield).

Gracias a las nuevas variedades de maíz se espera que el año 2000 los costos de producción y las pérdidas del cultivo serán reducidas en 40 ó 50%. La introducción de genes resistentes a las enfermedades y a las plagas reducirá el uso de productos de tratamiento (fertilizantes e insecticidas) que actualmente provocan problemas ambientales y arrojan aún pérdidas considerables en la producción. Se prevee que los agricultores norteamericanos podrían economizar hasta 200 dólares por hectárea. Las nuevas técnicas de la ingeniería genética tienden a mejorar el contenido cualitativo y nutricional del maíz, por ejemplo los maíces opaco-2 y harinoso-2 con un mayor contenido de proteínas.

En América Latina están en desarrollo investigaciones en maíz, en las tecnologías específicas de conservación e intercambio de germoplasma (cruzamientos amplios) y de transformación (absorción) de DNA.(9).

Globalmente se observa que la investigación actual de la ingeniería genética está orientada a la obtención de variedades de maíz mejor adaptadas a la alimentación animal (tanto en función del grano como del forraje) y a los usos industriales, de mayor difusión en los países desarrollados (maíz ceroso de alto almidón, maíz de alto contenido en aceite para uso alimenticio humano y animal y no alimenticio<sup>7</sup>, maíz de alta amilosa, maíz dulce, maíz reventón, maíz amarillo), tratando de optimizar la relación rendimientos calidad. El gran impulso del complejo almidonero norteamericano responde específicamente a este tipo de requerimientos (Ver: la Biotecnología y los Derivados del maíz).

La Funk Seeds International ha dedicado considerables esfuerzos a los maíces de alto aceite, con interés especial de incrementar los mercados de exportación y ganaderas (7). la técnica de RMN (resonancia Magnética Nuclear) permite determinar el contenido de aceite en forma rápida exacta y no destructiva. La investigación para encontrar variedades con alto contenido en amilosa<sup>8</sup> se ha desarrollado principalmente por la División Norte de Investigación sobre Aprovechamiento del USDA de Peoría, Illinois.

Respecto al mejoramiento de la calidad proteínica del maíz para consumo

humano, los esfuerzos han estado encaminados a equilibrar el balance de amino-ácidos dado que la proteína del maíz normal es deficiente en los aminoácidos básicos, lisina y triptofano. Basicamente se han seguido cuatro enfoques: (1) la suplementación con aminoácidos; (2) la manipulación genética; (3) la suplementación con proteínas y (4) la mezcla de calidad y de alta calidad de proteína. Estos enfoques han sido evaluados por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) y se ha llegado, entre otras a la conclusión de que "la calidad proteínica que se mejora mediante cualquiera de los métodos señalados, es significativamente mayor que la calidad del maíz normal. En términos de la proteína aprovechable total, el maíz suplementado con proteína es de calidad superior que el maíz suplementado con aminoácidos o que el maíz opaco-2" (2).

A nivel post-cosecha en México se realiza una investigación para reducir las pérdidas en almacenamiento (CINVESTAV-Irapuato, Facultad de Química-UNAM), así como la determinación del contenido de aflatoxinas generadas por los hongos que se desarrollan durante el cultivo y almacenamiento del grano.

## **5. La Biotecnología y los derivados del maíz.**

Considerado el maíz en su proceso de industrialización, se tienen tres usos principales: molienda en húmedo, molienda en seco y producción de alcohol. La molienda en húmedo agrupa la mayor parte y los principales usos actuales del maíz transformado; como insumo ella requiere maíz con contenidos elevados de almidón, aceite y proteína. En sus usos, la fabricación de isoglucosas es la actividad de mayor relevancia ya que constituye la materia prima básica del denominado "sistema almidonero". Las iso-glucosas bajo la forma de JMRF constituyen una innovación integrada al sistema almidonero americano que crea las bases de un nuevo sistema que pueden producir simultáneamente edulcorantes y proteínas.

El sistema iso-glucosas-maíz tiene relación estrecha, hacia arriba, con aquellos productos como el trigo, el sorgo y los tubérculos (yuca y papa principalmente), a los que su contenido en almidón les permite también ser materia prima en la producción de iso-glucosas (Ver los sistemas sorgo y yuca). Si bien los EUA utilizan maíz en totalidad como materia prima, la CEE y Japón derivan la producción de edulcorantes del empleo de la yuca y la papa.

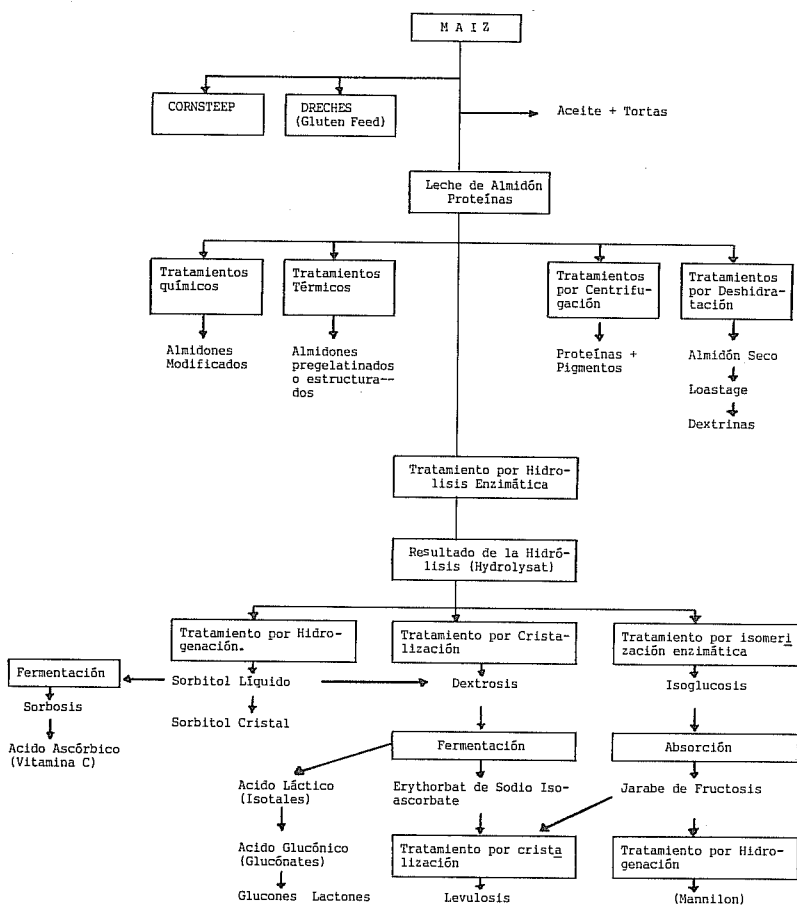
El aval del sistema maíz tiene su principal relación con el sistema azúcar ya que el JMRF ha desplazado el consumo de azúcar de caña y de remolacha en diversos usos industriales. El más notable es la industria refresquera americana que actualmente endulza el 100% de sus productos con JMRF<sup>9</sup> (Ver el sistema de azúcar).

Tres diagramas nos permiten identificar, a diferentes niveles de desagregación el sistema isoglucosas. Primeramente (Ver diagramas de pro-

ducción de etanol por la vía seca y húmeda en Arroyo y Arias), se ilustran las técnicas de transformación del almidón en donde aparecen los principales subproductos. En la molienda húmedas obtiene: harina de gluten, germen y almidón. De éstos se derivan posteriormente, el gluten para alimento animal, el de aceite de maíz, la fructuosa o jarabe de granos, CO<sub>2</sub> y etanol. De la molienda seca se obtienen: residuos de la destilación de granos, CO<sub>2</sub> y etanol.

En seguida se presenta el esquema del sistema almidonero en forma más detallada. No se señalan sin embargo los usos de los sub-productos deriva-

DIAGRAMA 1



FUENTE: BYE Pascal, Produits sucrants et édulcorants, en Byé P. y Mounier A. op. cit. (3).



dos de los primeros tratamientos del maíz; ni se diferencian tampoco los usos agroalimentarios de los químicos energéticos. (3).

El tercer esquema, elaborado específicamente para mostrar los co-productos de la elaboración de la fructuosa, incluye el valor estimado de la producción, así como el volumen o porcentaje de los subproductos y las pérdidas netas. Este esquema fue elaborado por la Sociedad de Fomento Industrial "Tecnoinvest, S.A.", en el marco de un proyecto de inversión industrial propuesto al Gobierno Mexicano en enero de 1984, como fundamentación técnica, económica y financiera para la operación de una planta productora de fructuosa y otros derivados de maíz. (11).

El descubrimiento de la glucosa-isomerasa constituye la innovación esencial del proceso industrial de producción del JMRF. Los principales productores mundiales de glucosa isomerasa son las firmas alimenticias Clinton, CPC, así como las firmas farmacéuticas y de microbiología y enzimología Novo, Gist Brocades, ICI, Miles, Nagase, Miles Kali y Saumatsu<sup>10</sup>.

El sistema almidonero se consolida entre 1976 y 1980 sobre la base de 3 aspectos fundamentales; la diversificación del uso de productos y subproductos que permite aumentar la oferta de productos alimenticios; la multiplicación de las relaciones industriales y comerciales con el fin de favorecer el acercamiento entre los sistemas agro-alimentario y químico-energético y la ampliación a nivel mundial de las técnicas y de los nuevos productos edulcorantes apoyándose sobre el dominio ejercido por E.U. en los intercambios mundiales de cereales.

La mayor parte de los principales productores de JMRF están ligados sea a las grandes firmas del comercio mundial de granos (Cargill, American Maize Products, Co.) a firmas alimenticias (CPC, Anheuser, A.E. Staley, A. cher Daniels y Amstar-azúcar) o a firmas químicas (National Starch y Hubinger). Casi todas estas firmas producen almidón (producto intermediario básico); dentro de ellas las más importantes se han preocupado por ampliar la gama de productos para cubrir el conjunto de la demanda industrial. En el cuadro siguiente aparecen los principales productores norteamericanos de derivados de maíz (Cuadro N° 3).

Las perspectivas inmediatas en la producción de subproductos almidoneros en vistas a reducir los costos de producción están encaminados hacia la constitución de una infraestructura industrial polivalente susceptible de producir, tanto, productos alimenticios como, productos energéticos, a partir del almidón transformado en etanol. En el mercado norteamericano esta perspectiva se traduce en el reforzamiento progresivo de la industria de la molienda seca de maíz en detrimento de la industria de la molienda húmeda, más especializada ésta, en productos alimenticios y menos apta para funcionar simultáneamente en ambas líneas de producción.

En la búsqueda de una mayor diversificación, los grandes productores de JMRF están siguiendo específicamente dos orientaciones: 1) reforzar la transferencia de tecnología y de inversiones para la difusión de edulcorantes, por una parte, aumentando a nivel mundial el consumo de iso-glucosas y por otra parte, diversificando la utilización del almidón y de sus subproductos y 2) Mediante la cristalización del jarabe de fructuosa para sustituir el azúcar de mesa.

Dentro de las aplicaciones de la biotecnología en el procesamiento de alimento en México y específicamente en relación a los derivados y subproductos del maíz, se han realizado trabajos en: procesamiento de almidones, fermentación del pozol, aprovechamiento del nejayote<sup>11</sup> fundamentalmente para evitar que ésta sea tirado ocasionando contaminación (8) (12).

CUADRO No. 3

PRINCIPALES PRODUCTORES NORTEAMERICANOS DE DERIVADOS DE MAIZ: ESPECIALIZACION Y DIVERSIFICACION DE LAS PRODUCCIONES					
Firma	Productos fabricados	Almidón	Jarabe de maíz	JMRF	Dextrosa
American Maize Products Co.		X	X	X	
Amstar Corp			X	X	
Anheuser Bush, Inc.		X	X		
Cargill Inc.		X	X		X
Clinton Corn Processing Co.		X	X	X	X
ADM Corn Sweeteners		X	X	X	X
CPC International Inc.		X	X	X	X
The Hubinger Co.		X	X	X	X
National Starch/ Chemical corp		X			
A.E. Staley Manufacturing Co.		X	X	X	X

NOTA: Datos de 1977. Una filial común de Cargill y de los laboratorios Miles habían anunciado el inicio de la producción de JMRF. En 1980 la concentración industrial se presenta como sigue: 12 compañías aseguran casi la totalidad de la producción; cuatro de ellas (CPC, A.E. Staley, Archer Daniels y Cargill) controlaban aproximadamente dos tercios de la capacidad de producción.

FUENTE: Food Product Development, Corn Refiners Assoc., citado por Byé, (3).



## BIBLIOGRAFIA

1. ARROYO, Gonzalo y ARIAS Salvador, **Biotecnología: perspectivas de la industria azucarera en México**, OIT-UAM Xochimilco, México 1986, 76 p.
2. BRESSANI, Ricardo, Mejoramiento de las dietas a base de maíz enriquecido con aminoácidos y proteínas suplementadas en "Maíz de alta calidad proteínica". Ed. Limusa, México 1981, 569 pp.
3. BYE Pascal y MOUNIER Alain, **Les futurs alimentaires et énergétiques des biotechnologies** en Economies et Sociétés, Hors Série No. 27, ISMEA-INRA-IREP, PUG, Francia 1984, 355 p.
4. CHALMIN Philippe, **Les marchés mondiaux en 1984-1985**, Cahiers de Recherche CREMMAP No. 7, Paris 1986, 42 pp.
5. FAO, **Anuarios de Producción, 1983, 1984 y 1985**.
6. GRALL Jacques y LEVY Bertrand Roger, **La guerre des semences. Quelles sociétés?** Ed. Fayard, Paris 1985, 410 pp.
7. JUGENHEIMER Robert W., **Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas**. Ed. Limusa, México 1981, 841 pp.
8. QUINTERO RAMIREZ Rodolfo, (comp), **Prospectiva de la biotecnología en México**, Fundación Barros Sierra-CONACYT, México 1985, 499 pp.
9. ROCA William M., **Biotecnología: oportunidades para la investigación agrícola en América Latina**, en Memoria del Seminario sobre el fortalecimiento de la investigación agrícola en América Latina y el Caribe, sept. 1984, CIMMYT.
10. TAKEO Angel Kato, **Constitución cromosómica de razas de maíz**, citado por WELLHAUSEN E.J., **Razas y Variedades de maíz**, en SARH, op. cit., 1982.
11. TECNOINVEST, S.A., **Planta productora de fructuosa y otros derivados de maíz. Estudio de fundamentación técnica, económica y financiera**. México 1984, 37 pp.
12. VINIEGRA GONZALEZ Gustavo, **La biotecnología en la producción agroalimentaria**, en QUINTERO RAMIREZ Rodolfo, op. cit., pp. 115-130.

## NOTAS

1. Empresas transnacionales.
2. Dos eventos explican esta evolución: los efectos del PIK (Payment in Kind Programm) y la sequía del verano de ese año.
3. Países en vías de desarrollo.
4. Los primeros trabajos de dicha técnica fueron realizadas por empresas japonesas hacia los años 60's.
5. Que pasará de 2.55 a 1.92 dólares.
6. El cual será aplicado a las cosechas de 86.
7. El aceite de maíz comestible se usa en productos en panadería, aceite para cocinar, oleomargarina, mayonesa, aderezos, productos farmacéuticos, manteca y sopas. Los usos no alimentarios del aceite refinado comprenden municiones, sustancias químicas, pinturas, barnices, sustitutos de hule, anticorrosivos, jabones, aceites solubles y productos textiles.
8. El término "amilomaíz" describe al maíz con contenido de amilosa superior al 50%.
9. ("Jarabe de maíz rico en fructuosa"), más recientemente se ha introducido el aspartamo (producto de origen sintético con poder edulcorante 200 veces mayor que la sacarosa) en la fabricación de bebidas dietéticas.
10. El origen de la glucosa-isomerasa varía entre las firmas productoras.
11. Agua de cocción del nixtamal.