

HD
9330
.573
08



PRODUCCION Y MERCADOS MUNDIALES DEL ALMIDON

Carlos F. Ostertag
Asociado Utilización de Yuca
Centro Internacional de Agricultura Tropical
(CIAT)



Diciembre 1993

PRODUCCION Y MERCADOS MUNDIALES DEL ALMIDON

55720

CONTENIDO

Tema	Página
Introducción	
1. Principales fuentes del almidón	1
2. Clasificación simplificada de los productos en base de almidón	2
3. Principales productores de almidón	6
4. Mercados actuales del almidón	10
5. Oportunidades de mercados para países en desarrollo ...	18
6. Perspectivas de nuevos mercados para el almidón	21
Bibliografía	26

EL ALMIDON: PRODUCCION Y MERCADOS MUNDIALES

Introducción

La producción de almidón es una de las agroindustrias más importantes a nivel mundial con un volumen de cerca a 33 millones de toneladas al año por un valor de US\$14 billones (estimado del autor para 1992). El almidón es extraído mayormente de cereales y raíces mediante procesos que involucran la separación de la fibra y proteína.

La demanda para el almidón está marcada por la versatilidad del producto. Casi todas las principales industrias han encontrado un uso para el almidón y, como resultado, el proceso de industrialización coincide normalmente con un incremento significativo en la demanda para esta materia prima (Lynam-Sección 8, 1987).

A grandes rasgos, existen tres tipos principales de almidones, a saber: los almidones no modificados (ANM) o nativos, los almidones modificados (AM), y los dulcificantes o edulcorantes. Los almidones se modifican para efectuar cambios menores a una o más de sus propiedades físicas o químicas (Jones, 1983).

1. PRINCIPALES FUENTES DEL ALMIDON

Las principales fuentes de almidón son el maíz, batata, yuca, papa, trigo, arroz, sorgo, palma sago, arruruz y bananos (Jones, 1983; AVEBE, 1989). La mayor producción de maíz, papa y trigo corresponde a países desarrollados, mientras que la yuca y batata son principalmente cultivos de países en desarrollo; por ejemplo, China produce casi el 85% de la batata a nivel mundial (Rhem y Espig, 1991).

Cada uno de estos almidones presenta diferentes propiedades, tales como:

- forma y tamaño de los gránulos
- contenido de amilosa y amilopectina, los dos tipos de polímeros de glucosa presentes en los almidones
- capacidad de hinchamiento o de absorción de agua
- temperatura de gelatinización (Jones, 1983).

Un estimado al comienzo de la década de los ochenta consideraba que el 77% de la producción mundial de almidón provenía del maíz (Jones, 1983) debido principalmente a que el 91% del almidón producido por el principal productor, Estados Unidos (EUA), era almidón de maíz (Farris, 1984). La trascendencia de este cereal ha sido posible gracias en gran parte al aumento en productividad por

hectárea, pasando de 2.4 toneladas en 1950 a 7.6 toneladas en 1986 (Lynam-Sección 8, 1987).

Sin embargo, el GRAFICO 1 muestra un estimado actualizado sobre la importancia relativa de las diferentes fuentes del almidón. La disminución de la proporción del almidón de maíz (64%) se debe a que se incluye el estimado de la producción almidonera de la China (Marter y Timmins, 1992), de batata mayormente y excluido en el estimado de Jones de 1983, y al gran incremento de los últimos años en la producción de almidón de yuca en Tailandia (Titapiwatanakun, 1983).

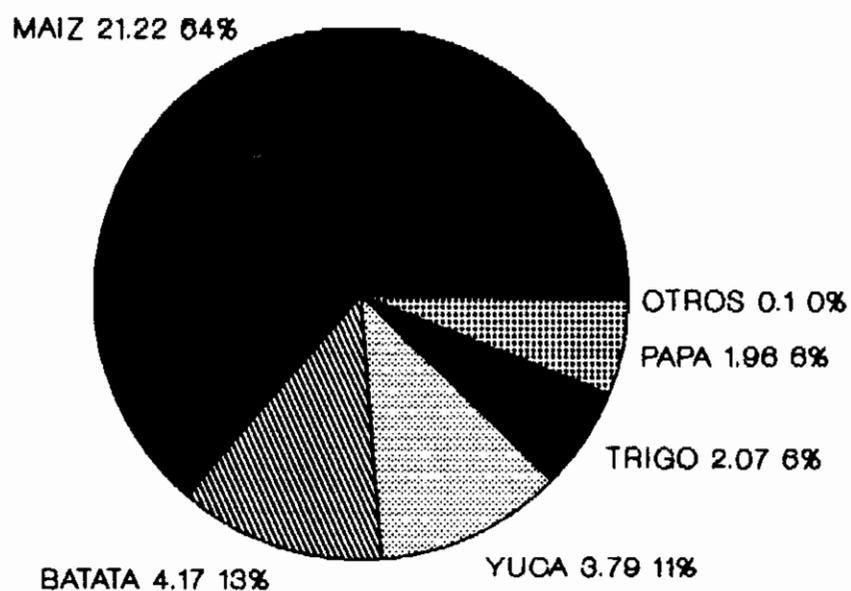
La producción de almidón de maíz se concentra en EUA, Japón, y la Comunidad Económica Europea (CEE). Asia es el principal productor de almidón de yuca, mayormente en Tailandia, Indonesia, China, e India; en América Latina, Brasil también es un importante productor. La elaboración de almidón de papa se concentra en la CEE (especialmente en Holanda), Japón, y Europa Oriental. China acapara casi toda la producción de almidón de batata en el mundo y la CEE, Australia y Canadá, la de almidón de trigo (Ver CUADRO 1).

Es importante anotar que el almidón de maíz en Japón se deriva mayormente de maíz importado de EUA. Lo mismo ocurría en la CEE, pero en la actualidad ésta produce el 99% del maíz destinado a la producción de almidón (Leygue, 1993). Esta capacidad local de procesamiento de maíz ha desplazado las fuentes locales de almidón tales como el arroz, batata, papa y yuca. Un claro ejemplo de este proceso ocurrió en Japón. En 1962, el 80% del almidón producido en esta nación provenía de la batata y la papa; sin embargo, ya para 1982, esta participación había bajado al 20%, siendo reemplazados por el maíz importado de EUA. La principal razón para este cambio fue que el principal uso del almidón en Japón ha sido para producción de dulcificantes en donde la tecnología de molienda en húmedo (wet-milling) del maíz está muy avanzada (Lynam- Sección 8, 1987).

2. CLASIFICACION SIMPLIFICADA DE LOS PRODUCTOS DE ALMIDON

Lo que hace que el almidón sea una materia prima tan versátil en comparación con otros carbohidratos, es que el almidón nativo (no modificado) se puede modificar o derivatizar químicamente por medio de tecnologías de proceso relativamente sencillas ya que es dispersable en agua fría y presenta una mayor reactividad que la celulosa altamente polímera. Además, el almidón es muy susceptible a la degradación hidrolítica parcial o total por ácidos o enzimas que producen productos oligómeros o monómeros que pueden, a su vez, sufrir modificación o derivatización posterior. Estos derivados no pueden producirse de la celulosa o sacarosa como materias primas. El potencial se incrementa aún más con la separación del almidón en amilosa y amilopectina al igual que solvolisis con alcoholes (Koch y Roper, 1987). Ver GRAFICO 2.

GRAFICO 1.
IMPORTANCIA RELATIVA DE LAS FUENTES DE
ALMIDON EN EL MUNDO (millones ton 1992)



FUENTE: Estimado actualizado en base a Jones y otras fuentes (Ver bibliografía)

CUADRO 1. ESTIMADO DE PRODUCCION MUNDIAL DE ALMIDON - 1992 (miles de toneladas) *

Pais	Materia prima						Total	
	Maiz	Batata	Yuca	Trigo	Papa	Otros		
NORTEAMERICA								
Estados Unidos	13200			50	50	20	13320	40%
Canada	250			150	5		405	1%
AMERICA LATINA	1000		330				1330	4%
UNION EUROPEA	3400			1400	1200		6000	18%
EX-URSS Y EUROPA ORIENTAL	300				300		600	2%
AFRICA			20				20	0%
ASIA								
China		4000	300				4300	13%
Japon	2500	120		150	400		3170	10%
Tailandia			1800				1800	5%
Indonesia			800				800	2%
India	200		350				550	2%
Vietnam			90				90	0%
Filipinas	75		17				92	0%
Malasia			70			30	100	0%
Taiwan	45	15	15	15			90	0%
Korea del Sur	200	30					230	1%
Subtotal Asia	3020	4165	3442	165	400	30	11222	34%
AUSTRALIA	50			300			350	1%
TOTAL	21220	4165	3792	2065	1955	50	33247	100%
	64%	13%	11%	6%	6%	0%	100%	

* Incluye almidones modificados y dulcificantes

FUENTE: Estimado en base a Jones, 1983 y otras fuentes (Ver bibliografía).

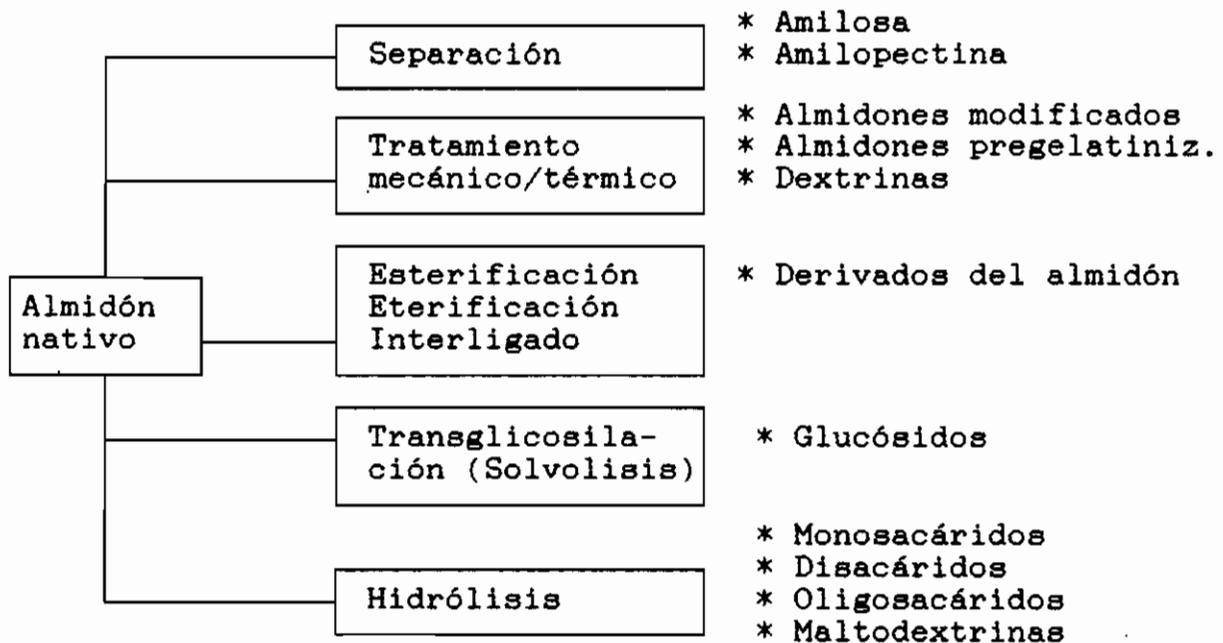


GRAFICO 2. Productos derivados del almidón

FUENTE: Koch y Roper, 1987

Una manera sencilla de clasificar los productos en base de almidón es la siguiente: almidones nativos o ANM, almidones modificados (dextrinas, almidones pregelatinizados, almidones oxidados, etc.), derivados del almidón (ésteres, éteres, almidones interligados, etc.) y dulcificantes (jarabes de glucosa, fructosa, dextrosa y maltodextrinas) (Jones, 1983; Koch y Roper, 1987). Las categorías de "derivados del almidón" y dulcificantes se usan mayormente en la industria alimenticia.

El ANM se comercializa en seco y se elaboran calidades para consumo humano e industrial. La mayoría de los países en desarrollo sólo producen este tipo de almidón, con la excepción de aquellos con subsidiarias de la Corn Products Corporation (CPC) quienes también producen AM (Jones, 1983).

Los AM son aquellos a los cuales se les ha efectuado cambios menores a una o más de sus propiedades físicas o químicas. Los objetivos de la modificación son las de ajustar el producto a necesidades particulares del cliente o la de copiar un producto competitivo. El rango de tipos de modificación y procesos es vasto y complejo, pero se puede simplificar y resumir bajo tres títulos:

- De tipo pregelatinizado, involucrando generalmente la alimentación de una suspensión de almidón a un tambor rotatorio caliente.
- De tipo dextrina, consistente en tratamiento químico en seco.

- Otros tipos, incluyendo almidones diluidos ("thin boiling") u oxidados, usualmente fundamentados en tratamiento químico en húmedo. Otras modificaciones incluyen el uso de agentes, catalizadores, interligantes, y eterificadores (Jones, 1983).

El término de "dulcificantes" se refiere a productos como jarabe de glucosa, jarabe alto en fructosa o high fructose syrup (HFS), y dextrosa. La elaboración de dulcificantes se basa en la hidrólisis ácida o enzimática del almidón. Glucosa y dextrosa son sinónimos en el sentido químico; sin embargo, en términos comerciales la dextrosa se usa para describir el producto puro y cristalino y jarabe de glucosa para nombrar a los productos de la hidrólisis incompleta del almidón (Jones, 1983).

Mediante un posterior procesamiento complejo en base a enzimas se puede obtener un HFS. Este producto ha crecido sustancialmente en importancia, particularmente en EUA en donde se introdujo en 1968 y generalmente proviene del maíz, i.e. jarabe de maíz alto en fructosa o high fructose corn syrup (HFCS). Este mismo producto se conoce como isoglucosa en Europa (Jones, 1983).

3. PRINCIPALES PRODUCTORES DE ALMIDON (Ver CUADRO 1)

Los GRAFICOS 3 y 4 presentan un resumen del CUADRO 1. EUA produce el 41% del almidón a nivel mundial, consistente casi exclusivamente de almidón de maíz.

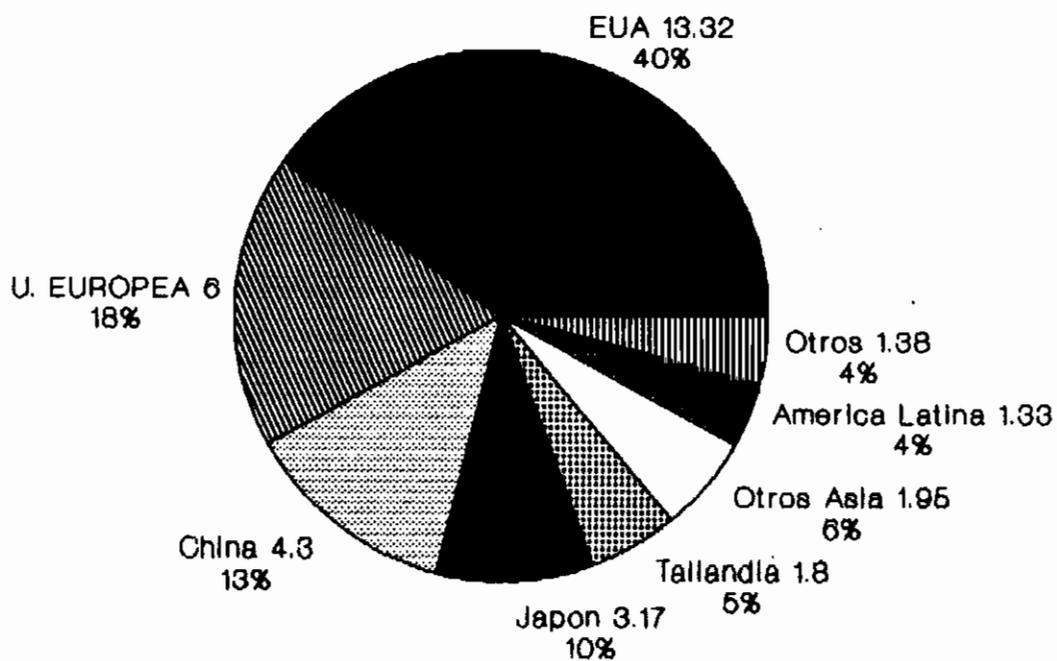
Asia se ha convertido en un gran productor de almidón contribuyendo con más de la tercera parte de la producción almidonera mundial, compuesta así: almidón de batata (38%), almidón de yuca (31%), y almidón de maíz (28%). Mientras que el almidón de maíz se elabora procesando maíz importado de EUA, los restantes almidones se fabrican con materias primas locales. Se destacan en Asia como productores: China (almidón de batata), Japón (almidón de maíz), y Tailandia (almidón de yuca).

Cabe anotar que no existen cifras exactas sobre la producción de almidón de batata en China, pero si nos basamos en Marter y Timmins (1992), ésta puede estar cerca de las cuatro millones de toneladas al año. Este procesamiento se realiza a nivel casero de aldea y se usa primordialmente en la elaboración de tallarines, alimento tradicional de la cocina oriental.

Japón es un caso especial, ya que el almidón que consume se puede clasificar de la siguiente manera: (i) almidón procesado a partir de materias primas locales como la papa y batata, (ii) almidón proveniente de materias importadas como el maíz y el trigo, y (iii) almidón importado, como el de yuca, sago y papa (Jones, 1983).

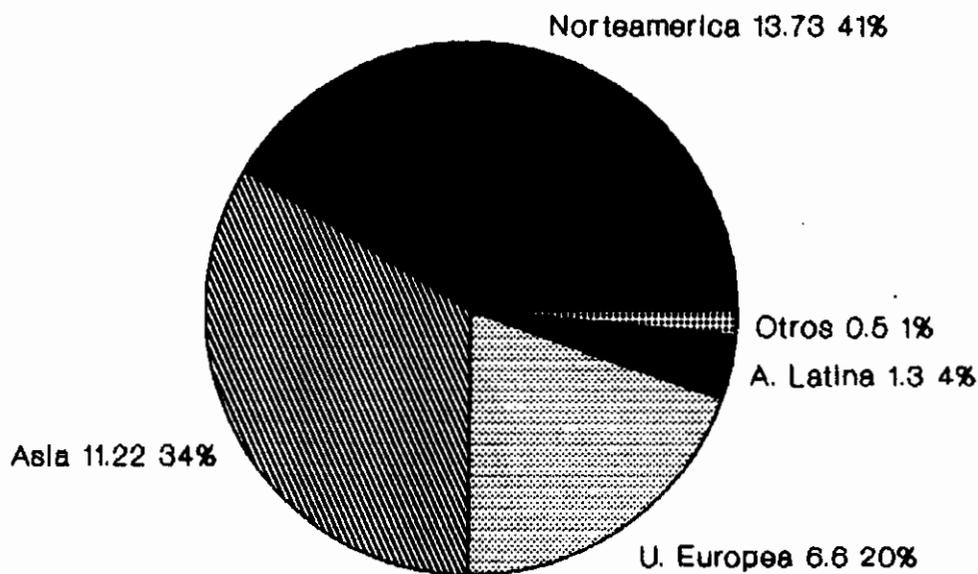
La CEE produce cerca del 18% del almidón a nivel mundial, principalmente de maíz, trigo y papa. Francia produce actualmente el 25% de la producción almidonera de la CEE (Leygue, 1993). La

GRAFICO 3.
PRINCIPALES PRODUCTORES DE ALMIDON
(millones ton 1992)



**FUENTE: Estimado en base a Jones (1983)
y otras fuentes (Ver bibliografía)**

**GRAFICO 4.
PRODUCCION DE ALMIDON POR CONTINENTE
(millones ton 1992)**



**FUENTE: Estimado en base a Jones (1983)
y otras fuentes (Ver bibliografía)**

obtención de almidón a partir de harina de trigo mediante la tecnología de separación de gluten (wheat washing) se incrementó radicalmente desde 1983, exhibiendo un crecimiento anual del 15%. Este crecimiento se dio a expensas del almidón de maíz principalmente (Leuck, 1990). La producción de almidón en la CEE ha crecido a una tasa compuesta del 4.4% anual durante el período 1981-1990 (Koch *et al*, 1993).

La producción almidonera de América Latina representa un 4% a nivel mundial, consistiendo principalmente de almidón de maíz y, en menor escala, de almidón de yuca. Brasil domina ampliamente la producción de ambos tipos de almidones en la región.

La gran parte de la industria almidonera se concentra en el suministro de sus propios mercados locales. En 1980 se estimaba que solo el 4% de la producción mundial se exportaba (600.000 toneladas), excluyendo el comercio al interior de la CEE (Jones, 1983). Con la expansión de la producción de almidón en Tailandia y China, se estima que el volumen exportado se ha duplicado, o sea cerca a un millón y medio de toneladas, ya que se calcula que cerca al 70% de la producción tailandesa se destina a la exportación, principalmente a EUA, Japón y Taiwan (Titapiwatanakun, 1993).

El comercio internacional está concentrado en los ANM, originarios mayormente de Tailandia, China, Indonesia y Brasil y consistentes principalmente de almidón de yuca y batata (Jones, 1983; Titapiwatanakun, 1993; Shuren y Henry, 1993). Los principales mercados geográficos para el almidón exportado son Japón, Taiwan, EUA y la CEE (Jones, 1983).

Debido al gran crecimiento reciente de la industria de almidón en Tailandia, es conveniente conocer un poco sobre ésta. La industria almidonera en Tailandia ha enfrentado dos limitaciones. La primera limitante han sido las barreras arancelarias para la importación de almidón en casi todos los países excepto EUA. La segunda limitación consiste en que la industria de almidón compite por materia prima con los mercados de exportación de pelets y trocitos. El precio de estos últimos los define el precio interno de cereales en la CEE, razón por la cual se encarecen las raíces para la industria del almidón, la cual tiene que competir con los bajos precios internacionales del maíz (Lynam-Sección 8, 1987).

Sin embargo, el establecimiento de cuotas de exportación de pelets a la CEE al comienzo de la década de los ochenta bajó los precios internos de las raíces de yuca y permitió doblar las exportaciones de almidón de yuca (Lynam-Sección 8, 1987). Un estudio del impacto de la reciente reducción del 29% en los precios internos de los cereales en la CEE indica que el precio en finca de las raíces locales bajarán con la consecuente liberación de materia prima para la producción de almidón de yuca en Tailandia (Titapiwatanakun, 1993). El CUADRO 2 muestra cómo ha aumentado la exportación de

CUADRO 2. Crecimiento reciente de la exportación de almidón de yuca en Tailandia

Año >	1975	1980	1985	1989	1991
Volumen (miles de toneladas)	145	248	497	646	1000
Fuentes: Lynam-Sección 7, 1987; Atthasampunna, 1990; Titapiwatanakun, 1993.					

almidón de yuca en Tailandia en los últimos 16 años, equivalente a una tasa compuesta de crecimiento del 14% en el período 1975-91.

4. MERCADOS ACTUALES DEL ALMIDON

En casi todos los países el consumo de almidón está muy correlacionado con la producción, con la excepción de los países cuya producción almidonera está orientada en gran parte hacia la exportación, como Tailandia y China, y de aquellos países importadores de almidón como Taiwan y, en menor escala, Japón.

Usos generales

El almidón tiene uno de los rangos de usos más amplio de cualquier producto obtenido de fuentes vegetales. Es una buena fuente de carbohidratos pero en la industria alimenticia se usa mayormente para otros propósitos: (i) como espesante, (ii) como relleno, (iii) como aglutinante, (iv) como estabilizante, y (v) para mejorar textura. Algunos ejemplos de estos usos son: en sopas (enlatados y mezclas en polvo), postres instantáneos, mezclas para flanes y natillas, salchichas y carnes frías, salsas, productos de panadería y pasteles y helados. Los dulcificantes como jarabes se usan para bebidas gaseosas, pastelería y enlatados; este segmento ha sido el de mayor crecimiento en los últimos 25 años. El almidón comestible también se usa en las industrias farmacéuticas y cerveceras (Jones, 1983).

Los usos industriales del almidón son numerosos. Entre los usuarios más importantes están la industria papelera y cartonera (papeles para impresión, papeles con revestimientos, cartón corrugado), adhesivos (para etiquetas, laminados, papel y cinta engomada), textiles (estructura, acabado), perforación de pozos (lodo de perforación), industria de tintes, industrias de la construcción, metalmecánica y química.

Usos en EUA

En la actualidad, más del 95% del almidón utilizado en EUA se obtiene a través del proceso de molienda húmeda del maíz. En 1992, el 48% del producto de la molienda húmeda se destinó para producir HFCS, el 25% para glucosa y dextrosa, y el 27% para almidón de maíz

propiamente (USDA, 1993). Estas cifras excluyen la producción de etanol mediante la molienda húmeda, pero cabe anotar que en EUA se destinaron más de 10 millones de toneladas de maíz en 1992 para este fin (USDA, 1993).

El CUADRO 3 muestra el volumen de producción de almidón y el peso relativo de los principales productos derivados para 1980 y 1992 en EUA. Se destaca la importancia del uso para dulcificantes, representando actualmente más del 70% del total. También se puede notar el gran crecimiento del segmento de HFCS, siendo la razón principal el haber obtenido el dominio absoluto del mercado de edulcorantes para la industria de las bebidas gaseosa desde 1985 (Claassen y Brenner, 1991). La producción de HFCS se divide en HFCS-55 y HFCS-42, con una participación del mercado de 58 y 42% respectivamente.

CUADRO 3. Producción de los principales productos de almidón en EUA (millones de toneladas)*

Producto	Año >	1980	%	1992	%
Almidón de maíz					
HFCS		1.91	31	6.00	45
Jarabe de glucosa		1.86	30	2.90	22
Dextrosa		0.41	7	0.60	4
Subtotal dulcificantes		4.18	68	9.50	71
No modificado		1.18	19	2.20 **	16
Modificado		0.68	11	1.40 **	11
Otros		0.06	1	0.10 **	1
Otros almidones (trigo, papa, etc.)		0.07	1	0.12	1
TOTAL		6.17	100	13.32	100

* Excluye la producción de etanol a partir de la molienda de maíz

** Estimado del autor

FUENTES: Datos de 1980: Jones, 1983; datos de 1992: Farris, 1984; Kirby, 1990 y Economic Research Service-USDA, 1993

El uso de dulcificantes en base de maíz, especialmente HFCS, ha crecido de manera dramática porque son de excelente calidad, sirven como agentes funcionales en alimentos, y su costo es menor que el azúcar (Long, 1985). El HFCS es un sustituto directo del azúcar en todas las áreas exceptuando mezclas secas o en donde se requiera un edulcorante no-higroscópico, como en dulces duros o en azúcar de mesa (Long, 1985).

El CUADRO 4 presenta una clasificación elemental de los usos finales para los ANM y AM en EUA en 1980. La industria de papel es la principal usuaria tanto de ANM como de AM; los usos incluyen apresto, acabado, y corrugado. La industria de alimentos tiene una vasta cantidad de usos para ANM y AM, entre los cuales están galletería, mezclas para alimentos instantáneos, como sopas, postres, comidas congeladas, frutas y vegetales enlatados, etc.

Entre los usuarios más importantes en la categoría de "otros" están las industrias cervecera, farmacéutica, y de pegantes para los ANM y la industria textil para los AM.

Casi el 100% de la producción de dulcificantes en base de almidón se destina para la industria de alimentos. Más del 70% de la producción de HFCS se utiliza por las empresas productoras de bebidas; el 90% del HFCS-55 se usa en bebidas (USDA, 1993). Otros usos para los dulcificantes incluye pastelería, frutas enlatadas, postres lácteos, y salsas en general. Además de sus propiedades edulcorantes, generalmente sirven para controlar higroscopicidad, textura, temperatura de congelación y viscosidad (Long, 1985).

CUADRO 4. Principales usos finales para los ANM y AM en EUA en 1980

	ANM (%)	AM (%)
Alimentos	20	20
Industrial		
Papel	60	50
Otros *	20	30
Sub-total	80	80
Total	100	100

* Incluye la industria cervecera

FUENTE: Jones, 1983

Usos en la CEE

El 54% de las seis millones de toneladas de almidón producidas en la CEE se destinan para alimentos y el 46% restante para sectores no-alimenticios como papel (19%), química y fermentación (13%), corrugados (7%) y otros (7%) (Koch *et al*, 1993). La tasa anual de crecimiento de los mercados no-alimenticios ha sido mayor que la del mercado global (4.8% vs. 4.4%) (Koch *et al*, 1993).

El 29% del almidón se consume en forma nativa, el 17% se utiliza modificado, y el restante 54% en forma hidrolizada. El almidón hidrolizado se usa en dulces, bebidas, preparaciones de frutas, y pastelería (Koch *et al*, 1993).

De un millón de toneladas de almidón utilizadas en la industria de Alemania Occidental en 1987, el 41% se dirigió hacia la industria no alimenticia en las siguientes categorías de productos: adhesivos, farmacéuticos, papel y cartón, jabón, químicos, tintes, pinturas, materiales de construcción y productos de caucho (Christmann, 1991). Otros uso relativamente nuevos en la CEE son elaboración de etanol, plásticos y polímeros (Agra Europe Ltd., 1990).

La utilización del almidón de trigo en la industria no-alimenticia de Alemania Occidental se incrementó de manera dramática de 1.000 a 90.000 toneladas durante el período 1980-87 a causa de sus propiedades químicas especiales. El consumo de almidón de papa en la industria también aumentó mientras que el de almidón de maíz bajó (Christmann, 1991).

Se estima que la demanda de almidón en la CEE en las industrias no-alimenticias para el año dos mil estará entre 2.5-3.0 millones de toneladas y en Alemania será de 600.000 a 800.000 toneladas (Christmann, 1991).

Usos del almidón de papa

Los mercados prominentes del almidón de papa a nivel mundial, cuyo principal consumidor es la CEE, son las siguientes industrias: de alimentos, papel, textiles, y petrolera (aditivos para perforación de pozos) (AVEBE, 1989). En EUA, estos usos se repartían de la siguiente manera al comienzo de la década de los ochenta: el 33% se destinaba para papel, en forma del derivado catiónico; el 30% en la industria alimenticia en forma nativa o modificada para mezclas de sopas, pudines, y dulces en general; el 19% para pegantes, en forma de dextrinas preferiblemente; el 15% va en forma pregelatinizada como aditivo en la perforación de pozos, siendo este el segmento de mayor crecimiento (Mitch, 1984).

Usos en el Japón

En 1980, casi el 60% del almidón producido en el Japón era para dulcificantes, principalmente HFCS, el cual se elabora mayormente a partir de maíz importado de EUA. El almidón de batata y papa también se utilizan para este propósito. Cerca del 15% del almidón se destinó a la producción de AM, mayormente en base a maíz importado; el principal AM elaborado fue el almidón oxidado. Otros usos importantes fueron para el papel, cartón, textiles (7%); productos de pescado como "kamaboko" (7%); cerveza (3%), y glutamato monosódico (GMS) (1%) (Jones, 1983). El almidón restante

(12%) se usaba principalmente para alimentos. En la actualidad, el Japón produce casi dos millones de toneladas de HFS.

Usos en Taiwan

Taiwan es uno de los más importantes importadores de almidón, principalmente de almidón de yuca. Todavía no presenta una industria de dulcificantes en base de almidón. Sin embargo, el uso principal es para elaborar maltosa que se utiliza en productos de panificación y dulces; la materia prima preferida en este caso es el almidón de yuca. Otro uso importante es el almidón alfa para alimentos de anguilas; la materia prima preferida también es el almidón de yuca. Otros usos de AM son: pegantes para cartones corrugados, dextrinas, y para alimentos. El almidón también se utiliza para fabricar tallarines y en la industrias textil y de papel. La industria de GMS puede ser, potencialmente, la mayor consumidora de almidón, pero normalmente usan melaza. Cuando el precio de ésta sube, prefieren usar almidón de yuca (Jones, 1983).

Mercados en el resto de Asia

Existe una tendencia en Asia a utilizar la yuca y la batata cada día menos para consumo humano y más para usos industriales en forma de almidón. En el caso de la yuca, se estima que entre 1966 y 1980 el porcentaje de la yuca destinada para consumo humano disminuyó del 65 al 50% (Ghosh, 1988). En Indonesia, por ejemplo, en 1983 se destinaba el 3% de la producción de yuca para almidón, porcentaje que se aumentó a 10% en 1988 (Damardjati *et al*, 1990).

El uso tradicional en la China para los almidones de batata y yuca ha sido en la elaboración de tallarines y GMS, un saborizante muy popular en la cocina asiática. Para el primer uso se destina casi la mitad de la producción almidonera. La mayoría de las 200.000 toneladas de GMS producidas anualmente se elaboran en base a almidón de batata y un 10% en base de almidón de yuca (Shuren, 1990).

Otros usos industriales del almidón en la China incluyen los endulzadores como el jarabe de glucosa (100.000 toneladas al año), glucosa médica, maltosa, y HFS. La producción de HFS no es alta debido a que no puede competir con la industria azucarera, la cual está muy desarrollada (Shuren, 1990). Además, la China ha incursionado en la producción de sofisticados productos químicos los cuales se mencionan en la Sección 7 sobre nuevos usos del almidón.

En Tailandia, los principales mercados en 1991 para las 510.000 toneladas de almidón consumidos internamente fueron: uso casero y alimentos (tallarines, etc.) 33%, GMS y lisina 19%, jarabe de glucosa 15%, industria del papel 9%, textiles 3%, madera prensada o triplex 1% y otros 13% (Titapiwatanakum, 1993). Al comparar esta

distribución con otra para 1983 (Lynam-Sección 7, 1987), se puede observar que los mercados de mayor crecimiento son los de alimentos y glucosa; este último mercado no existía en 1983. La participación de GMS, lisina e industria de papel han disminuido notablemente.

Un pronóstico para el año 2001 sugiere que el consumo para alimentos bajará al 18% mientras que la participación de GMS y lisina, al igual que la de la industria del papel, se elevará al 27 y 15% respectivamente (Titapiwatanakum, 1993).

El almidón modificado exportado desde Tailandia va dirigido principalmente al Japón.

Se calcula que el 10% de la producción yuquera de Indonesia se procesa para obtener almidón. El uso principal del almidón de yuca es para krupuk (65%), un alimento nativo crujiente, el 15% para otros alimentos, el 10% para textiles, y el 3% para glucosa (Lynam-Sección 4, 1987; Damardjati et al, 1990).

El almidón de yuca en la India se utiliza principalmente para consumo casero y elaboración de glucosa y dextrinas. En los estados del norte se utiliza en la industria textil (Padmaja et al, 1990).

La producción de almidón de yuca en Filipinas se destina mayormente a la industria de alimentos y para glucosa. Otros mercados menores incluyen las industrias farmacéutica, de papel, textiles, adhesivos, etc. (Van Den et al, 1990)

Usos en América Latina

El almidón dulce en el Brazil se usa para consumo casero, en la industria alimenticia (como espesante, estabilizante en cárnicos, base para aromas y colorantes, en panificación, etc.) y en la industria farmacéutica. En la industria no-alimenticia se utiliza para fabricar pegantes, papeles, explosivos, plásticos biodegradables, etc. (Takitane-comunicación personal, 1992).

El mercado de dulcificantes o edulcorantes

Dentro de los mercados para almidones, el de dulcificantes merece una atención especial ya que ha sido el segmento de mayor crecimiento en los últimos 25 años. El nacimiento de la ingeniería enzimática hizo posible la conversión a bajo costo del almidón a D-glucosa y luego a una mezcla en equilibrio de D-glucosa y D-fructosa (HFCS) con el mismo grado de dulzura que el azúcar invertido proveniente de la caña de azúcar o remolacha.

Los HFCS contienen entre 55 y 90% de fructosa (una media de 60%), pero los más comunes en el mercado de EUA son los de 55 y 42%,

denominados HFCS-55 y HFCS-42. Un jarabe con 55% de fructosa tiene un poder edulcorante ligeramente superior al de la sacarosa. A partir de estos jarabes se consigue aislar fructosa con el 97% de pureza (Sasson, 1990).

La introducción en 1968 del jarabe de maíz alto en fructosa (HFCS) hizo posible capturar de manera inmediata un 30% del mercado del azúcar o sacarosa en EUA y duplicó la cantidad de almidón producido por la industria de la molienda húmeda de maíz (Whistler, 1984). Desde el punto de vista económico, esto fue posible debido a la protección a la industria azucarera interna reflejada en los altos precios internos, y al menor precio del maíz por incremento en la productividad (Lynam-Sección 8, 1987).

En 1984 la producción de HFCS era de 3.5 millones de toneladas en EUA, de casi un millón de toneladas en el Japón, y de 200.000 en la CEE (Sasson, 1990). Al año siguiente, las empresas fabricantes de las principales bebidas gaseosas en EUA decidieron elevar del 50 al 100% la proporción de jarabe de fructosa (Sasson, 1990). Al alcanzar el dominio total en 1985 del principal mercado en EUA, el de endulzadores para bebidas gaseosas (Claassen y Brenner, 1991), la tasa de crecimiento del HFCS disminuyó a partir de ese año (F.O. Lichts, 1991).

El CUADRO 5 y el GRAFICO 5 muestran el crecimiento en EUA del consumo per cápita de dulcificantes en base de almidón durante el período 1965-1992. Se puede observar que el consumo per cápita combinado de estos dulcificantes supera ya ampliamente el consumo de sacarosa.

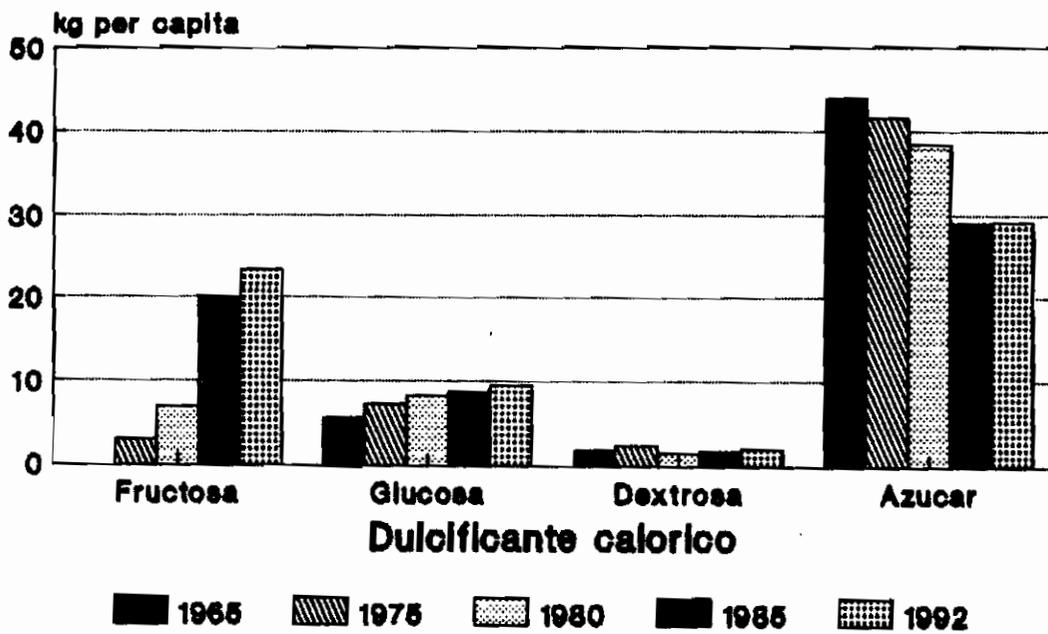
CUADRO 5. Crecimiento del consumo anual (kg per cápita) de dulcificantes calóricos en EUA (1965-1992)

Año	Jarabe de glucosa	Jarabe alto en fructosa	Dextrosa	Sacarosa
1965	5.6	0	1.9	44.0
1975	7.4	3.1	2.3	41.6
1980	8.3	7.0	1.6	38.6
1985	8.9	20.0	1.8	29.1
1992	9.6	23.5	2.0	29.3

FUENTE: Farris, 1984; Whistler, 1984; Higley y White, 1991; Economic Research Service-USDA, 1993.

La producción anual de HFCS en EUA en 1992 fue de seis millones de toneladas, correspondiendo el 58% a HFCS-55 y el 42% a HFCS-42

GRAFICO 5.
Evolucion del consumo de dulcificantes
caloricos en EUA



(USDA, 1993). Este volumen representa el 70% de la producción mundial, seguido por el Japón (F.O. Lichts, 1991). La producción actual de HFS es de cerca a ocho millones y medio de toneladas a nivel mundial, la cual se ha concentrado en países desarrollados. Cabe anotar que la producción de HFS en la CEE, de cerca a 500.000 toneladas anuales, ha sido restringida voluntariamente con el fin de proteger a la industria productora de azúcar de remolacha (Coutouly, 1991) (Ver GRAFICO 6).

Sin embargo, se espera que una creciente proporción del crecimiento vendrá de fuentes alternas como yuca, arroz, trigo y sorgo en países en desarrollo. En la actualidad, la producción de dulcificantes en base de almidón está creciendo más rápido en Asia y América Latina (Claassen y Brenner, 1991). Algunos países como China y Vietnam tienen pequeñas industrias de HFS. El comercio internacional con dulcificantes es escaso. EUA es un importador neto, habiendo comprado al Canadá casi 200.000 toneladas de HFCS en 1992 (USDA, 1993).

En contraste con el HFS, la producción de jarabe de glucosa está más generalizada debido a que el proceso tecnológico es más sencillo, y se produce en países en desarrollo en Asia (Tailandia, China, India, Filipinas, Indonesia, etc.) y en países de América Latina con subsidiarias de la CPC.

El mercado de dulcificantes a nivel mundial se divide en dulcificantes calóricos (azúcar, HFS) y no-calóricos (sacarina, aspartame). El consumo total de dulcificantes no-calóricos representa una equivalencia en dulzura a ocho millones de toneladas de azúcar, siendo el consumo de HFS similar. Como punto de referencia, la producción total de azúcar sobrepasa las 110 millones de toneladas (F.O. Lichts, 1991).

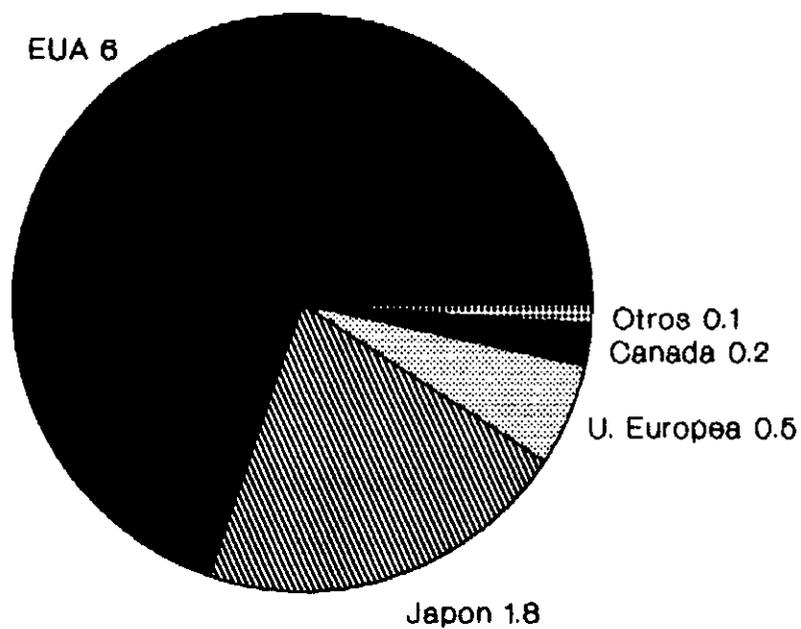
Los precios de los diferentes edulcorantes derivados del almidón en el mercado de EUA para Julio 1993 eran los siguientes (en US\$ por kg): HFCS-55, 0.52; HFCS-42, 0.47; glucosa, 0.33; y dextrosa, 0.54. Estos precios se consideraban altos y se esperaba una reducción en el cuarto trimestre del año (USDA, 1993). Los precios responden al costo del maíz y otros insumos, y a la demanda. Esta última es alta en el verano y disminuye en las otras estaciones. La dextrosa se caracteriza por tener un precio alto pero estable (USDA, 1993).

5. OPORTUNIDADES DE MERCADOS PARA PAISES EN DESARROLLO (Tomado de Jones, 1983)

Como ya se mencionó, la mayor parte del comercio internacional del almidón se concentra en los ANM, generalmente originarios de países en desarrollo y cuyo destino final son los mercados del Japón, Taiwan, EUA, y la CEE.

Las barreras comerciales (impuestos, contribuciones, cuotas, etc.) limitan las oportunidades para la exportación, particularmente a la

GRAFICO 6.
PRODUCTORES DE JARABE ALTO EN FRUCTOSA
(HFS) - millones de toneladas, 1992



FUENTES: USDA, 1993; Coutouly, 1991;
Sasson, 1990.

CEE y Japón. La competitividad de los precio constituye otro factor importante que afecta las perspectivas del mercado.

Es necesario distinguir entre los mercados "masivos" y los "especializados". La mayoría de los ANM compiten en el masivo, en el cual todos los almidones se hallan en competencia y por consiguiente los más baratos, suponiendo niveles aceptables de calidad, obtendrán éxito en el mercado. En el mercado especializado, una parte pequeña del mercado de ANM, los usuarios finales requieren de unas características particulares tales como el tamaño de los gránulos o la temperatura del empaste, los cuales sólo pueden obtenerse mediante uno o dos almidones en particular. Este mercado puede ser fundamental para los exportadores, pero siempre existe la posibilidad de que se modifiquen otros almidones para obtener las propiedades deseadas. Si la producción resulta rentable, estos almidones modificados, frecuentemente de maíz o batata, pueden reducir gradualmente la proporción del mercado especializado. Este caso ocurrió luego de la Segunda Guerra Mundial cuando una gran parte de las importaciones de almidón de yuca de EUA fue sustituida por almidón de maíz a menor precio (Lynam-Sección 8, 1987).

Las perspectivas futuras para los países en desarrollo exportadores de almidón, en lo que se refiere al mercado masivo, varían bastante. En la CEE, por ejemplo, con las restricciones vigentes, las perspectivas de un aumento en las importaciones son insignificantes. En Japón, las perspectivas de aumento en las importaciones se limitan a conseguir absorber por completo el cupo asignado. En EUA, si se puede competir en precios con el almidón de maíz, puede existir un gran potencial.

Además del mercado de ANM, existe también un comercio internacional en AM y dulcificantes. El comercio de exportación de los endulzadores es bastante limitado. La mayor parte de los AM exportados corresponden a dextrinas. Los países en desarrollo tradicionalmente han tenido una baja participación en este mercado. Las principales posibilidades se concentran en aumentar las exportaciones de los almidones de yuca modificados los cuales se producen actualmente en fábricas en EUA, Japón y la CEE a partir de almidón de yuca importado.

La ventaja de efectuar la modificación en los países en desarrollo es que se obtienen ganancias adicionales con las exportaciones y también que el acceso a los mercados extranjeros resulta con frecuencia más fácil para el AM. Sin embargo, se requiere de un alto nivel de conocimientos técnicos y una estrecha relación entre el agente modificador y el usuario final. Este potencial es precisamente el que está aprovechando Tailandia y China al aumentar sus exportaciones de AM al Japón.

En vista de las inciertas oportunidades para la exportación, se recomienda a los posibles nuevos exportadores de almidón

establecidos en países en desarrollo que se dediquen primero a sus mercados internos. El segundo objetivo sería abastecer los mercados vecinos o cercanos y el tercero es abastecer el mercado internacional.

Los mercados internos para el ANM crecerán en la medida en que las industrias usuarias de ANM como la de alimentos, textilera y papel y cartón se vayan desarrollando. Por otro lado, es posible que la demanda para AM y dulcificantes germine lentamente; en países en donde el azúcar o sacarosa sea escasa o muy costosa, puede surgir la demanda por el HFS. Otros usos para los almidones podrían ser para harinas compuestas y aplicaciones biotecnológicas.

6. PERSPECTIVAS DE NUEVOS MERCADOS PARA EL ALMIDON

Debido a la gran versatilidad del almidón, todos los años surgen nuevos usos. Parte de los usos más recientes o aquellos propuestos para el futuro se presentan a continuación.

Como el almidón es una materia prima renovable por excelencia, se considera que se debe usar más ampliamente a mediano y largo plazo, teniendo en cuenta los siguientes tres objetivos: (i) para conservar los recursos naturales, (ii) para producir productos biodegradables que alivien la presión sobre el medio ambiente, y (iii) para disminuir excedentes agrícolas (Koch y Roper, 1987).

El uso de carbohidratos derivados del almidón no debe mirarse solamente como un sustituto parcial en potencia para productos petroquímicos, sino que debe enfocarse hacia la preparación y síntesis de nuevos compuestos con propiedades específicas y mejoradas (Koch y Roper, 1987).

Etanol

Refiriéndonos al primer caso, unos de los nuevos usos actuales con proyección hacia el futuro es la producción de etanol. En EUA, el 95% del etanol se produce a partir de la molienda húmeda del maíz desde finales de la década de los setenta. Inicialmente, el etanol se usó para mezclar con gasolina en una proporción de 1:9 para producir el "gasohol". Actualmente, esta mezcla representa el 8% del total de gasolinas vendidas en EUA. Posteriormente, surgieron nuevos usos, como mejorador del octanaje de la gasolina y como oxigenador para reducir la polución ambiental del parque automotor. En 1992, la producción de etanol alcanzó casi el billón de galones. El etanol no sólo es viable actualmente, sino que será la alternativa energética predominante del futuro. El principal competidor del etanol es el éter metil terciario butilo (MTBE) (Russo, 1993; USDA, 1993).

En Alemania y la CEE se estudia la viabilidad de reemplazar productos derivados del petróleo con materia primas renovables como el almidón, entre otros. Un estudio analiza (i) la sustitución del

10% de diesel y aceites de calefacción y el 5% de petróleo con materias primas renovables tales como el almidón, y (ii) el mayor uso de materias primas renovables como combustible (Schmitt, 1988).

Polímeros biodegradables

En EUA, la preocupación por la polución ambiental de los procesos productivos y por la eliminación de los productos finales ha forzado a la industria de los plásticos a buscar materias primas alternas y a mejorar la reciclabilidad y biodegradabilidad de sus productos finales (Beach y Price, 1993).

El uso actual de polímeros biodegradables en EUA ha sido para artículos en donde la desintegración posterior al uso es un beneficio directo. Algunos ejemplos incluyen: películas para abonos orgánicos, recipientes de siembra y protectores, hilo quirúrgico, cápsulas médicas, etc. También se estudia el uso de polímeros biodegradables para encapsular los pesticidas agrícolas (Beach y Price, 1993).

En EUA se han identificado cuatro mercados para los polímeros biodegradables, producidos principalmente a partir del maíz, a saber: empaques para alimentos, empaques para productos no-alimenticios, productos de cuidado personal y médicos, y otros productos desechables. Sin embargo, el gobierno todavía no ha reglamentado el uso de empaques biodegradables para alimentos, de tal manera que el mercado clave en el inmediato futuro será el de empaques para productos no-alimenticios. En 1992, las resinas polímeras biodegradables habían capturado el 0.08% del mercado de resinas plásticas usadas en este segmento no-alimenticio, o sea 2.3 millones de kg de un total de 3.6 billones de kg (USDA, 1993).

Los polímeros biodegradables compiten en los mercados de materiales plásticos y resinas, cuya composición fue la siguiente en EUA en 1992: polietileno de baja densidad (19%), polietileno de alta densidad (16%), cloruro de polivinilo o PVC (15%), polipropileno (13%), poliestireno o PS (8%), y 18 materiales adicionales representan el restante 29% (Beach y Price, 1993).

Adhesivos vegetales

Las preocupaciones ambientales en EUA respecto a los adhesivos sintéticos ha estimulado nuevas tecnologías usuarias de almidón, destinadas mayormente al mercado de empaques. Los adhesivos en base de almidón tienen un menor precio frente a los sintéticos y están libres de los olores desagradables de las gomas animales. En 1990, EUA consumió alrededor de cuatro millones y medio de toneladas de adhesivos, de los cuales el 40% eran naturales. El almidón de maíz domina el mercado de los adhesivos naturales con un consumo anual de 1.6 millones de toneladas (USDA, 1993).

Con el objetivo de clasificar un rango de nuevos productos derivados del almidón, su uso industrial no-alimenticio potencial ha sido dividido en cinco categorías en el GRAFICO 7.

El GRAFICO 8 presenta un resumen actualizado tanto de los usos actuales como futuros de los productos derivados del almidón.

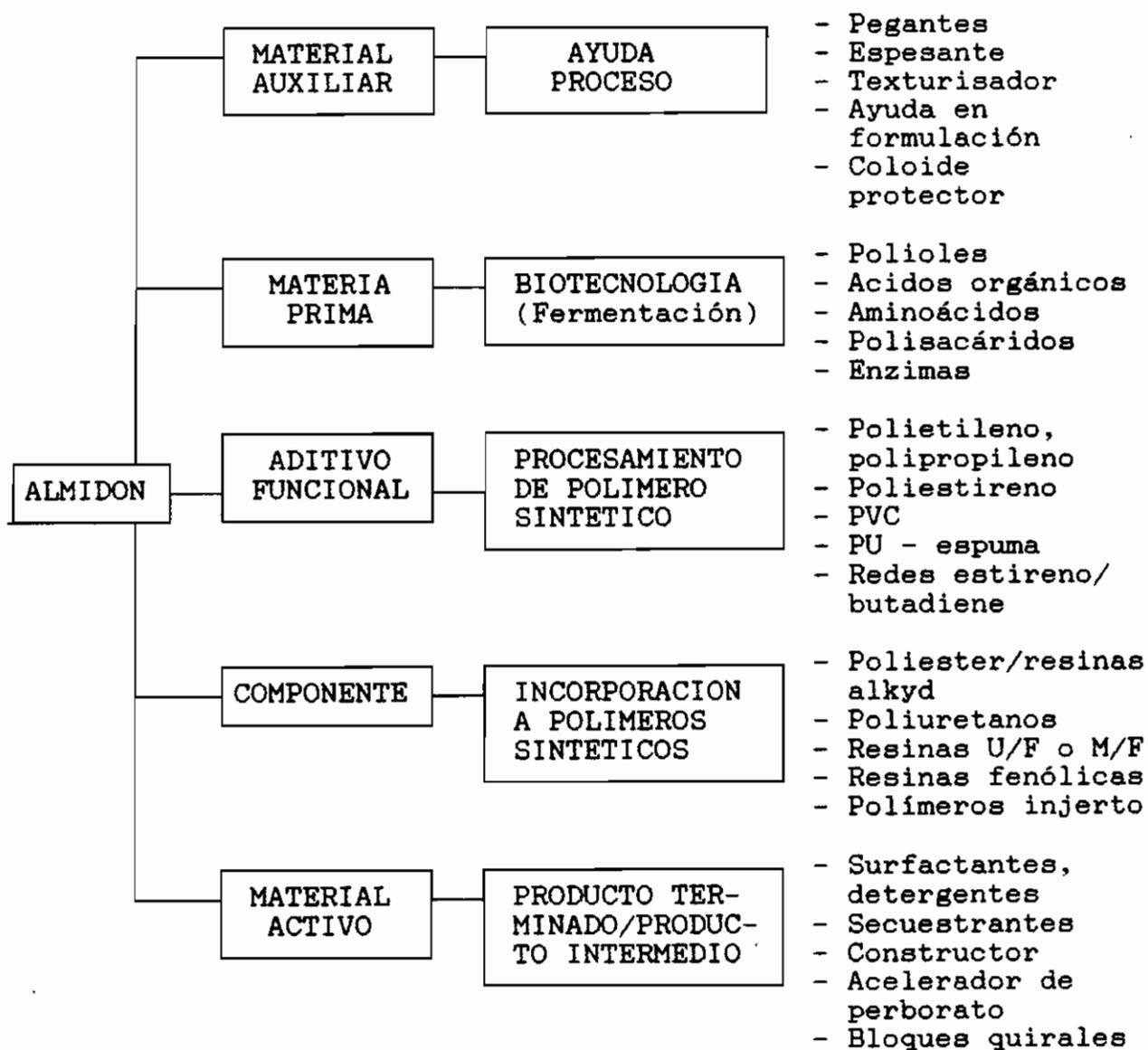


GRAFICO 7. Nuevas categorías de usos industriales (no-alimenticios) del almidón

FUENTE: Koch y Roper, 1987

Químicos orgánicos

Cada vez se consideran más a los productos agrícolas como fuentes alternas para químicos orgánicos. Es posible que una nueva industria, llamada la "refinería verde", aparezca en la intersección de las industrias agrícolas y químicas. La industria del almidón compite con el jarabe de glucosa en el suministro de sustratos para fermentación. De los procesos biotecnológicos posibles, los que se consideran más viables a corto y mediano plazo involucran la producción de energía, productos de fermentación como aminoácidos y otros ácidos orgánicos, plásticos y surfactantes biodegradables, antibióticos y biocatalizadores (Malerbe, 1990).

En este respecto, en China ya se están adelantando al futuro mediante la elaboración de productos químicos refinados como el sorbitol, manitol, ácido oxálico, ácido glicónico, ácido acético, etileno, etc. El sorbitol se usa para elaborar vitamina C, para cremas dentales, cosméticos y pinturas. El manitol tiene usos médicos como vasodilatador y para producir poliéster, poliéter y espuma plástica (Shuren, 1990; Ghosh, 1988).

La tecnología de bioprocesos a gran escala ha tenido ya un impacto significativo en el uso de almidón para producción de ácidos cítricos y lácticos. Ya se han desarrollado procesos fermentativos mejorados para la producción de ácidos butíricos, succínicos, y propiónicos (Zeikus, 1993).

Alimentos

Anteriormente el almidón se valoraba principalmente por su valor nutricional como fuente de calorías. Actualmente, se aprecia también sus propiedades funcionales relacionadas con la salud humana respecto a reducción en el consumo de calorías, estimulación de la digestión, y prevención de algunas enfermedades. Se reconoce, por ejemplo, la importancia de los almidones resistentes, similares a la fibra, para evitar el cáncer del colon, y de los sustitutos de la grasa como las maltodextrinas. Además, los nutricionistas están recomendando reemplazar la grasa en la dieta por carbohidratos complejos (Koch *et al*, 1993).

Otros productos novedosos en base del almidón incluyen glucosa y fructosa sólida, nuevas combinaciones de almidón y fibra, almidones modificados de maíz y yuca para reemplazar las proteínas lácteas en productos cárnicos y yogur, etc.

Otros usos

Otros ejemplos de mercados nuevos o expandidos incluyen sistemas para dosificación controlada de químicos, agentes de recubrimiento, surfactantes, plastificantes, y sequestrantes basados en almidón (Doane, 1993).

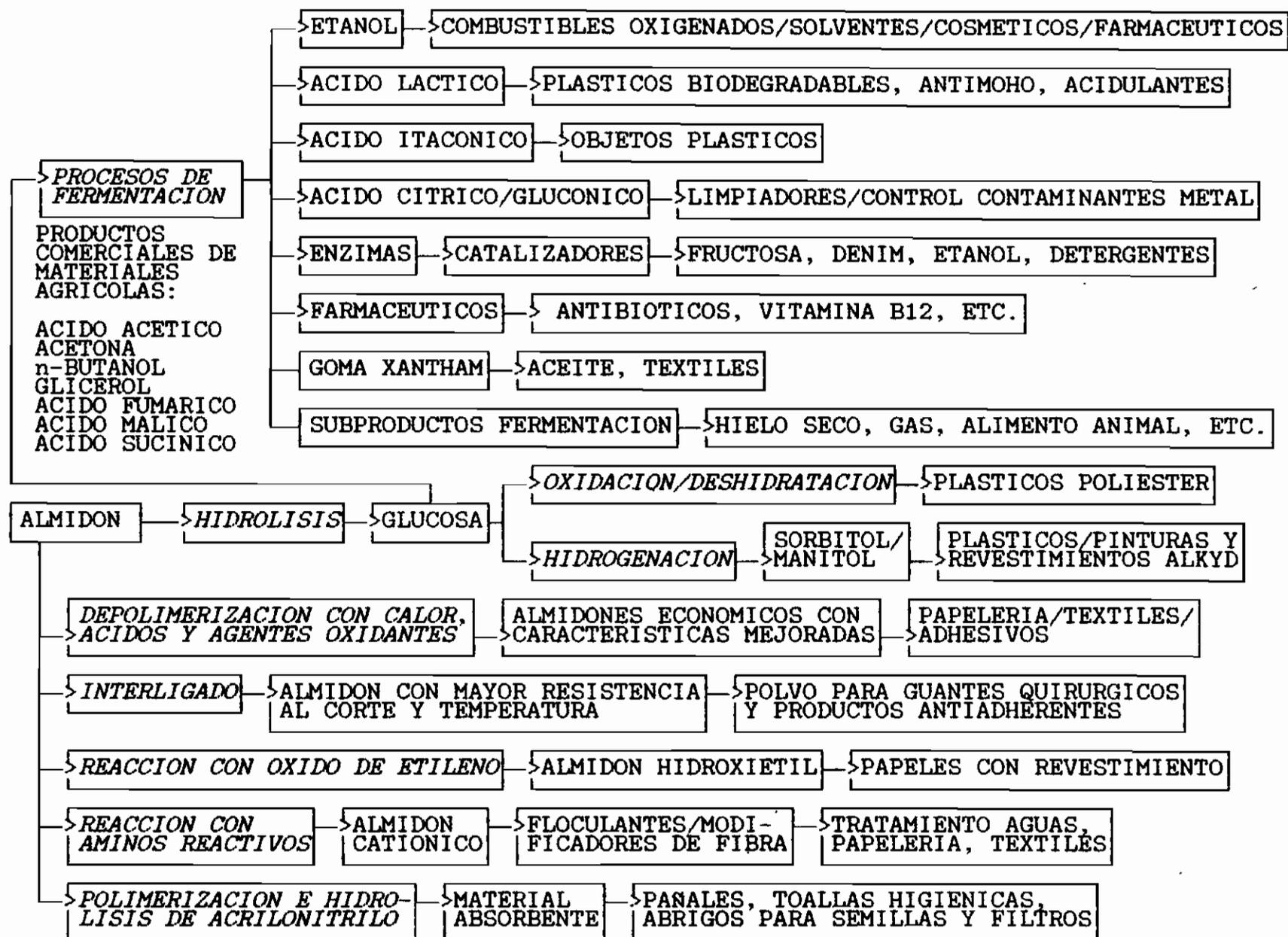


GRAFICO 8. PRODUCTOS ACTUALES Y FUTUROS DERIVADOS DEL ALMIDON (Nota: Los nombres de procesos están escritos en cursivas)
 FUENTE: PARKER (USDA), 1993

Bibliografia

- AGROEUROPE LTD. 1990. *Prospects for alternative uses of cereals and other crops*. Agra-Briefing. No. 23, 35 pp.
- ATTHASAMPUNNA, P. 1990. Cassava processing and utilization in Thailand. In *Proceedings of the Third Regional Workshop of the Cassava Research Network in Asia*, held from Oct. 22-27, 1990 in Malang, Indonesia, ed. R.H. Howeler, 515-326. CIAT (Cali, Colombia).
- AVEBE. 1989. *Potato starch*. Company brochure. AVEBE, The Netherlands. 17 pp.
- BALAGOPALAN, C. PADMAJA, G. NANDA, S.K. and MOORTHY, S.N. 1988. *Cassava in food, feed and industry*. CRC Press, Inc. (Boca Raton, Florida), 205 pp.
- BEACH, E.D. and PRICE, J.M. 1993. The effects of expanding biodegradable polymer production on the farm sector. In *Industrial uses of agricultural materials*. Situation and outlook report. Economic Research Service., USDA. 6/1993:41-48.
- CEREDA, M.P. 1991. *General viewpoint of cassava starch industries in Brazil*. Abstract of paper presented in the Cassava Starch Workshop held from 17-20 June, 1991 at CIAT (Cali, Colombia).
- CHRISTMANN, V. 1991. Price formation and the use of starches in the non-food area. In *The production and alternative uses of renewable raw materials from agriculture and forestry*. Research document prepared for the German government, Sonderheft, 111-115.
- CLAASSEN, T.L. and BRENNER, K. 1991. *A 'new world order' for sweeteners?* Sugar y Azúcar. 86:10, 22 24, 26.
- COUTOULY, G. 1991. *Genie Enzymatique*. Masson et Doin, Paris.
- DAMARDJATI, S.D., WIDOWATI, S. and DIMYATI, A. 1990. Present status of cassava processing and utilization in Indonesia. In *Proceedings of the Third Regional Workshop of the Cassava Research Network in Asia*, held from Oct. 22-27, 1990 in Malang, Indonesia, ed. R.H. Howeler, 298-314. CIAT (Cali, Colombia).
- DOANE, W.M. 1993. *Starch: opportunities for new industrial uses*. Abstract of an unpublished paper. Cereal Foods World. 8/93 Vol. 38. No. 8 p. 613.

- FARRIS, P.L. 1984. Economics and future of the starch industry. In *Starch: Chemistry and Technology*, eds. R.L. Whistler et al, 11-24. Academic Press, Inc. (Orlando, Florida).
- F.O. LICHTS. 1991. *The advance of sugar's competitors in perspective*. International Sugar and Sweetener Report. 123:22, 355-358.
- GHOSH, S.P. et al. 1988. Tuber crops. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. (New Delhi, India).
- GHOSH, S.P. 1990. The move from subsistence to cash cropping: technical advances and potential of tropical root and tuber crops. In *Proceedings of the 8th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops* held from Oct. 30-Nov. 5, 1988 in Bangkok, Thailand, pp. 162-468. IDRC (Ottawa, Canada).
- HIGLEY, N.A. and WHITE, J.S. 1991. *Trends in fructose availability and consumption in the United States*. Food Technology. 10/1991:118-122.
- HIUNOK, L. 1993. Ethanol's evolving role in the U.S. automobile fuel market. In *Industrial uses of agricultural materials*. Situation and outlook report. Economic Research Service, USDA. 6/1993:49-54.
- JONES, S.F. 1983. The world market for starch and starch products with particular reference to cassava (tapioca) starch. *Report of the Tropical Development and Research Institute*, G173, viii+98 pp.
- KIRBY, K.W. 1990. Specialty starches: use in the paper industry. In *Proceedings of the American Chemical Society Symposium*, eds. J.E. Glass and G. Swift. Washington D.C. The Society, p. 274-287.
- KOCH, H. and ROPER, H. 1987. *New industrial products from starch*. Starch. 4/1988:121-131.
- KOCH, H., ROPER, H. and HOPCKE, R. 1993. New industrial uses of starch. In *Plant polymeric carbohydrates*, eds. F. Meuser, D.J. Manners, and W. Seibel, 157-179. Royal Society of Chemistry.
- LEUCH, D.J. 1990. *The effects of the Common Industrial Policy on the European Community wheat-washing industry and grain trade*. Staff report, Economic Research Service, USDA. No. AGES 9023, v + 26 pp.
- LEYGUE, J.P. 1993. *Débouchés industriels des céréales*. Brochure of ITCF, Céréaliéristes du France. 32 pp.

- LONG, J.E. 1985. United States markets for starch-based products. In *Starch conversion technology*, eds. G.M.A. van Beynum and J.A. Roels, 335-347. Marcel Dekker, Inc. (Delft, The Netherlands).
- LYNAM, J. 1987. Thailand, rapid growth driven by export markets. In *The cassava economy of Asia: adapting to economic change*, by J. Lynam et al, Section 7. Draft version. CIAT (Cali, Colombia).
- LYNAM, J. 1987. World and Asian markets for cassava products. In *The cassava economy of Asia: adapting to economic change*, by J. Lynam et al, Section 8. Draft version. CIAT (Cali, Colombia).
- LYNAM, J. 1987. Indonesia, a multi-market cassava economy. In *The cassava economy of Asia: adapting to economic change*, by J. Lynam et al, Section 4. Draft version. CIAT (Cali, Colombia).
- MALERBE, A. 1990. *La chimie verte: quelles strategies pour les industries du sucre et de l'amidon*. Economie et Sociologie Rurales. Grignon. 1990, No. 34, 101 pp.
- MARTER, A.D. and TIMMINS, W.H. 1992. *Small-scale processing of sweet potato in Sichuan Province, People's Republic of China*. Tropical Science. 32:241-250.
- MITCH, E.L. 1984. Potato starch: production and uses. In *Starch: Chemistry and Technology*, eds. R.L. Whistler et al, 479-489. Academic Press, Inc. (Orlando, Florida).
- OSTERTAG, C. 1992. *World production and markets for cassava, potatoes and sweet potatoes*. Unpublished paper. 11 pp.
- PADMAJA, G. et al. 1990. Cassava processing, marketing and utilization in India. In *Proceedings of the Third Regional Workshop of the Cassava Research Network in Asia*, held from Oct. 22-27, 1990 in Malang, Indonesia, ed. R.H. Howeler, 327-338. CIAT (Cali, Colombia).
- RHEM, S. and ESPIG, G. 1991. The cultivated plants of the tropics and subtropics. Margraf (Weikersheim, Grmany). 552 pp.
- RUSSO, L.J. 1993. *The evolution of technology in the fuel ethanol industry*. Abstract of an unpublished paper. Cereal Foods World. 8/93 Vol. 38 No. 8 p. 636.
- SASSON, A. 1990. Feeding tomorrow's world. UNESCO/Editorial Reverté. Barcelona, España. 807 pp.

- SCHMITT, H. 1988. *Renewable raw materials: effects on agricultural markets*. Politische Studien. 1988, 301:39, 609-618.
- SHUREN, J. 1990. Cassava processing and utilization in China. In *Proceedings of the Third Regional Workshop of the Cassava Research Network in Asia*, held from Oct. 22-27, 1990 in Malang, Indonesia, ed. R.H. Howeler, 355-362. CIAT (Cali, Colombia).
- SHUREN, J. and HENRY, G. 1993. *The changing role of cassava in South China's agro-industrial development: problems and opportunities*. Paper prepared for the Regional Seminar on "Upland Agriculture in Asia", organized by the CGPRT Centre, Bogor, Indonesia, April 6-8, 1993.
- STONE, B. 1986. Trends and distribution of Chinese cassava production and use, 1820-1984. In *The cassava economy of Asia: adapting to economic change*, by J. Lynam et al, Section 3. Draft version. CIAT (Cali, Colombia).
- TITAPIWATANAKUM, B. 1993. *Thai cassava starch industry: current and future utilization*. Abstract of paper to be presented in the International Meeting on Cassava Flour and Starch to be held from Jan. 11-15 1994 at CIAT (Cali, Colombia).
- USDA. 1993. *Sugar and sweetener*. Situation and outlook report. Economic Research Service. 9/1993. 57 pp.
- USDA. 1993. *Industrial uses of agricultural materials*. Situation and outlook report. Economic Research Service. 9/1993. 71 pp.
- VAN DEN, T., PALOMAR, L.S. and AMESTOS, F.J. 1990. Cassava processing and utilization in the Philippines. In *Proceedings of the Third Regional Workshop of the Cassava Research Network in Asia*, held from Oct. 22-27, 1990 in Malang, Indonesia, ed. R.H. Howeler, 339-354. CIAT (Cali, Colombia).
- WHEATLEY, C. 1991. *Cassava starch in Asia*. Abstract of paper presented in the Cassava Starch Workshop held from 17-20 June 1991 at CIAT (Cali, Colombia).
- WHISTLER, R.L. 1984. History and future expectation of starch use. In *Starch: Chemistry and Technology*, eds. R.L. Whistler et al, 1-9. Academic Press, Inc. (Orlando, Florida).
- ZEIKUS, J.G. 1993. *Production of organic acids from fermentation of starch*. Abstract of an unpublished paper. Cereal Foods World. 8/93 Vol.38 No. 8 p. 609.