

LA INDUSTRIA DE LA MASA Y LA TORTILLA

DESARROLLO Y TECNOLOGÍA



Felipe Torres ■ Ernesto Moreno
Isabel Chong ■ Juan Quintanilla

EDITORES

TABLA DE CONTENIDOS

Agradecimientos	7
Prólogo	9
Introducción	11

PRIMERA PARTE: SOCIEDAD, ECONOMÍA Y POLÍTICA

Antecedentes del debate actual sobre el maíz en México	19
<i>Felipe Torres Torres</i>	
Objetivos, alcances y problemática de instrumentación de la política de subsidio a la tortilla en México	29
<i>Carlota Fernández Mendoza</i>	
Racionalización de subsidios y liberación de precios del sector ..	39
<i>José Ferrer Pujol</i>	
Las dos caras de la tortilla: de lo urbano a lo rural	49
<i>Monique Mitastein</i>	
Aspectos sociales de la industria de la masa y la tortilla	63
<i>Gerardo Torres Salcido</i>	
El consumidor ante la controversia sobre la tortilla	81
<i>Arturo Lomelí Escalante</i>	

SEGUNDA PARTE: ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN Y SALUD

El maíz y la tortilla en la historia prehispánica	97
<i>Patricia Fournier García</i>	
El maíz, la dieta y la salud en México	109
<i>Esther Casanueva</i>	
Harina enriquecida de maíz nixtamalizado	115
<i>Olivia Carrión Hernández</i>	

Enriquecimiento de nutrientes en harina de maíz	119
<i>Roberto Contreras Medellín</i>	
El mejoramiento de la calidad de la tortilla de maíz	127
<i>Griselda Vázquez Carrillo, Yolanda Salinas Moreno</i>	
El maíz y las aflatoxinas	139
<i>Ernesto Moreno Martínez</i>	

TERCERA PARTE: ENERGÍA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

Medición de propiedades físicas relevantes en la producción de la tortilla y el consumo de energía a lo largo del proceso	151
<i>F. Sánchez-Sinécio, M. E. Rodríguez,</i>	
<i>J. L. Martínez-Montes, J. González-Hernández,</i>	
<i>M. Yáñez-Limón, J. L. Alvarado-Gil, H. Vargas,</i>	
<i>J. D. C. Figueroa, F. Martínez-Bustos, M. D. Silva,</i>	
<i>L. C. M. Miranda</i>	
La tecnología en la industria de la masa y la tortilla	163
<i>Carlos Sánchez-Armas Avelais</i>	
Manix: solución ecológica y económica para los molinos	167
<i>José Ferrer Pujol</i>	
La contaminación en la industria de la masa y la tortilla	173
<i>María del Carmen Durán Domínguez</i>	

PRÓLOGO

A fines de septiembre de 1995 se llevó a cabo en la ciudad de Taxco, Guerrero, en la Unidad de Seminarios "Ex-hacienda El Chorrillo" de la UNAM, un foro sobre un problema básico en la alimentación nacional. La temática tratada, desde diversos ángulos, fue el análisis de la elaboración de las tortillas de maíz, tanto en sus aspectos nutricionales, sanitarios y socioeconómicos como en los energéticos, tecnológicos y de impacto ambiental.

El Foro tuvo lugar en el contexto de un año especialmente difícil para nuestro país; entre otras razones, debido a la profundización sin precedentes de la crisis económica interna y sus repercusiones sociales de gran alcance. El consumo alimentario fue una de las esferas que más resintieron los efectos de la crisis, debido a que, junto con la reducción del ingreso familiar —y en buena proporción, su cancelación total—, el gasto se contrajo y con ello inevitablemente disminuyó la calidad de la dieta del mexicano promedio.

Las familias más pobres —que, según estimaciones, rebasan ya la mitad de la población mexicana— debieron suplir sus carencias alimentarias con un aumento en el consumo de tortillas, lo cual de todas formas acarreó dificultades, porque el precio oficial por kilogramo sufrió al menos dos incrementos reales en el año, los cuales repercutieron todavía más en la economía familiar mexicana. Aun así, la tortilla de maíz ha contribuido a amortiguar el desbordamiento por hambre de la crisis social.

A la complejidad del momento crítico y sus repercusiones en la esfera del consumo —y más específicamente en el consumo de maíz—, se suma una fuerte presión de los distintos agentes económicos de la industria de la tortilla, quienes plantean soluciones de fondo y buscan que su voz sea escuchada en las decisiones políticas para estructurar la producción, distribución, consumo, aspectos sanitarios y calidad nutricional de este producto, así como en los factores energéticos, tecnológicos y de impacto ambiental.

En tales circunstancias, la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de los Programas: Universitario de Alimentos, de Energía, de Estu-

dios sobre la Ciudad, de Estudios de Género, de Investigación en Salud y de Medio Ambiente, organizados en un Comité, convocaron a calificadas personalidades de los sectores público, privado, académico y de organismos no gubernamentales, para discutir la problemática de la tortilla de maíz y sus diversas vertientes en un marco plural y de elevada calidad científica. Las conclusiones más relevantes se plasman en los trabajos que conforman este libro.

El Comité Organizador

INTRODUCCIÓN

México es el único país del mundo donde la distribución procesada de maíz para consumo humano, además de constituir la base de su dieta, cuenta con establecimientos especializados—como molinos de nixtamal y tortillerías—adonde concurre cotidianamente la población hasta dos veces por día para adquirir un solo alimento. Esto habla de su jerarquía dentro del abasto y del papel estratégico que tiene dentro de las políticas sectoriales.

La elaboración de tortilla de maíz constituye hoy en día una actividad compleja de grandes proporciones. Este producto ha trascendido la simple fabricación casera, primero, y después, artesanal, para erigirse en actividad agroindustrial que involucra competencia tecnológica, estrategias de mercadeo, reorientación de preferencias de los consumidores, así como una marcada pérdida de la regulación estatal que antes la caracterizaba. La incorporación de nuevos criterios empresariales, industriales y de proceso, debido a la expansión del consumo y su localización mayoritaria en áreas urbanas, alejadas de la producción de maíz, ha originado un tipo distinto de organización económica y no pocos problemas sociales, comerciales, políticos, entre otros, que deben enfrentarse si consideramos que la tortilla es elemento central de nuestra dieta y cultura.

Por otra parte, el maíz, materia prima esencial para elaborar tortilla, constituye en México un factor que se ha prestado a los más diversos debates. La polémica y diversidad de enfoques encontrados en su tratamiento se corresponden con dos hechos relevantes: la importancia que tiene, sobre todo para la alimentación popular de zonas urbanas y rurales, en la medida en que constituye más de la mitad del consumo diario en calorías y proteínas; y, además, su preeminencia social, ya que aglutina a más de dos terceras partes de los productores agrícolas.

A partir de la premisa anterior, encontramos que cada área del conocimiento estudia el maíz desde una óptica particular que se corresponde con diversas propuestas para buscar nuevos cauces en la producción, comercialización y transformación del grano. Con ello se genera un mosaico de explicaciones que incluyen la variable tecnológica en los rendimientos

del cultivo y los procesos agroindustriales, su composición nutricional, las características sociológicas de los productores, entre otras. La economía, por su parte, ha tratado la problemática del maíz con suficiente amplitud; en este contexto se ubican los vínculos económicos internacionales, la rentabilidad, costos de producción, niveles de consumo, etcétera.

Sin embargo, los esfuerzos realizados no han agotado hasta ahora la temática; al contrario, quedan por dilucidar diversos aspectos que, a la luz de los nuevos acontecimientos económicos del país, parecen reavivar el debate. Entre éstos, podemos destacar que la industria de la tortilla atraviesa actualmente por un momento de transición donde modernidad y tradición parecieran no encontrar sus respectivos acomodos. Por una parte se ubica una industria moderna altamente tecnificada que está representada por la fabricación de harina; este producto desplaza gradualmente a la molienda de nixtamal que es un proceso necesario para la elaboración convencional de tortillas.

Por otra parte, la misma industria tradicional busca una actualización tecnológica que le permita sobrevivir, consistente en: dejar de contaminar el ambiente, emplear condiciones higiénicas adecuadas, consumir menos agua y energía y volver a los niveles adecuados de calidad. Además, los procesos tecnológicos nuevos no pueden implementarse si el componente tradicional de la industria no revierte los bajos niveles de capitalización actual, cuidando de no abandonar su estructura familiar; debido a los altos costos que implica adoptar nueva maquinaria adecuada a la elaboración de tortillas mediante el uso de la harina. En la práctica, pareciera que la harina de maíz ha ganado la partida a la masa nixtamalizada y ello puede tener un profundo significado en la organización de la industria y el consumo. El crecimiento de esta industria debe replantearse tomando en cuenta los factores sociales que subyacen en torno a ella.

La fabricación de harina ocupa, debido a su mayor tecnificación, sólo el 3.6% del personal pero dispone de más del 25% de los activos fijos. La fabricación de tortillas y la molienda de nixtamal concentran el mayor número de establecimientos, debido al carácter mismo del producto que elaboran, por lo cual generan un número importante de empleos, aunque su rasgo más distintivo es que sobreviven como empresa familiar típica de los países pobres.

Las características culturales del consumo de tortilla por los mexicanos, los cuales demandan un producto caliente y recién elaborado, implican una cercanía estrecha con los consumidores, lo cual no ha permitido hasta ahora la implementación de empresas grandes, salvo en la industria harinera; más bien predominan los pequeños establecimientos de tipo familiar que presentan un alto nivel de concentración en zonas urbanas de elevada densidad demográfica. La agroindustria muestra, sin embargo, un dinamismo creciente, de tal manera que se consideraba que en 1991 existían en el territorio cerca de 100 000 establecimientos dedicados directa o indirecta-

mente a la fabricación de tortillas; de ellos, cerca de 15 000 se ubicaban en la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM). Además se cuenta con cerca de 9 000 molinos de nixtamal en todo el país.

La preferencia por la tortilla apenas fabricada y el propio carácter altamente perecedero de la materia prima básica, que es la masa nixtamalizada, influye para que los establecimientos se ubiquen cerca del mercado y dentro de un radio de influencia intraurbano restringido (no más de cinco cuadras o medio kilómetro). Esto resulta obvio porque casi todas las empresas son tortilladoras que han recibido de la empresa comercializadora de granos paraestatal CONASUPO su principal insumo y también debido a que por sus bajos niveles de capitalización no pueden realizar desplazamientos que impliquen mayores gastos de inversión.

Un fenómeno más recientemente aparecido es el de las grandes cadenas de supermercados que integran la tortillería como un servicio adicional, ya que la diversidad de su oferta les permite conformar radios de consumo más amplios y atraer a un mayor número de clientes de todos los estratos sociales, los cuales, gracias a la facilidad del automóvil, se desplazan desde distancias mayores.

La venta de tortilla blanca de mayor calidad —que, debido a esta característica, ha podido evadir el precio oficial— tiene importancia creciente, aunque todavía está considerada para un mercado marginal selecto. Esto ha provocado también el surgimiento de un mercado informal, como ocurre con los expendios de “tortilla casera” en la vía pública.

De cualquier manera, lo anterior influye ahora en la configuración de un mercado segmentado que satisface diversas demandas y obedece a varios hechos. Éste ha prosperado ante la baja calidad del producto ofrecido por los establecimientos que venden a precio oficial y que reciben maíz a precio subsidiado para su procesamiento. La insuficiencia de oferta hacia mercados exigentes, la presión del mercado informal y la tendencia cada vez más marcada hacia la captación de consumidores urbanos cautivos en unidades habitacionales y zonas residenciales, son aspectos que también contribuyen a esta nueva configuración del mercado, facilitado por la popularización de la harina refinada distribuida por grandes empresas.

La fabricación de tortilla representa el 6.7% del valor de la industria alimentaria, constituye la actividad más importante en la agroindustria del maíz y mantiene una relación estrecha con la molienda de nixtamal. Por lo tanto, el debilitamiento de esta última actividad determina el futuro de la industria tradicional, su contracción y la posible eliminación de miles de empleos.

En la mayor parte de la década de los ochenta, la molienda de nixtamal mantuvo una participación constante dentro del ramo manufacturero con un 3.7% promedio anual; en el ramo de alimentos y bebidas dicha participación osciló en poco menos del 12%; sin embargo, casi al final de esa década comenzó a declinar.

Aunque se carece de información confiable sobre su comportamiento en los noventa, es evidente que su declinación puede ser mayor de acuerdo con dos hechos fehacientes: uno se refiere a la restricción de dotaciones del maíz subsidiado por parte de CONASUPO a los molinos de nixtamal; la otra se relaciona con el dinamismo mostrado por la industria de la harina en la elaboración de tortillas.

La vertiente que explica la declinación antes mencionada se encuentra en la paulatina desregulación del mercado protegido, que incide en una liberalización gradual del precio final de la tortilla reforzada por la ausencia de una política coherente del precio al maíz. Esta tendencia, además de otras concernientes a estrategias de mercado seguidas por las grandes empresas harineras, ha permitido que, sobre todo en el caso de la ZMCM, incorporen la tortillería como un servicio más a su clientela, ya que la modificación del proceso tecnológico en la fabricación de tortillas de harina elimina por lo menos dos etapas: la nixtamalización y la molienda; de esta manera se obtienen tortillas sin que sufra ninguna alteración el funcionamiento regular del local, y se gana, en cambio, una clientela cautiva, donde la tortilla cumple funciones de "producto gancho".

El mercado de tortilla en México alcanza un volumen superior a los 10 millones de toneladas anuales, lo cual representa un promedio de 122 kilogramos por persona al año. El valor real del mercado supera los 9 billones de viejos pesos, que lo colocan entre las cinco industrias más importantes del país. Si todas las tortillas se produjeran con harina se requeriría de 5.8 millones de toneladas de esta materia prima, lo cual representa un mercado potencial adicional de 4.4 millones de toneladas anuales, tomando como base el mercado actual.

Los grupos hegemónicos relacionados con la industria de la tortilla son la Asociación de Propietarios de Tortillerías y Molinos de Nixtamal del Estado de México, que representa a la industria tradicional, y la empresa harinera MASECA. Ambos grupos persiguen como objetivo modernizar la industria, aunque se han sumado otros de reciente fortalecimiento en el ramo harinero, como MINSA, BIMBO, HAMASA, etcétera.

Ciertamente la modernización de la industria de la tortilla constituye una necesidad inaplazable. Sin embargo, el problema estriba justamente en cuáles deberán ser los criterios fundamentales para dicha modernización. En el terreno de la economía se parte de la idea de eficientar los procesos para abatir costos de producción y competir en mejores condiciones sin abaratar el precio. A pesar de que existen diversas soluciones tecnológicas al respecto, su aplicación no resulta tan sencilla si lo trasladamos al campo social y político. La primera interrogante sería qué hacer con las más de 100 000 familias que dependen de la fabricación tradicional de tortilla; y más aún, cómo superar las presiones de los diversos grupos organizados en torno a ella sin que se afecten sus intereses.

En tal contexto, existen soluciones tecnológicas ya probadas que se

conocen suficientemente y, aunque han enfrentado los intereses hegemónicos de la industria harinera, pueden conciliar el avance modernizador sin provocar mayores costos sociales.

De cualquier manera, debe pensarse en una industria de la tortilla de maíz que se ajuste a los nuevos cambios económicos y tecnológicos; la simple conservación de la tradición no es un criterio suficientemente válido como para impedir reestructurar los procesos, porque entonces las preferencias por el consumo de maíz podrían gradualmente desaparecer.

El avance tecnológico altera tendencialmente el patrón observado en la relación tortilla-consumo, ya que se extinguen paulatinamente los molinos de nixtamal. Debido a tal tendencia, las principales ciudades mexicanas ya no dependerán del maíz sin procesar para obtener la tortilla, sino que las fábricas de harina abastecerían directamente a grandes tortillerías. El molino de nixtamal se transforma gradualmente para dar paso a un fabricante con mayor idea empresarial. Desaparece el binomio tortillería-molino, lo cual altera incluso la lógica de asignación del subsidio estatal a este producto.

Un antecedente que explica por qué la industria de la tortilla sólo puede sobrevivir mediante la renovación tecnológica es que su fabricación automatizada logró que el maíz permaneciera en el consumo de la población urbana, ya que la expansión demográfica y la dinámica misma de las ciudades se encargó de desplazar del consumo masivo a aquellos productos no susceptibles de industrializarse. A pesar de su arraigo en la dieta, la tortilla de maíz corría el peligro de ser sustituida por otros productos, como el trigo, que a partir de su industrialización acaparó una proporción importante del mercado a través del pan de caja.

No obstante, deben priorizarse los problemas actuales de la tortilla y resolverse racionalmente. A partir del maíz se organiza la alimentación del mexicano promedio, ya que otros productos componentes del consumo diario se jerarquizan y combinan en el gasto mediante la seguridad previa de que se cuenta con tortillas. El maíz constituye la "frontera del hambre". Ante la crisis económica generalizada y del propio sector agrícola, este producto ha frenado el desbordamiento del hambre abierta, sea porque se mantiene el precio subsidiado a la tortilla en el medio urbano, o porque una alta proporción se destina al autoconsumo.

Por otra parte, existen soluciones tecnológicas ya probadas que no se conocen suficientemente pero que pueden conciliar el avance modernizador sin mayores costos sociales. Conocer y discutir sobre la viabilidad de esos procesos y, en general, asumir la problemática social económica y tecnológica de esta importante industria, significa un aporte importante del presente Foro, lo cual puede generar una industria de la tortilla respetuosa del medio ambiente sin contaminantes y con un uso más eficiente tanto del maíz como de los recursos naturales en general. La economía puede contribuir con el análisis de mayor eficiencia en los costos, y la sociología

con una organización más racional de los productores a lo largo de la cadena, pero también de los grupos de consumidores que reclaman mejores condiciones de higiene en los procesos y, de paso, una mejor salud colectiva.

PRIMERA PARTE

SOCIEDAD, ECONOMÍA Y POLÍTICA

ANTECEDENTES DEL DEBATE ACTUAL SOBRE EL MAÍZ EN MÉXICO

*Felipe Torres Torres**

Los últimos diez años testifican profundos cambios en la estructura, organización para la producción, transformación, comercialización y consumo del maíz en México. Por su impacto en el conjunto de los eslabonamientos del sistema, la dinámica de estos cambios supera ampliamente a todos los que se presentaron durante los 10 000 años precedentes en que, se supone, comenzó dentro del actual territorio nacional la domesticación del grano.

Aunque de carácter inevitable, por el papel motor del desarrollo económico y la evolución social que influyen en las preferencias de los consumidores hacia el maíz, los cambios esbozados, que repercuten principalmente en la calidad de la tortilla y en el acceso a este producto, se asocian con un viraje comercial en la política económica interna que otorgó un trato similar, en términos de protección y subsidios, al sector agrícola y al consumo de productos básicos que a otros sectores productivos y bienes alimentarios los cuales no necesariamente requieren protección estatal por destinarse a otros estratos de ingresos más altos. Ello acarrió, entre otras consecuencias, un desmantelamiento rápido de la estructura creada durante decenas de años en la producción y comercialización, modificó el proceso tecnológico para elaborar tortillas al iniciarse la desaparición de molinos de nixtamal —lo cual enfrentó a los propios agentes económicos encargados del procesamiento y la distribución final que convivían en el mercado del grano bajo un marco regulador—, y generó un conflicto social y de abasto que aún no se logra encuadrar en las nuevas estructuras del mercado nacional.

El viraje observado por la política económica —que abandona en poco tiempo un esquema proteccionista para instaurar otro de libre mercado—, la eliminación de las funciones reguladoras del Estado en la economía y la propia apertura comercial reciente, han generado las condiciones para la incorporación irrestricta del avance tecnológico, la definición de un

* Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.

nuevo esquema de comercialización y precios diferenciados, otra forma de encuadrar el consumo y un nuevo concepto de modernización industrial basado en consideraciones ambientales.

Debido al significado que el maíz tiene en la evolución social mexicana, es necesario entender sus transformaciones actuales a la luz de las implicaciones que podría acarrear una estrategia donde se ignorasen las diversas situaciones históricas bajo las que ha evolucionado el grano, particularmente en lo que se refiere a las condiciones socioeconómicas de los productores, el futuro de molineros, la industria harinera y la situación misma de los diversos estratos de consumidores.

En la época prehispánica, el maíz se producía en parcelas comunales que evitaban cualquier especulación mercantil del grano. Además de constituir el eje vertebral de la dieta, representaba el principal bien de intercambio o trueque y la divisa bajo la cual se negociaba el monto del tributo entre los pueblos sojuzgados. En esta etapa ocurre el gran salto tecnológico, al lograrse, además de la domesticación del grano, el descubrimiento de las propiedades del proceso de nixtamalización previo a la elaboración de tortillas; también se descubren decenas de usos complementarios al del consumo humano, como la elaboración de pinole y otras bebidas sagradas. El maíz permite pasar a las tribus nahuatlacas de una situación nómada a otra sedentaria, lo cual crea las condiciones para el nacimiento de la mexicanidad y el florecimiento cultural que se prolonga por siglos.

Durante la colonia se incorporan otros productos propios del patrón alimentario europeo, como el trigo, pero aun así el maíz ocupa un papel protagónico en la dieta. Servía para alimentar a las grandes reservas indígenas y no indígenas que laboraban en minas y otras explotaciones coloniales y la misma población española lo integró a su consumo, constituyendo así el principal símbolo del mestizaje. Sin embargo, la estructura económica y social del maíz cambió radicalmente a medida que se implementó otra forma de organización económica y también política.

Al sistema comunal indomexicano, aunque no desaparece totalmente, se le sobrepone la Encomienda donde, a pesar de que la mano de obra era indígena, la producción fue propiedad de encomenderos y del poder virreinal, quien también controlaba la distribución. Nace así el primer sistema de mercado manejado por el gobierno virreinal, quien fijaba precios, regulaba existencias y se encargaba de la distribución en los principales asentamientos poblacionales. En la vida colonial se registran incontables conflictos que tienen relación con los precios del maíz y su disponibilidad, sobre todo entre los estratos sociales más pobres, de tal manera que la escasez del grano o las hambrunas derivadas de su indisponibilidad obligaron a cambios sustanciales en las ordenanzas económicas. Y en la propia estructura de la distribución, lo cual obliga por primera vez a la creación de una reserva estratégica y a la intervención estatal para asegurar el consumo de las ciudades. Incluso se ha llegado a identificar la escasez del maíz como

un detonante y base de las reivindicaciones sociales que precedieron a la Guerra de Independencia de 1810. El asalto a la Alhóndiga de Granaditas, que almacenaba las principales reservas de maíz en el Bajío, así parece demostrarlo.

De cualquier manera, el gobierno colonial crea las primeras instituciones que, al incorporarse a un sistema de mercado, se encargarían de regular la comercialización y asegurar las existencias futuras, aunque nunca pudo romper un poder comercial paralelo que se extendió dentro de las regiones y que todavía hoy permanece arraigado en estructuras caciquiles basadas en la especulación y el agio.

Por otra parte, durante el largo periodo colonial, el avance tecnológico no constituye un factor que incida por sí solo en una nueva organización de mercado y consumo, ya que si bien aparecen pequeños molinos rudimentarios, la elaboración de tortillas es de tipo casero y manual y no se registran establecimientos que comercialicen tortillas en forma directa, salvo en fondas y mesones.

La estructura económica del maíz registra escasos cambios durante la época independiente. La Hacienda sustituye a la Encomienda pero la producción se realiza bajo un sistema de peones acasillados, muy próximos al esquema esclavo, donde, además de las dotaciones vía tiendas de raya, se dispone de una pequeña parcela para satisfacer las necesidades de grano, pero el gran excedente se canaliza a las principales ciudades. El comercio de granos constituye la base de la economía de esa época y el maíz ocupa un lugar preponderante. Además de otras demandas como la tierra, implícitamente el maíz vuelve a representar un detonante del conflicto armado de 1910.

Al finalizar la Revolución, además de intentar resolver los diversos conflictos regionales y comenzar un proceso incipiente de reparto agrario, una preocupación fundamental del gobierno consistió en atender las demandas de maíz, por lo cual éste deja de representar un asunto fundamentalmente económico para constituirse en una preocupación social y política. Ello no puede ser de otra manera porque el maíz no pierde su importancia central en la dieta, debido a lo cual había que satisfacer las demandas bajo cualquier sistema, ya que se trataba de evitar conflictos sociales.

El gobierno posrevolucionario desempeña un papel activo en la organización productiva y distributiva del maíz. Esta actitud se relaciona con una línea proteccionista adoptada en la política económica interna, la cual se basó en la industrialización y sustitución de importaciones de bienes de consumo. El proyecto industrializador provocó grandes concentraciones obreras en las ciudades, lo cual obligó al Estado a asegurar la disponibilidad urbana de maíz; de esa manera se van configurando las grandes instituciones que permitieron definir el esquema de producción y distribución, el sistema de precios, la reserva estratégica, el acopio, el subsidio al consumo, entre otros factores. Surgen instituciones como ANDSA, CONASUPO,

MINSA, etcétera, que además de incidir en toda la política agropecuaria, han servido principalmente para intentar regular los suministros internos de maíz.

Una de las grandes críticas planteadas al esquema anterior es que sirvió para fomentar una política de alimentos baratos que benefició al consumidor urbano, pero al intervenir en la fijación de precios rurales bajos, descapitalizó fuertemente al productor, situación que, a la larga, se convirtió en desestímulo a la producción e incidió en una fuerte dependencia externa del maíz que todavía hoy no se puede revertir. Esta crisis se agudiza a partir de que el Estado abandona la línea de créditos rurales y comienza a participar como un comprador activo de este rubro en el exterior. Asimismo, la fijación del precio oficial a la tortilla, amortiguada con subsidios a los molineros, impidió durante un lapso prolongado que grandes empresas se interesaran por invertir en su producción; derivado de ello, este giro permaneció como una actividad típicamente familiar y de carácter artesanal en el aspecto tecnológico. Además de privilegiar las compras de maíz amarillo de baja calidad que se han canalizado principalmente al consumo de la ZMCM, esta medida es señalada también como responsable de la baja calidad en el producto final.

De acuerdo con los defensores del libre mercado, la estructura proteccionista influyó en la adopción de un esquema de ventajas comparativas para comprar maíz barato en el exterior, sin plantearse las repercusiones internas. En el mismo sentido, permitió configurar un esquema de compras en el mercado interno que la llevaron a absorber el diferencial de costos, al venderlo a los molineros por debajo del precio de adquisición; también es señalada como la culpable de la falta de competitividad interna en la producción y en la disminución gradual de la calidad de la tortilla. Sin embargo, una evaluación más justa sería que la participación del Estado en las compras internas e internacionales —así como en la distribución de maíz—, obedeció a criterios sociales para garantizar la sobrevivencia de un campesinado que no podía ser competitivo, al igual que para consolidar un equilibrio político en el campo con el fin de satisfacer dos expectativas: el compromiso adquirido con el campesinado durante la Revolución de 1910 e iniciar el despegue industrializador que se estaba buscando, donde no interesaba realmente fortalecer la agricultura con criterios mercantiles ni crear una estructura competitiva en el campo. Este error generó la dependencia alimentaria simbolizada por las importaciones de maíz al inicio de la década de los setenta.

De cualquier manera, los intermediarios privados ejercieron una influencia paralela en el mercado nacional del maíz superior a la regulación estatal. El gobierno intervino en las compras regionales y reguló los precios internos por la vía del precio de garantía, pero estuvo muy lejos de controlar el mercado real, el cual abandonó definitivamente cuando se planteó un viraje en la política económica global, donde el propio avance tec-

nológico se encargó de estimular nuevas directrices para adoptar una política de mercado más agresiva en la producción de tortillas, ya que otros espacios de la industria alimentaria se encontraban saturados por las inversiones de empresas agroindustriales de origen transnacional.

Las condiciones que prevalecen hoy en la producción, distribución y transformación del maíz para consumo humano en México se ubican en tres ejes interconectados que configuran un esquema desequilibrado de desarrollo al futuro:

1. *La política económica.* La postura adoptada en este eje ha llevado a un retiro gradual del Estado en el acopio, la regulación de precios y la estructura de subsidios. Las presiones ejercidas por las empresas para la estructuración de un mercado libre real, junto con el debilitamiento manifiesto de la industria nixtamalera tradicional —debido a que su doble dependencia del subsidio gubernamental y del precio oficial controlado le impidió alcanzar los niveles de capitalización adecuados que requiere la empresa y la competencia modernas—, han permitido el surgimiento de estructuras monopólicas que antes no existían en la industria, a pesar de que a principios de esta década se fomentó una política de estímulo a la producción interna de maíz, al fijar un precio de garantía elevado que logró incrementar la producción nacional, y que permanece todavía, aunque menguado y reestructurado, con estímulos tipo PROCAMPO. Ante la grave descapitalización, el abandono estatal por la vía del crédito, la falta de apoyo en asistencia técnica y el fracaso de las recientes reformas al artículo 27 constitucional, no han sido suficientes para mantener el interés de los productores en el cultivo. Sumado a ello se enfrenta una competencia sin precedentes en el mercado internacional donde los países líderes en la producción intentan colocar el mayor volumen de excedentes, lo cual se ha facilitado con el TLC y las cuotas y aranceles de importación ya prácticamente liberados, mismos que han generado los primeros resultados con la disminución del precio de garantía y la libre importación para cubrir el déficit doméstico.

Por otra parte, los precios internos no han podido equilibrarse con respecto al costo de producción, por lo cual el productor, además del déficit precio-costo interno, tiene que soportar los precios competitivos externos, ahora sin protección estatal real, fuera de la coyuntura de PROCAMPO. Asimismo, el esquema de subsidios al consumo tiene una estructura selectiva y no significa ya un atractivo real para la industria tortillera tradicional, que ante la competencia de las harineras, con mejores condiciones de mercado, mayor capacidad de absorción de la tecnología moderna, sistemas publicitarios dinámicos y con mejores posibilidades de salvar la barrera del precio oficial a la tortilla, abandona gradualmente esta actividad.

De igual manera, ante las presiones del mercado libre, el Estado se ha visto obligado a instrumentar una revisión más frecuente del precio oficial

a la tortilla, lo mismo que a adoptar una doble posición en este rubro entre la ZMCM y las diversas regiones del país, al igual que permitir una banda libre de precios a la tortilla elaborada con harina de maíz blanco y distribuida en expendios comerciales. En el largo plazo esta estrategia favorece a las grandes empresas harineras, independientemente de que permaneciera el precio oficial o no, ya que gracias a su capacidad de almacenamiento y control de inventarios les permite comprar maíz indistintamente en el mercado nacional aprovechando las ventajas derivadas del diferencial de precios. Lo mismo les favorecería si el Estado se decide a eliminar totalmente el subsidio al precio del maíz para procesamiento, donde la industria tradicional no sobreviviría.

2. *La tecnología.* El desarrollo tecnológico desempeña un papel determinante en la dinámica que hoy registra la industria de la tortilla. En este siglo, cuando se desarrolla la primera máquina tortilladora, crecen y se expanden los establecimientos especializados en su venta en el medio urbano, aunque un precedente significativo lo fue el molino de nixtamal.

Además de que marca una revolución en la tecnología de proceso y una liberación real de la mujer en el trabajo doméstico, la máquina tortilladora permite que el maíz no pierda su arraigo en el consumo masivo frente a la competencia de otros productos que irrumpen en la dieta del mexicano como resultado de la apertura externa. Sin embargo, el desarrollo tecnológico no adquiere su verdadero sentido económico hasta que se implementa la política de libre mercado que rompe con la estructura del precio oficial controlado de la tortilla. En este caso, la harina de maíz, que ya tenía por lo menos tres décadas de estar presente en el mercado, no se expresa en el consumo popular masivo sino hasta el momento en que aparecen otras máquinas tortilladoras tecnológicamente más sofisticadas, costosas y más adecuadas al procesamiento de esta materia prima. De esa manera comienzan a justificarse las ventajas ambientales, de almacenamiento y conservación, transporte, rendimiento, higiene, control de inventarios y, sobre todo, beneficios mercantiles que tiene la harina de maíz sobre la masa nixtamalizada.

Aunque no se ha demostrado claramente si la primera presenta desventajas nutricionales reales frente a la segunda, pues lo mismo existen posiciones en ambos sentidos, lo cierto es que aquélla se ha visto favorecida por una política económica que viene deprimiendo sistemáticamente a la industria de la tortilla tradicional. Además se ajusta a los criterios de distribución de grandes establecimientos comerciales que prácticamente controlan ya el abasto urbano, como supermercados y tiendas de autoservicio, los cuales incorporaron a la tortillería, originalmente como un servicio integrado novedoso, pero que posteriormente la han convertido en producto gancho gracias a las ventajas tecnológicas que implica prescindir del manejo de masa nixtamalizada y no depender del molino de nixtamal; datos de campo

dan cuenta de que, al integrar el expendio de tortilla, los supermercados aumentaron sus ventas hasta en un 50% debido a la captación de otros compradores que antes concurrían diariamente a las tortillerías de barrio.

Aunque la calidad de la tortilla de harina es indiscutiblemente menor si tomamos en cuenta el perfil de la demanda, así como los hábitos y preferencias de los consumidores, esto no limita su éxito entre los diversos estratos de población, lo cual ha llevado a trastocar factores culturales que se habían arraigado entre los compradores al concurrir éstos directamente a los establecimientos especializados para obtener un producto caliente. Tal desarrollo también acarrea otros efectos, como la desaparición gradual de tortillerías tradicionales en las grandes ciudades o, en el mejor de los casos, su dependencia del subsidio gubernamental vía asistencia pública expresada en la distribución de pequeñas cantidades de tortilla gratuita a las familias más pobres. En algunos casos se detecta también un recambio de las tortillerías tradicionales hacia el uso de harina o su combinación con masa nixtamalizada, lo cual hablaría de una nueva estrategia donde convive la modernidad en la materia prima y la maquinaria con la tradición en los sistemas urbanos de distribución.

Debido a lo anterior, ocurre también un reordenamiento intraurbano de establecimientos. De una clara atomización inicial en diferentes colonias y barrios o en la vía pública, ocurre ahora un fenómeno de alta concentración hacia supermercados o zonas de mayor concurrencia; también, los establecimientos de corte tradicional sobreviven integrados a lugares de tránsito más intenso, como mercados públicos; con ello va desapareciendo la tortillería de barrio.

A pesar de que la tecnología de la harina de maíz y las nuevas máquinas tortilladoras no son significativamente diferentes frente al principio técnico que había consolidado la industria tradicional, en términos de satisfacer adecuadamente el abasto de tortillas, ni las propuestas recientes se traducen en una mejor atención al cliente en eficiencia o calidad, la novedad es que, por su adaptabilidad a las tendencias modernas del comercio, presentan las condiciones adecuadas para su monopolización como negocio, lo cual se complementa con una actitud gubernamental que, ante las propias presiones del modelo económico —y no pocas de grupos de interés—, abandona la industria tortillera tradicional a las libres fuerzas del mercado, conociendo de antemano que no presenta posibilidades competitivas reales frente a nuevas empresas líderes que incorporan otras líneas de productos de consumo masivo como formas de diversificación de sus inversiones.

En tal caso, las tendencias hacia la harinización del consumo son irreversibles y la industria tradicional, si persiste en su estructura actual —sobre todo en lo que corresponde al tipo de materia prima usada—, pasaría a ocupar una posición marginal y sólo satisfaría a estratos de población cada vez más restringidos.

Esto último resulta un asunto especialmente delicado, en la medida en que la nueva forma de entender el negocio de la tortilla se ha expandido bajo la coyuntura de un modelo económico, y no de las preferencias históricas de los consumidores, quienes en el fondo mantienen un rechazo velado al nuevo producto, aunque la rigidez de las medidas derivadas de la política económica no les han permitido otra alternativa; en tal caso, es posible que las próximas generaciones abandonen definitivamente el consumo de maíz ante la baja calidad de un alimento que es especialmente sensible a los criterios de la modernidad —si lo que ésta busca es una dieta práctica—, pero sin la calidad en sabor y presentación a la que está acostumbrado el mexicano promedio.

En otro sentido, si bien la tecnología permitió arraigar el consumo de maíz en las ciudades, este mismo factor, planteado de manera irracional desde la política económica y el desarrollo de una tecnología ajena a la cultura de un pueblo forjado con base en el maíz, puede constituir un factor de desarraigo entre consumidores que, independientemente del precio, y aun suponiendo la permanencia de la crisis económica, buscan calidad en el producto, se ubique o no en una estructura tradicional o moderna. Bajo esta misma premisa debe pensarse en la producción de maíz, donde habrá que retomar el significado social y político de llevar al conjunto de los productores a un esquema competitivo, sin tomar en cuenta la función que tiene el cultivo como factor de arraigo, independientemente de las posibilidades de éxito bajo los criterios del mercado abierto, donde los grandes productores de países hegemónicos tienen ganada de antemano la batalla comercial.

3. *Políticas.* La principal discusión deriva del papel que deben desempeñar los subsidios en el conjunto del sistema maíz-tortilla. La naturaleza del modelo económico vigente excluye la participación del Estado en la economía y obliga a la disminución de sus funciones reguladoras tradicionales; por ende, lo inmoviliza para canalizar subsidios directos a los diversos sectores productivos. Si bien la subvención al binomio maíz-tortilla continúa vigente, es porque finalmente las diversas presiones políticas desencadenadas tanto por los estratos de productores marginales y no marginales, las asociaciones de molineros y aun los grupos sociales que reivindican el subsidio al consumo de tortilla como una de las principales demandas de negociación con el gobierno, han tenido éxito; esta situación, junto con negociaciones de más alto nivel, han permitido a la industria harinera verse ampliamente favorecida, si bien no manifiesta una posición abierta en este sentido; más concretamente, con la estrategia adoptada en el sexenio pasado de harinizar el consumo humano de maíz porque así convenía a una política económica más global, independientemente de sus repercusiones políticas y sociales.

Si como resultado de las diversas presiones políticas, e incluso histó-

ricas, se llega a la conclusión de que el monto de los subsidios a la cadena maíz-tortilla deben mantenerse y hasta incrementarse, la discusión trasciende el terreno de lo económico y se ubica en el estrictamente político.

Dado que en los últimos diez años se debilitaron ciertos agentes económicos, y en cambio se fortalecieron otros que rápidamente se adaptaron a un sistema de mercado abierto en el caso de la producción de harina y la comercialización de grano, entonces los subsidios gubernamentales deberían orientarse estrictamente a la producción y al consumo final.

Por ello, para fortalecer al conjunto de la cadena tendría que desaparecer el precio de garantía y el gobierno estaría obligado a volver a un sistema de precios con mecanismos de protección real frente a los internacionales, dando un precio interno similar al internacional pero absorbiendo las diferencias que implican los costos nacionales de producción; también deberá liberarse el precio oficial de la tortilla.

En tal esquema, el subsidio al procesamiento no tendría entonces mayor sentido. Sin embargo, como ya existen ciertas asimetrías entre molineros tradicionales y empresas harineras, habrían de implementarse algunas medidas de protección por un periodo necesario para la recapitalización de los primeros, de tal manera que se fortalezcan y puedan hacer frente a la competencia. El subsidio directo al consumo tendría que acortarse, considerando por lo menos el monto de los beneficiarios actuales, pero adaptando el padrón a las necesidades de su consumo real de tortilla en el marco de los requerimientos alimentarios familiares globales. De esa manera se garantizaría el equilibrio político necesario y se evitarían los conflictos que ha generado el abasto de maíz a lo largo de la historia de México.

OBRAS CONSULTADAS

Appendini, Kirsten (1988), Los productores campesinos en el mercado del maíz, *Revista Mexicana de Sociología* **50** (1):149-167, UNAM-IIS, México, enero-febrero.

_____ (1992), *De la milpa a los tortibonos. La restructuración de la política alimentaria mexicana*. El Colegio de México-UNRISA, México, 259 p.

_____ (1991), Los campesinos maiceros frente a la política de abasto: una contradicción permanente, *Comercio Exterior* **41** (10):976-984, México.

Calva, José Luis (1988), *Crisis agrícola y alimentaria en México*, Fontamara, México, 230 p.

CONACYT (1979), La tecnología de la tortilla, *Información Científica y Tecnológica* **1** (6):16-20, México.

Dirección de Industria y Tecnología del Sistema Alimentario Mexicano (1982), Informe de las encuestas de la Industria Alimentaria, México.

- Esteva, Gustavo y David Barkin (1982), El papel regulador del Estado mexicano en la comercialización de productos agrícolas básicos, CEPAL, México (mimeografiado), s.p.
- González P., Cuauhtémoc y Felipe Torres (coordinadores) (1993), *Los retos de la soberanía alimentaria en México*, t. II, UNAM-IIEC-Juan Pablos, México, t. 2.
- Hewitt, Cinthia (compiladora) (1992), *Reestructuración económica y subsistencia rural. El maíz y la crisis de los ochenta*, El Colegio de Mexico-Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social, México, 361 p.
- Instituto Nacional del Consumidor (1989), Encuesta sobre el gasto alimentario de la población de escasos recursos en la ciudad de México, México.
- Levy, Santiago y Wifaberg Sweder (1990), El maíz y el Acuerdo de Libre Comercio entre México y EU, *El Trimestre Económico* **58** (232):823-862, México.
- Matus, Jaime y Arturo Puente (1990), La política comercial y tecnológica en la producción de maíz en México. Análisis y perspectivas en el entorno internacional, *Comercio Exterior* **40** (12):1178-1189, México.
- Montañés, Carlos y Horacio Aburto (1979), Maíz, política institucional y crisis agrícola, Centro de Investigaciones del Desarrollo Rural, Nueva Imagen, México, 249 p.
- Torres, Felipe (1995), Los circuitos urbanos de la tortilla (el caso de la ZMCM), UNAM-IIEC-Editorial Cambio XXI, México, 282 p.
- Torres, Gerardo (1992), Las políticas alimentarias y los programas de abasto de tortillas. Ponencia presentada en el Seminario "La producción de bienes y servicios básicos en México", UNAM-CICH, México.

OBJETIVOS, ALCANCES Y PROBLEMÁTICA DE INSTRUMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE SUBSIDIO A LA TORTILLA EN MÉXICO

*Carlota Fernández Mendoza**

El FIDELIST es un organismo sectorizado a la Secretaría de Desarrollo Social encargado de otorgar el subsidio al consumo de tortilla que el Estado destina a la población de escasos recursos. Pero, ¿por qué existe FIDELIST? o, más aún, ¿cuál es la razón de ser del subsidio directo al consumo?

La historia de México podría sintetizarse como la búsqueda de lo que hoy conocemos como justicia social; es lo que la Constitución de 1917 define como "Derechos Sociales", al considerarlos entre las garantías fundamentales de los mexicanos: es así como se consagran las condiciones mínimas necesarias para ejercer los derechos individuales y ciudadanos. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados, y próximos a iniciar el siglo XXI, más del 40% de la población vive en condiciones de pobreza, de acuerdo con cifras estimadas por el doctor Enrique Hernández Laos, de la Universidad Autónoma Metropolitana.

El reto que debemos enfrentar de inmediato es disminuir la pobreza e impedir que continúe el deterioro de las condiciones de vida de la población. La meta debe ser cerrar la brecha entre la opulencia y la miseria; la tarea a desarrollar es formidable pero no imposible; en el año 2000 seremos cerca de 100 millones de mexicanos y es necesario satisfacer sus necesidades esenciales privilegiando la atención a los rezagos acumulados.

La modernización del país se basa en la competitividad y en la productividad y para acceder a ellas se requiere de una población alimentada, con una amplia cobertura en el nivel de enseñanza media y con aceptables condiciones de salud. De esta manera, la política social no debe verse como un complemento de la política de desarrollo, ya que la experiencia indica que debe ser el eje de la modernización integral del país.

La política social debe ser una estrategia integral que busque actuar sobre aquellos aspectos que obstaculizan el desarrollo pleno de las personas,

* Coordinadora de asesores. Fideicomiso para la Liquidación al Subsidio de la Tortilla (FIDELIST).

dentro de la cual el Estado asuma la responsabilidad de buscar la distribución equitativa de la riqueza. Cuando definimos la política social como integral, intentamos actuar tanto en aspectos de la pobreza —tales como la desnutrición, la carencia de niveles satisfactorios de salud y las deficientes condiciones de vivienda—, como en sus fuentes originales: es decir, en las causas que la generan, tales como el desempleo, el subempleo y la falta de acceso a la educación.

MARCO JURÍDICO

Todo lo anterior es, indiscutiblemente, un problema social. Sin embargo, también es un problema de Estado. Desde que el gobierno federal consideró el asunto relacionado con el bienestar general de la sociedad como uno de los principales aspectos a resolver, se vislumbró la perspectiva de asignar y transferir recursos fiscales destinados a instrumentar mecanismos de acceso a la población marginada de los satisfactores básicos.

Así surge en México la figura del subsidio, entendido como la transferencia de recursos económicos que el Estado otorga en función de los objetivos nacionales de política económica. El fundamento legal de esta figura se encuentra en lo dispuesto por el artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el cual establece que "...Se podrán otorgar subsidios a actividades prioritarias, cuando sean generales, de carácter temporal y no afecten sustancialmente las finanzas de la nación. El Estado vigilará su aplicación y evaluará los resultados de ésta..."

Así planteado, un verdadero Estado es aquel que racionaliza sus responsabilidades y concreta sus funciones de seguridad social; es decir, favorece a la población marginada sin detrimento del objetivo global de racionalidad en las finanzas públicas.

Esta actitud estatal de otorgamiento de subsidios no debe entenderse como estatismo económico o sostenimiento de una economía ficticiamente saludable; por lo contrario, quien pretenda encontrar alguna mano invisible en el principio realizador para la asignación de recursos en la actividad económica en un mercado de libre competencia, sería realmente utópico.

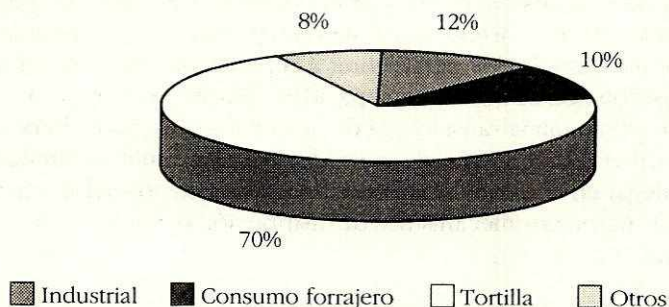
Es una verdad cotidiana la práctica de acciones subsidiarias en las economías de los países altamente desarrollados. Se sabe que en los Estados Unidos, por ejemplo, se aplican sustantivos programas de subsidios a los distintos sectores de su economía; asimismo, la Comunidad Económica Europea ejerce subsidios entre sus países integrantes para regular el abastecimiento de productos básicos, al hacer competitivos sus productos agropecuarios con el fin de compensar pérdidas a los agricultores por movimientos no anticipados en los tipos de cambio, tasa de interés y márgenes de utilidad.

El Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 establece con toda claridad la importancia de imprimir un carácter integral e incluyente con un sólido sustento federalista a la política de desarrollo social; esta línea general de acción tiene como objetivo de gobierno "establecer las condiciones materiales necesarias para impulsar la plena incorporación de los grupos más desfavorecidos al proceso de desarrollo y, con ello, contribuir a la efectiva elevación de los niveles de bienestar y desarrollo social del país".

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En el cumplimiento de esta importante tarea de garantizar el abasto de productos básicos para la población mas desprotegida, la tortilla desempeña un papel predominante. De acuerdo con información de la Subsecretaría de Comercio Interior de la SECOFI, el consumo per cápita de maíz vía tortilla de la población mexicana es de 300 gramos diarios, situación que supera el consumo per cápita de cualquier otro producto alimentario en el país.

CONSUMO INTERNO DEL MAÍZ
GRÁFICA 1



Fuente: Subsecretaría de Comercio Exterior, SECOFI.

La importancia del maíz en la dieta del mexicano obligó al gobierno a garantizar formalmente su abasto a la población desde mediados de los años sesenta. Así, en 1965 se dio vida a la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), misma que tenía la misión de abastecer a la población de este importante producto básico a través de la comercialización directa. Para el maíz y otros productos básicos se estableció un precio de garantía mediante el cual CONASUPO compraba directamente al productor y abastecía por otro lado a la industria molinera con un precio inferior al de garantía, con la finalidad de mantener controlado el precio del producto final.

Este esquema inicial de subsidio garantizó por mucho tiempo el abasto del producto a un precio bajo; sin embargo, se trataba de un subsidio generalizado, es decir, el producto llegaba a un precio bajo a toda la población, independientemente de su situación económica particular.

EL PASADO RECIENTE

Con la aparición de la crisis de 1982 el equilibrio en las finanzas públicas empezó a tomar una importancia capital en el diseño de la política social y de la económica general. Por ello los subsidios generalizados empezaron a ser seriamente cuestionados.

En junio de 1984 se implementó el programa de venta de tortilla con subsidio directo al consumo en tiendas sindicales y de los sectores público y social, buscando con ello beneficiar a los grupos sociales más desprotegidos. En 1986 se puso en operación un programa de distribución de cupones para la adquisición de tortilla en sustitución del anterior, buscando darle una mayor direccionalidad y selectividad a los subsidios canalizados. Con ello se iniciaba el camino hacia el diseño de una subvención selectiva que diera racionalidad a las finanzas públicas sin dejar en el desamparo a la población de escasos recursos.

A partir de estudios realizados por el Programa Nacional de Alimentación para identificar poblaciones vulnerables por recursos y nutrición, se adoptaron entonces criterios para definir a la población objetivo del programa de distribución de bonos. La capacidad de compra del ingreso para una alimentación mínima satisfactoria demostraba que debía incluirse a la población urbana con ingresos de hasta dos salarios mínimos familiares. Para hacer llegar en el menor tiempo posible los beneficios del sistema de bonos, se diseñaron dos mecanismos de distribución paralelos en función de la población a atender:

- a) Para corresponder a la demanda de las organizaciones sindicales, acreditando las necesidades de los trabajadores dentro del rango de población objetivo.
- b) Para distribuir por conducto de las tiendas de los sectores público y social, en respuesta a la demanda real manifestada por la población objetivo que habitaba dentro de la zona de influencia de cada canal comercial.

Con el desarrollo de este programa, quedaron de manifiesto dos situaciones que posteriormente se capitalizaron en el esfuerzo por focalizar los subsidios al consumo: por un lado se demostró que era posible lograr su aplicación directa y, por el otro, se definió a la población objetivo desde el punto de vista del ingreso mínimo requerido.

A fines de los ochenta y principios de los noventa el programa de distribución de bonos empezó a mostrar signos de agotamiento. En los medios oficiales y en los correspondientes a organismos internacionales empezó a darse un consenso de la necesidad de sustituir los subsidios generalizados por los selectivos.

Los subsidios generalizados benefician más a los sectores de altos ingresos en la medida de que sus volúmenes de consumo son más altos que los correspondientes a los sectores de bajos ingresos. Este desequilibrio y la necesidad de utilizar de mejor manera los escasos recursos disponibles, constituyen el fundamento de las reformas que proponen la sustitución de los subsidios generalizados por los dirigidos.

La característica de este tipo de subsidios es que están diseñados de tal forma que benefician a una población previamente determinada en función de sus ingresos o de otro parámetro, como, por ejemplo, su situación nutricional o educativa. Con ello se logra el doble objetivo de beneficiar con un subsidio dirigido a la población que realmente necesita esta transferencia de recursos y además lograr una eficiencia en el gasto que haga consistente a la política social con la política económica global.

LA TECNOLOGÍA APLICADA A LA POLÍTICA DE SUBSIDIOS

La población objetivo del programa se identificó prioritariamente dentro de los núcleos poblacionales de escasos recursos que habitaban en colonias con niveles socioeconómicos bajo, medio bajo y medio, cuyos ingresos no exceden del monto equivalente a dos salarios mínimos mensuales, según la clasificación cartográfica derivada del análisis de los servicios urbanos con los que cuentan las colonias en 202 ciudades del país.

La selección de las familias se llevó a cabo mediante una encuesta socioeconómica que permitía verificar a domicilio el nivel de pobreza relativa de los beneficiarios. Para tal efecto se diseñó un sistema de evaluación en medios electrónicos que impide la discrecionalidad en la aceptación de los solicitantes.

Una vez avanzada la identificación de la población objetivo se debía desarrollar un modelo de transferencia de recursos que cumpliera al menos con cinco premisas básicas para garantizar eficiencia en la entrega del subsidio al menor costo posible:

1. Aceptación generalizada en cualquier expendio del producto subsidiado.
2. Garantía de utilización en el consumo del producto subsidiado.
3. Durabilidad del instrumento de asignación.

4. Instrumento de asignación controlable y personalizado.
5. Instrumento multifuncional con posible aplicación a la asignación de varios subsidios.

El primero de mayo de 1991 se implantó el sistema automatizado para el subsidio al consumo de la tortilla, el cual consiste en una tarjeta plástica con código de barras mediante la cual los beneficiarios tienen oportunidad de recibir un kilogramo de tortilla gratis diariamente en cualquier tortillería afiliada. El programa atiende alrededor de 2.2 millones de familias, estimándose que para diciembre de 1995 contaría con un padrón de 2.8 millones de familias beneficiarias; el número de tortillerías afiliadas es aproximadamente de 13 000.

El beneficiario acude a los establecimientos afiliados al programa y puede hacer efectivo su beneficio por medio de una tarjeta plástica que asocia al usuario con un código de barras específico. La tarjeta se introduce en el equipo lector óptico instalado en la tortillería y queda grabada su operación en la memoria de la máquina.

El industrial propietario acude a su vez a las instalaciones del FIDELIST con el equipo lector respectivo y, por medio de un procedimiento desarrollado en sistemas de cómputo, puede descargar la información que contiene su equipo y cobrar el monto correspondiente a las operaciones efectuadas, lo cual garantiza transparencia y agilidad en la aplicación de los recursos.

Bajo este proceso es posible obtener información de las transacciones efectuadas al detalle, lo que permite cancelar temporal o definitivamente el subsidio a los beneficiarios ya sea por mal uso o bien por robo o extravío de la tarjeta, y evitar así el desvío de los recursos. Con el manejo electrónico del programa se tuvo muy buen acercamiento inicial para el control y transparencia en el manejo del subsidio a la tortilla.

Sin embargo, poder ampliar este esquema a otros programas de abasto social, alimentario y nutricional, requería del uso de tecnología de punta para solventar las limitaciones del código de barras. Por ello se llevó a cabo una investigación sobre nuevas tecnologías a efectos de poder adicionar los beneficios de otros programas de abasto social a la misma logística de operación. La más apropiada bajo el criterio de costo-beneficio es la tarjeta inteligente, dado que nos brinda, entre otras, las ventajas que a continuación se enuncian:

- a) Circuito de lectura y escritura magnética, que permite registrar información personalizada del beneficiario con diferentes niveles de seguridad.
- b) Posibilidad de manejo de varios programas de abasto social alimentario con la misma tarjeta.
- c) Alta resistencia de uso; es decir, soporta temperaturas elevadas, trabajo semirrudo; se encuentra aislada de daños por magnetis-

mo; posee circuito de alta resistencia física, dispositivo de memoria con varios niveles de seguridad; asegura integridad de la información y nula posibilidad de falsificación.

- d) Establecimiento de programas especiales de periodicidad temporal de una manera oportuna.
- e) La tarjeta puede ser cancelada, lógicamente, y provocar la suspensión de alguno de los subsidios sin afectar otros programas a los que se tenga derecho.

En razón de lo anterior, se sustituyeron en 15 ciudades, una delegación en el D. F. y un municipio de la zona conurbada, las tarjetas plásticas de código de barras de los beneficiarios por tarjetas inteligentes, donde en algunos casos contemplan el doble beneficio: es decir, leche y tortilla.

La tarjeta inteligente de los beneficiarios para el programa de abasto social de la leche tiene registrada la fecha de nacimiento de cada uno de los infantes que componen la familia, puesto que sólo son susceptibles de recibir el beneficio de la leche aquellos niños menores de 12 años; por lo tanto, la propia tarjeta reduce la dotación de forma automática al detectar si alguno de ellos sobrepasa la edad límite.

Es importante resaltar que desde 1991 hasta la fecha se han generado cambios radicales en la conceptualización de los esquemas operativos y técnicos para el manejo de los programas de subsidio a la tortilla y de abasto social de la leche, ya que se ha procurado contar con tecnología de punta tanto para el trabajo operativo como técnico; tal es el caso de la tarjeta inteligente, el uso de cartografía, sistemas informáticos a la medida, esquemas de trabajo por zonificación, etcétera, así como mantener actualizado al personal involucrado en la operación de estos programas, con lo cual se garantizan niveles más altos de eficiencia en el manejo de programas sociales.

CONCLUSIONES

- 1) La política de abasto social, apoyo alimentario y nutrición es una de las herramientas más importantes con las que cuenta el gobierno federal para hacer frente a los desequilibrios generados por los rezagos sociales que afectan a amplias capas de la población.
- 2) La política de abasto social, alimentación y nutrición debe dirigirse a la población más desprotegida, ya que en los casos de pobreza extrema, requiere de medidas radicales y profundas que incidan directamente no sólo en sus hábitos alimentarios sino que permeen su base cultural para eliminar las distorsiones, incluso de carácter antropométrico, ligadas a la desnutrición crónica y, consecuentemente, a los efectos colaterales que esto conlleva.

- 3) La alternativa que debe enfrentar una política social de largo alcance es disminuir o eliminar las condiciones que propician la pobreza extrema, por medio de programas institucionales multidisciplinarios con una coordinación única.
- 4) El subsidio en México ha tomado una importancia preponderante para la canalización efectiva de recursos financieros hacia las clases más necesitadas. Podemos señalar que este esquema se puede ampliar sin ningún problema a otros productos de la canasta básica. Sin embargo, debemos trabajar para reducir al máximo las posibilidades de desvío en el manejo de los subsidios.
- 5) Actualmente se cuenta con tecnología e infraestructura necesarias y suficientes, aunadas a una logística eficaz, lo que permite operar los diferentes programas de abasto social alimentario con un nivel de seguridad, veracidad, agilidad y eficiencia elevada.
- 6) Por lo anterior es fundamental integrar un solo padrón de beneficiarios que permita el uso común de éste en todos los programas, con el fin de evitar la duplicidad de esfuerzos de las instituciones participantes y lograr además un efectivo combate a la pobreza al incorporar al esquema de subsidios un paquete integral que ataque las raíces estructurales del problema.
- 7) Dadas las ventajas del manejo sistematizado de los programas de subsidio, la adquisición de tecnología de punta no debe considerarse como un gasto, sino como una inversión que se recupera rápidamente dado que permite la reducción en los gastos operativos, administrativos y de control y logra reorientar fácilmente los esquemas de subsidios gracias su alta dinámica de cambio.
- 8) Considerando las difíciles circunstancias económicas y financieras actuales, la SEDESOL enfatiza la necesidad de racionalizar los subsidios al consumo básico en términos de mayor selectividad, cobertura real a los sectores más desprotegidos de la sociedad, transparencia de aplicación y criterio específico de temporalidad.

OBRAS CONSULTADAS

- Sen, Amartya (1979), *Sobre la desigualdad económica*, Crítica, Madrid.
- Cano Escalante, Francisco, Notas inéditas.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 28, México, pp. 18-19.
- El conocimiento de la pobreza en América Latina, *Comercio Exterior* 42 (4):302-412, Banco Nacional de Comercio Exterior, México, abril de 1992.
- Estrategias para reducir la pobreza (1993), Informe Anual del Banco Mundial.

- La lucha contra la pobreza en América Latina, *Comercio Exterior* **42** (5):415-505, Banco Nacional de Comercio Exterior, México, mayo de 1992.
- Levy, Santiago (1993), La pobreza en México. Examen de la situación económica de México, México.
- Ley Orgánica del artículo 28 constitucional en materia de monopolios.
- Philleppe, Grenier (1989), Política de subsidios para los productos alimentarios, Organización de las Naciones Unidas, Proyecto MEX/82/014, Roma.
- Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000. Poder Ejecutivo Federal, México, 177 p.
- Pobreza y necesidades básicas en México, *Comercio Exterior* **41** (5): 423-515, Banco Nacional de Comercio Exterior, México, mayo de 1991.
- Tello, Carlos y Rolando Cordera (1987), *La desigualdad en México*, Siglo XXI Editores, México, 334 p.
- Tijerina Garza, Fliezer (1992), Hacia un análisis multivariado del bienestar (Editorial), *Carta del Economista*, Revista del Colegio Nacional de Economistas **2** (2):7-12, marzo-abril.
- Villarreal, René (1992), *Liberalismo social y reforma del Estado*, Nafin-ECE, México, 395 p.

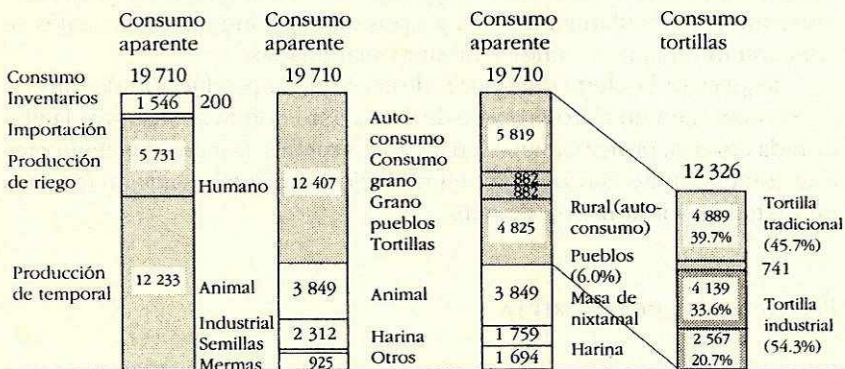
RACIONALIZACIÓN DE SUBSIDIOS Y LIBERACIÓN DE PRECIOS DEL SECTOR

*José Ferrer Pujol**

ESTRUCTURA DE LA DEMANDA Y DE LA OFERTA

Como sabemos, el consumo de tortillas en nuestro país es muy elevado. La estructura de la demanda es la siguiente: el consumo aparente de maíz es de 19.7 millones de toneladas anuales, y se destina en su mayor parte al consumo humano, el cual representa 12.4 millones de toneladas; el resto se destina al consumo animal e industrial, principalmente para la producción de harina de maíz. Del maíz, por tipo de uso, se estima que el consumo de tortilla es del orden de 12.3 millones de toneladas, de los cuales una parte aún importante (45.7%) es de autoconsumo, en forma de tortilla en las poblaciones rurales, el resto (54.3%) es producida por las tortillerías que usan masa de nixtamal (33.6%) y masa de harina de maíz (20.7%).

CUADRO 1
OFERTA DE MAÍZ EN MÉXICO Y PRINCIPALES RUBROS DE CONSUMO

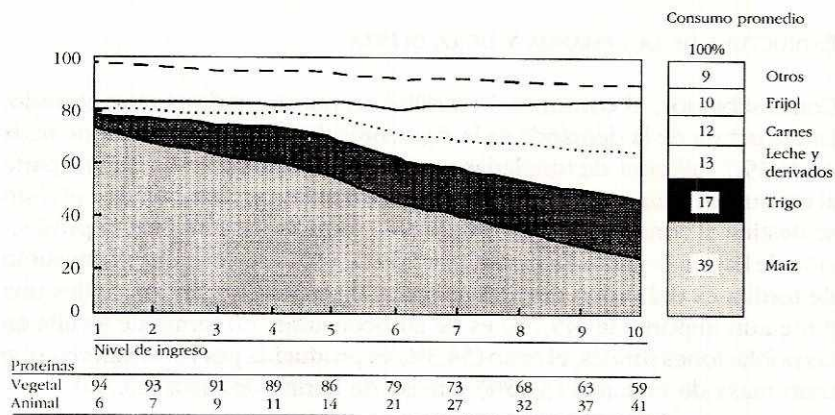


* Director técnico de Maíz Industrializado del Centro, S.A. de C.V.

El cuadro 2 indica el consumo de proteínas a través de los productos básicos, donde destaca el mayor aporte de proteínas vía tortilla. Conforme aumenta el nivel de ingresos, los consumidores reducen su consumo de tortillas y comen más pan, leche y carne. Es decir, al aumentar el ingreso la dieta cambia, para pasar de una principalmente vegetariana a otra más balanceada en proteínas vegetales y animales.

CUADRO 2
APORTE DE PROTEÍNAS Y OTROS ELEMENTOS

Consumo total de proteínas de productos básicos por estrato



Si analizamos la ingesta total de calorías, llegamos a la misma conclusión: la tortilla es el alimento que aporta en mayor proporción a los mexicanos, particularmente a los grupos de bajos ingresos, los cuales se concentran en zonas rurales y urbanas marginadas.

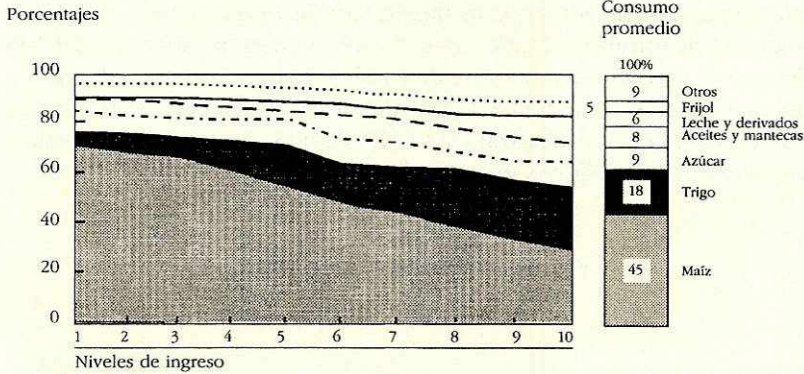
Respecto a la oferta del sector, destaca que la producción de tortillas se encuentra en un claro proceso de evolución, donde se sustituye la elaborada en casa, principalmente en las zonas rurales, por una creciente producción en tortillerías que están eliminando la masa fabricada en molinos de nixtamal por la harina de maíz.

PRECIOS REALES DE LA TORTILLA

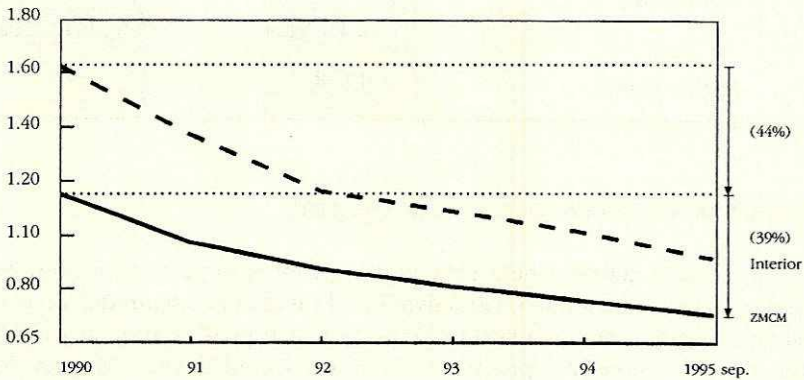
La política gubernamental durante los últimos cinco años ha sido mantener precios diferenciales para la ZMCM y para el interior del país, y aumentar los precios de la tortilla a un ritmo menor que la inflación, por lo que ha

habido una reducción en términos reales del precio de la tortilla del 39% en la ZMCM y del 44% en el interior del país.

CUADRO 3
CONSUMO TOTAL DE CALORÍAS DE PRODUCTOS BÁSICOS POR ESTRATO



CUADRO 4
PRECIOS REALES DE LA TORTILLA



Los subsidios dirigidos al consumo de la tortilla, mediante el Programa de Solidaridad, se han incrementado en forma importante, al aumentar el número de familias beneficiadas en 202 ciudades, hasta alcanzar este año 2.8 millones de familias con ingresos inferiores a dos veces el salario mínimo, a las que se les subsidia el consumo equivalente a 1.0 kilo de tortillas por día.

La política de precios y subsidios al consumo de tortilla se puede apreciar claramente al comparar los costos y los precios de venta del maíz. En el cuadro 5 se aprecia claramente un diferencial creciente entre el precio de garantía del maíz que CONASUPO paga a los agricultores y el costo del maíz de importación para CONASUPO con precios que éste ofrece a los molinos en la ZMCM y en el interior del país, lo cual implica una importante escalación en los subsidios al consumo de tortilla que incluyen: el dirigido al consumo de tortilla de Solidaridad, el cual representará este año \$ 1 185 millones;* el subsidio al consumo de tortilla vía bajos precios del maíz a molinos, el cual representará \$ 1 750 millones; así como el subsidio vía la harina de maíz, el cual alcanzará \$ 1 812 millones. En total, los subsidios totalizarán \$ 4 747 millones en este año.

CUADRO 5
PRECIOS Y SUBSIDIOS AL SECTOR

Millones de pesos	Valor	Part. (%)
Total	4 747	100.0
Tortilla Solidaridad	1 185	25.0
Maíz-tortilla	1 750	36.8
Harina-tortilla	1 812	38.2

PROBLEMAS GENERADOS POR LA POLÍTICA VIGENTE

La política actual genera muy graves problemas para el consumidor final y en toda la cadena productiva: en el nivel del consumidor final, el subsidio dirigido no se canaliza sólo a zonas marginadas; precios y subsidios no son equitativos por zona ni por estado; el diferencial entre los precios en la ZMCM y el interior del país de maíz y de harina provoca un riesgo de desvíos de estos productos; en las fórmulas de revisión de precios oficiales, las autoridades "no reconocen" todos los costos de los molinos, de las plantas de harina y de las tortillerías, por lo que existe un rezago acumulado entre los ajustes en los precios oficiales y la inflación real en costos

* Se han eliminado las antiguas denominaciones de viejos y nuevos pesos, y en todo el libro sólo se utilizará el signo (\$), dado que es el único oficial en México a partir de enero de 1996. [N. del E.]

de la harina, la masa y la tortilla, lo cual ha llevado a un deterioro en los márgenes e incluso a la descapitalización de las empresas del sector.

En CONASUPO, la política de mantener muy bajo el precio de la tortilla y de ajustar el precio de garantía del maíz ha significado una escalada en el costo directo de los subsidios. Por ello el gobierno federal tiene que realizar cuantiosas transferencias de recursos a CONASUPO para que esta entidad pueda subvencionarlos, ya que de otra forma "quebraría" en pocos meses. Esto implica, además, la necesidad de que CONASUPO cuente con una organización pesada para "administrarlos".

La política actual de precios de tortilla se basa en definir cinco zonas de precios oficiales, como se observa en el cuadro 6. La zona I incluye la ZMCM; la zona II integra a la mayoría de los estados en el interior del país; la zona III incluye sólo a Baja California Norte y Sur y Quintana Roo; la zona IV a Cancún; y la zona V a Cozumel. Las mayores poblaciones se concentran en la zona I (20.3%) y en la zona II (76.7%).

CUADRO 6
INGRESOS Y PRECIOS DE LA TORTILLA POR ZONA

Zona	Población (%)	Ingreso (\$/día)	Precio (\$/kg)	Poder adquisitivo (kg/día) (Índice)	
Zona I	20.3	35	1.00	35.0	140
Zona II	76.7	29	1.30	22.3	89
Zona III	3.0	412	1.35	30.4	122
Zona IV	0.1	32	1.50	21.3	85
Zona V	<0.1	32	1.60	20.0	80
Nacional	100.0	31	1.24	25.0	100

Si analizamos la relación entre los niveles de ingreso promedio de la población en cada lugar con los precios oficiales de la tortilla, se observa que la política actual no es equitativa. En el D. F. la tortilla costaba en 1995 \$1.00 por kilo, que con el ingreso promedio de \$35 por día alcanzaba para comprar 35 kilos; mientras que en provincia la tortilla cuesta \$1.30 por kilo, que con el ingreso promedio de \$29 por día sólo alcanza para comprar 22 kilos, lo que representa una diferencia del 64% en el poder adquisitivo de tortillas. Por esto, consideramos que es muy importante eliminar los precios diferenciales de tortilla entre las diversas zonas.

Si analizamos el cuadro 7, la relación entre los niveles de ingreso promedio de la población con los precios oficiales de la tortilla en el D. F. comparada con los estados "más rezagados", observamos que la política actual es aún más injusta. Mientras que en el D. F. los ingresos de la población permiten comprar 35 kilos, en Oaxaca y Chiapas, que tienen ingresos promedio de \$21 y \$20 diarios, sólo alcanzan a comprar 16.2 y 15.4 kilos.

CUADRO 7
INGRESOS Y PRECIOS DE LA TORTILLA EN ESTADOS SELECCIONADOS

Estados	Población (%)	Ingreso (\$/día)	Precio (\$/kg)	Poder adquisitivo (kg/día)	(Índice)
ZMCM	20.3	35	1.00	35.0	140
Yucatán	1.7	25	1.30	19.2	77
Puebla	5.1	24	1.30	18.5	74
Zacatecas	1.6	24	1.30	18.5	74
Hidalgo	2.3	24	1.30	18.5	74
Oaxaca	3.7	21	1.30	16.2	65
Chiapas	4.0	20	1.30	15.4	62
Nacional	100.0	31	1.24	25.0	100

Es decir, que los estados más pobres, que tienen la mitad de los ingresos del D. F., pagan un precio de tortilla 30% mayor.

La política oficial actual de precios y subsidios del sector es muy compleja, por lo que en el cuadro 8 destacamos sólo aspectos generales. La política parte de fijar un precio de garantía, el cual actualmente es de \$815 por tonelada de maíz, con base en el cual CONASUPO y las empresas particulares pagan a los agricultores. Por otra parte, ésta realiza las funciones de acopio, distribución y almacenamiento del grano, con lo cual su costo integrado del maíz lo estimamos en \$1 235 por tonelada.

CUADRO 8
PRECIOS Y SUBSIDIOS DEL SECTOR
PESOS POR TONELADA

Concepto	ZMCM	Interior	Nacional
CONASUPO			
• Precio de garantía	815	815	815
• Costo integral	1 235	1 235	1 235
Molinos			
• Costo de maíz	275	475	435
• Subsidios	960	760	800
• Precio	387	504	480
P. harina			
• Costo de maíz	815	815	815
• Subsidios	903	690	741
• Precio	705	929	876
Tortillería			
• Costo m. maíz	498	648	617
• Costo m. harina	403	531	500
• Precio	1 000	1 302	1 241

CONASUPO vende a los molinos el maíz a \$275 en la ZMCM y a \$475 por tonelada en el interior del país. La venta del grano a un precio mucho menor que el costo de CONASUPO representa un subsidio implícito enorme, de \$960 en el D. F. y \$760 por tonelada en el interior.

Por otra parte, las plantas de harina compran el maíz directamente a los agricultores al precio de garantía de \$815 por tonelada y reciben un subsidio indirecto de \$903 en el D. F. y de \$690 por tonelada en el interior.

En cuanto a los molinos, el elevado diferencial en el precio del maíz, de \$200 por tonelada entre el precio en el D. F. y en el interior, representa un enorme "incentivo" para la corrupción, ya que un desviador puede lograr una rápida ganancia al comprar el grano a precio del D. F. para luego venderlo a molineros de provincia o a los mismos productores de alimento balanceado en la capital.

Algo similar ocurre en el caso de la harina. A pesar de que las plantas harineras la identifican claramente para su consumo en el D. F. y en el interior, existen desviadores que ganan \$224 por tonelada al comprarla a precio de la capital y revenderla en provincia.

El monto total de todos estos subsidios es enorme (cuadro 9). Los indirectos canalizados vía molinos representan \$1 750 millones. Los indirectos canalizados vía plantas harineras son del orden de \$1 812 millones. Y los dirigidos a los consumidores en zonas populares son del orden de \$1 185 millones. Todos éstos representan \$4 745 millones anuales. Además, puede observarse que se concentran más en la ZMCM que en el interior.

CUADRO 9
SUBSIDIOS DEL SECTOR
(Millones de pesos)

Concepto	ZMCM	Interior	Nacional
Maíz-tortilla	425	1 325	1 750
Harina-tortilla	528	1 285	1 812
Tortilla Solidaridad	240	945	1 185
Subsidios totales	1 192	3 554	4 745
Participación (%)	25.1	74.9	100.0
Población (%)	21.3	79.7	100.0

Es importante aclarar que todos los subsidios indirectos a los molinos y a las plantas de harina no son para beneficio de estas industrias, sino para los consumidores, al asegurar que el precio de la tortilla al consumidor final se mantenga bajo, o sea, de \$1.00 en 1995 por kilo en el D. F. y de \$1.30 en el interior.

NUEVA POLÍTICA PROPUESTA DE PRECIOS Y SUBSIDIOS

Conscientes de la gran importancia de nuestro sector en el ámbito nacional y profundamente preocupados por la problemática planteada, proponemos una nueva política de precios y subsidios en dos fases.

En la primera, consideramos que se debe buscar igualar los precios y subsidios en el nivel nacional, eliminando los diferenciales entre el D. F. y el interior del país, con el fin de reducir el riesgo de desvíos de maíz y de harina. Además, se deberán mantener los subsidios directos a las clases marginadas para la compra de tortilla, manejados de una manera más precisa, clara y transparente para beneficiar a esta población objetivo.

En la segunda fase, pensamos que es fundamental liberar gradualmente los precios, al eliminar los subsidios del maíz, la masa, la harina y la tortilla. Además, éstos deberán reorientarse hacia las clases marginadas, suspender el subsidio directo a la tortilla y canalizar con toda transparencia los mismos recursos por la vía del ingreso a esta población objetivo.

En concreto: para la primera fase, la propuesta es igualar en todo el país los precios y los subsidios para los productos del sector (cuadro 10): el maíz costaría \$435 por tonelada a los molinos, la masa se vendería a \$480 por tonelada (\$24 bulto de 50 kilos), la harina se vendería a \$876 por tonelada y la tortilla a \$1.25 por kilo.

Cabe destacar que esto implica mantener los mismos recursos fiscales destinados a subsidios y las mismas participaciones por producto y área geográfica. Simplemente se integraría una política de precios y subsidios nacionales y se eliminarían totalmente los "incentivos económicos" para no incurrir en los riesgos de desviar el maíz y la harina. Además, la pobla-

CUADRO 10
RACIONALIZACIÓN DE PRECIOS Y SUBSIDIOS
(Pesos por tonelada)

CONASUPO	• Precio garantía • Costo integral	815 1 235	• Reducir costos de operación • Eliminar riesgo de desvío de maíz
Molinos	• Costo maíz • Subsidio • Precio	435 800 480	• Eliminar riesgo de desvío de maíz
P. Harina	• Costo maíz • Subsidio • Precio	815 741 876	• Eliminar riesgo de desvío de harina
Tortillerías	• Precio	1 241	• Nivelar precios
Consumidor	• Precio	1 241	• Mantener subsidio de tortillas en zonas marginadas

ción de todo el país pagaría lo mismo por la tortilla y las clases marginadas continuarían recibiendo el subsidio en su compra.

Y, para la segunda fase (cuadro 11), sería la liberación gradual de los precios en los productos y eliminar proporcionalmente los subsidios al sector. De esta forma, partiendo de la base de que el precio actual de garantía del maíz (\$815 por tonelada) se encuentra muy cerca del internacional, se llegaría a uno nuevo de la masa de \$924 por tonelada (\$46.20 por bulto de 50 kilos); de la harina, de \$1 617 por tonelada; y de la tortilla, \$1.80 por kilo.

Esto implicaría también instrumentar una nueva política de subsidio directo, por la vía del ingreso, a las clases marginadas. Por ejemplo, subir los salarios mínimos en forma proporcional o, mejor aún, reducir los impuestos a los causantes de menores niveles de ingresos.

CUADRO 11
PROPUESTA PARA LIBERAR PRECIOS Y ELIMINAR SUBSIDIOS

Concepto	Precios con subsidios (por t)	Precios sin subsidios (por t)
CONASUPO		
• Precio de garantía	815	815
• Costos de operación	420	420
• Costo integral	1 235	1 235
Molinos		
• Costo de maíz	435	1 235
• Subsidios	800	—
• Precio de masa	480	924
P. Harina		
• Costo de maíz	815	815
• Subsidios	741	—
• Precio de harina	876	1 617
Tortillería		
• Costo de masa de maíz	617	1 189
• Costo de masa de harina	500	924
• Costo de masa promedio ponderado	573	1 088
• Precio de tortilla (por kg)	1 241	1 756

CONCLUSIONES

Nuestro sector es de importancia primordial en el nivel nacional, ya que cubre la necesidad de alimentación del pueblo mexicano, particularmente de la población de menores ingresos.

1. La política actual ha reducido los precios de la tortilla en términos reales y ha escalado los niveles de subsidios en forma mantenida.

2. La política actual de precios y subsidios no es equitativa porque subsidia más al maíz, la masa, la harina y la tortilla en el D. F. que en el interior y además genera graves problemas; destacan por su seriedad los riesgos de desvíos de maíz y de harina.

3. Proponemos una nueva política de precios y subsidios para el sector. Ésta buscaría, primero, igualar los precios y subsidios del maíz, la masa, la harina y la tortilla entre el D. F. y el interior; de tal manera se erradicarían los riesgos de desvíos de maíz y de harina que sólo benefician a unos cuantos intermediarios y que cuestan tanto al país.

4. Después, liberar los precios del maíz, la masa, la harina y la tortilla mediante la reducción proporcional de los subsidios a estos productos, para lograr finalmente que nuestro sector opere totalmente dentro de una economía de mercado. Con los recursos fiscales que se rescaten, será factible instrumentar una nueva política de incentivo real para mejorar los ingresos de las clases marginadas, que tanto lo necesitan.

5. Con esta nueva política gana el consumidor, gana el sector, gana el gobierno. Pero quien más gana es México.

LAS DOS CARAS DE LA TORTILLA: DE LO URBANO A LO RURAL

Monique Mitastein*

[En] un discurso político [...] una expresión como *interés nacional* [...] se utiliza normalmente como si se tratara de algo bueno para nosotros; y se supone que eso es lo que la gente entiende [...]. Sin embargo, si lo miras más de cerca, resulta que el interés nacional no se define como lo que interesa a toda la población; es lo que interesa a un pequeño grupo de élites dominantes que resulta que pueden disponer de los recursos que les permiten controlar al Estado [...]. A su vez, la expresión *intereses especiales* se emplea de manera semejante para referirse a la población en general. Cuando se trata de ésta se habla de *intereses especiales* y cuando se trata de élites se utiliza el término *interés nacional*. Se supone que uno tiene que estar en favor del *interés nacional* y en contra de los *intereses especiales* (Chomsky, 1993).

¿Qué pasa si cambiamos la expresión interés nacional por la de modernización económica? ¿Nos hemos preguntado si la modernización económica o industrial es algo bueno para nosotros, o a quiénes les interesa? ¿Tiene el mismo significado, para todos los actores involucrados en el ámbito urbano o rural, hablar de modernización de la industria de la masa y de la tortilla?

El Frente por el Derecho a la Alimentación (FDA), al que pertenecen más de 130 organizaciones civiles y sociales que luchan contra el hambre y que representa a muchos de los actores involucrados, se constituyó en 1991 y tiene como antecedentes las grandes movilizaciones en demanda de abasto y de la permanencia del subsidio a la tortilla, que culminaron con la firma del Pacto contra el Hambre en la ciudad de México en 1990.

Como relatan Hoyos e Ibarra (s.f.), algunos de los movimientos urba-

* Centro de Integración, Universidad Iberoamericana, A.C., y asesora del Frente por el Derecho a la Alimentación. Las opiniones aquí vertidas son responsabilidad única de la autora.

no-populares, que surgen a partir de 1970, empiezan a trabajar en programas de abasto, nutrición o alimentación. Van acumulando experiencias, por un lado de autogestión y coordinación y, por otro, de enfrentamientos con las diversas dependencias oficiales responsables de poner en práctica programas de *interés nacional* de abasto popular, combate a la pobreza, alimentos subsidiados, etcétera, como respuesta al deterioro de las condiciones de vida. La ejecución oficial de los programas frecuentemente busca obstaculizar el desarrollo de movimientos independientes y la autogestión de las comunidades involucradas.

Cabe explicitar algunas de las actividades relacionadas con los programas sociales de abasto, especialmente de tortillas y maíz. Cuando éstos se extienden a la mayoría de las organizaciones rurales con el programa CONASUPO-COPLAMAR, la lucha se da entre las autoridades de la CONASUPO y las comunidades que quieren que los almacenes sean administrados por instancias comunitarias (Consejos Comunitarios de Abasto), y que realmente vendan a los campesinos productos básicos. Esto lleva a consolidar estructuras de coordinación como la Unión Regional de Ejidos de la Costa Grande de Guerrero, la cual, a través de su Sistema Integral Regional de Abasto Comunitarios (SIRAC), se hace cargo de los almacenes, y la Coordinadora de Consejos Comunitarios de Abasto de Oaxaca que pone en jaque a la CONASUPO. En 1983 el programa COPLAMAR pasa a ser de Tiendas Rurales DICONSA. Ante el avance de la pobreza, en 1984 DICONSA establece el Programa de Abasto a las Zonas Populares Urbanas (PAZPU), mejor conocido como CPAC's.

Las tiendas operadas por organizaciones independientes se consolidan y se crean coordinaciones para realizar la administración, supervisión y compras en común; tal es el caso en 1988 de la Coordinadora de Tiendas de la Unión Solidaria de Abasto Popular con 15 establecimientos. De las 400 tiendas CPAC's existentes en el D. F. en ese año, una cuarta parte era administrada por organizaciones populares, las cuales también impusieron una estructura horizontal para la operación de los almacenes de la CONASUPO en el Distrito Federal a través de la Coordinadora de Consejos Populares de Abasto (CCPA-DF) en 1989, que aglutinaba cinco almacenes con 437 CPAC's, y atendía a 225 000 familias.

La CCPA llevaba las negociaciones con las diferentes instancias de gobierno como SECOFI, PROFECO y CONASUPO. Considerando que las necesidades de abasto de los consumidores urbanos se entrecruzan con las de comercialización de los productores rurales, en 1985 surgió la experiencia de la Cooperativa Campo-Ciudad en las tiendas de la CONAMUP; sin embargo, no llegó a prosperar.

En 1985-1986 el gobierno establece el subsidio a la tortilla que se distribuye a través de las tiendas CPAC's y en 1989 la Coordinadora logra con LICONSA y SECOFI que las dotaciones de tortibonos de las tiendas, que se habían tenido que cerrar, se asignen a los CPAC's, así como cocinas popu-

lares a las comunidades que lo soliciten. La CCPA arranca las dotaciones de tortibonos de las lecherías para los CPAC's debido a la corrupción en su otorgamiento; y en marzo de 1990, ante los rumores de desaparición de los tortibonos, organiza una marcha de 10 000 personas para defenderlos.

El recorte presupuestal a los programas sociales y la política de modernización, que lleva a la venta de numerosas empresas paraestatales, ponen en movimiento a las organizaciones de diversos estados que trabajan con programas de abasto, las cuales asisten el 16 y 17 de junio de 1990 al Primer Encuentro sobre Política de Modernización y Abasto Popular. Éstas inician una campaña nacional de defensa y ampliación de subsidios y programas: 40 000 personas realizan una marcha y un plantón ante CONASUPO para exigir un abasto oportuno y eficiente y que se mantengan los programas sociales y los tortibonos; y después se reúnen 80 000 personas en la Marcha de las Cacerolas, organizada por la CCPA-DF, ante el aumento a los tortibonos y el alza de los alimentos básicos decretado por el gobierno.

Se logra la coordinación de las organizaciones del movimiento popular que suscriben el Pacto contra el Hambre el 2 de agosto de 1990. El Pacto organiza la Marcha de la Envidia Popular ante la Extrema Riqueza el 8 de agosto, otra frente a la FAO el 17, una tercera frente a DICONSA el día 30. CONASUPO y SECOFI ratifican y afirman ante la CCPA-DF que el programa de tortibonos continuará y que éstos seguirán siendo distribuidos por los CPAC's. El 16 de octubre, Día de la Alimentación, hay una gran marcha del Pacto y una reunión con las autoridades, quienes por un lado anuncian que sostienen el acuerdo sobre los tortibonos, y por otro, en la tarde, decretan la sustitución de aquéllos por tortivales, que CONASUPO distribuirá por correo.

Los objetivos son cumplir con las exigencias del Banco Mundial sobre recorte al gasto social, en el que están incluidos los subsidios y programas alimentarios, y desmovilizar a las organizaciones. El gobierno desconoce a la Coordinadora de Consejos Populares de Abasto del D. F. y hostiga a sus dirigentes; lo mismo sucede con los Consejos Comunitarios de Abasto de Guerrero y Oaxaca. Las organizaciones siguen presionando para proteger a los CPAC's y a los antiguos beneficiarios de los tortibonos para que reciban los tortivales. No se recapitalizan las tiendas CPAC's y muchas se van cerrando. Su retiro como distribuidores de tortilla subsidiada logra en parte los objetivos de las autoridades gubernamentales.

En abril de 1991 se organiza un Foro de Análisis sobre el Abasto y las perspectivas de un proyecto alternativo en San Pedro Mártir, D. F. Con la asistencia de más de 25 organizaciones, se acuerda formar el Frente por el Derecho a la Alimentación para impulsar encuentros y proyectos regionales de comercialización y abasto como el de SIRAC de Guerrero o el Proyecto Popular Integral de Abasto (PPIA).

A principios de 1992 se logra que el Fondo de Empresas de Solidaridad, que ya había empezado a apoyar proyectos de abasto en el medio

rural, lo haga en el medio urbano. El PPIA recibe un sostén importante para impulsar su programa de abasto urbano popular.

El Frente, que en julio de 1991 había acordado pugnar por que el derecho a una alimentación sana y suficiente para todos los mexicanos se elevara a rango constitucional y se aplicara en los hechos, presenta a la Cámara de Diputados, y específicamente a su Comisión de Bienes y Servicios, la *propuesta social para legislar los derechos alimentarios de los mexicanos*, con miles de firmas de ciudadanos y de más de 250 organizaciones nacionales e internacionales.

El Frente realiza, entre otras, acciones de difusión de la problemática del hambre, denuncias de violaciones a los derechos alimentarios, intercambio de experiencias de proyectos alternativos en alimentación, elaboración de diagnósticos alimentarios regionales, propuestas de política alimentaria alternativa, y promoción y cabildeo legislativos. La lucha del Frente es apoyada por redes internacionales como FIAN-Red Internacional de Acción e Información por el Derecho a Alimentarse y por redes nacionales.

El Frente considera que la ley que reconozca el derecho a la alimentación, su reglamento y el Programa Nacional de Desarrollo deben garantizar *la seguridad alimentaria* en términos de:

- *Suficiencia* con prioridad para los alimentos de carácter estratégico.
- *Disponibilidad* con estabilidad en los precios de los mismos.
- *Acceso* efectivo de la población a ellos, en particular de los sectores de menores ingresos.
- *Calidad* nutricional de los alimentos respetando las preferencias culturales.

Para asegurar el derecho a la alimentación, el Frente considera que se deben adoptar una serie de políticas respecto a:

- *La producción* de productos básicos estratégicos como maíz, trigo, frijol, para recuperar la autosuficiencia alimentaria, mediante el desarrollo de programas regionales con recursos y eficacia en su aplicación.
- *El fortalecimiento* de la pequeña y mediana industria alimentaria que transforma alimentos básicos.
- *La fijación* de precios justos al consumidor final, el fortalecimiento de sistemas de abasto popular en zonas rurales y urbanas y el apoyo a la comercialización directa de los productores, además del control al intermediarismo excesivo que altera la circulación de productos, eleva los precios y genera acaparamiento, ocultamiento y especulación.

- *La elaboración* de diagnósticos confiables del estado nutricional de toda la población del país; la canalización en forma transparente de subsidios para alimentos básicos como maíz, tortilla, a población en riesgo y a grupos vulnerables; la evaluación continua del impacto de las políticas que afectan directa e indirectamente a la alimentación, nutrición y atención inmediata a situaciones de emergencia y problemas críticos.
- *La reglamentación* de la publicidad comercial de alimentos en los medios masivos, que induce a patrones de consumo nocivos para la salud de sectores vulnerables de la población. Y el control de calidad de alimentos industrializados en aspectos nutricionales (Lozoya, 1994).

Las organizaciones del FDA intervienen en alguna o varias de las etapas que van desde la producción del maíz hasta el consumo de la tortilla, tanto en el ámbito rural como en el urbano. Por ejemplo, en el medio rural prestan apoyo al cultivo, abasto y comercialización de maíz, y a la instalación de molinos de nixtamal cooperativos y/o comunitarios, especialmente en las zonas indígenas y de limitados recursos. En el medio urbano apoyan la instalación de tortillerías populares en zonas urbanas de escasos recursos y la organización del abasto de productos básicos entre los cuales se encuentran derivados del maíz. Las organizaciones también ejercen presiones para la fijación de precio de garantía justos para el maíz y de precios accesibles y/o subsidios a la tortilla, para la mayor parte de la población necesitada.

Desde esta óptica, ¿cómo puede abordarse la modernización de la industria de la tortilla? Muchas de las ideas aquí expuestas provienen de lecturas diversas que cito al final del trabajo.

Según Espinosa (1995), la "guerra de la tortilla" comenzó en 1990. Tendríamos molineros y tortilleros por un lado y harineros por el otro; los que no quieren modernizar la industria de la tortilla y los que sí quieren; los que sí saben utilizar los últimos avances científicos y técnicos y los que no lo han sabido hacer. ¿Es éste realmente el problema o están interviniendo además otros contendientes? Describimos ya muy brevemente uno de sus aspectos desde las luchas de las organizaciones populares. De acuerdo con esta investigadora tenemos varios actores. ¿Quiénes son?:

1) Molineros y tortilleros

Hay entre 50 000 y 100 000 afiliados o más, según las fuentes, a la Asociación Nacional de Productores de la Industria de la Masa y la Tortilla. En 1973 se decretó de interés público la industria de maíz-masa-tortilla y el gobierno federal otorgó a los molineros un sistema de subsidios para mantener bajo el precio de la tortilla y al mismo tiempo el de la fuerza de trabajo.

CONASUPO absorbió una parte importante del precio del maíz que usaban los molineros. Se rumora que el utilizado en los molinos tiene aflatoxinas, que los subsidios sirvieron para amasar grandes fortunas, que una parte del maíz barato y blanco que recibían molineros y nixtamaleros era revendido, mientras los consumidores urbanos adquirirían tortilla hecha con maíz amarillo y posiblemente sorgo, cuyo costo y calidad eran más bajos y mucho más económicos.

2) *Empresas harineras privadas*

El 17 de julio de 1995, el número 146 de la revista *Time* publicó un anuncio del Grupo MASECA, el mayor productor de harina de maíz para elaboración masiva de tortillas: "Creador de la tecnología del maíz [...] que logró el avance tecnológico más significativo de la historia, al innovar un proceso milenario [...]. El grupo realiza operaciones comerciales en México, Estados Unidos de Norteamérica, Honduras, Guatemala, El Salvador, Costa Rica y Venezuela [...]. El mercado potencial es de 5-6 millones de toneladas por año [...] y 400 000 personas." MASECA cuenta con 19 plantas, MINSA con 6 y AGROINSA con 2. En 1994 cubrían en conjunto 27% del mercado de la tortilla. Subsidios estatales a la industria harinera y la imposición del consumo de la harina convirtieron al dueño de MASECA en sólo cuatro años en el número 17 de la lista de Forbes y las acciones de su empresa se cotizan en la bolsa. Desde el punto de vista del gobierno y de los inversionistas, el proyecto de industrialización en gran escala de la harina de maíz está lleno de ventajas en el corto plazo y es el sistema más rápido para formar y acumular capitales. Hace de las empresas industriales virtuales monopolios con un mercado cautivo en el que podrán imponer sus precios, bajar las normas de calidad o vender artículos obsoletos. Además de esta ventaja central, los inversionistas gozan de protección adicional: licencias para importar y financiamiento oficial barato. También en el proyecto se mantiene una relación ambigua entre funcionarios e inversionistas.

3) *Dependencias oficiales: CONASUPO, SECOFI y PROFECO*

La reducción del gasto público enmarcado en las políticas de ajuste llevó a la disminución de los subsidios a partir de 1983. En 1990 se abrogó el Decreto de 1973 y otros expedidos después que establecían un programa de fomento para las industrias tortillera y molinera. Los harineros empezaron a ganar terreno y a formular planes expansionistas; empezaba la pelea no sólo por el mercado sino también por los subsidios. El proceso de harinización encajaba en el proyecto económico del salinismo.

En 1990 se anunció la restructuración de CONASUPO y se inició la transformación del programa maíz-tortilla. En 1992 SECOFI autorizó la disminu-

ción del precio de la tortilla y CONASUPO suministró a los molineros solamente 1.3 de los 5 millones de maíz subsidiado al año necesarios para satisfacer la demanda nacional. Los molineros se vieron obligados a utilizar harina, en lugar de grano, para la elaboración de tortilla.

Se inició la sustitución del sistema de subvenciones generalizadas e indirectas al consumo por una política de subsidios selectivos y directos. Esto implicaba la restructuración de políticas ubicadas en varios planos: desde el precio de garantía del maíz y los subsidios a la producción y comercialización del grano, hasta el precio de la tortilla, los subsidios a los molineros y la sustitución de los tortibonos.

Las dependencias gubernamentales involucradas en el conflicto han favorecido directamente a los harineros. Primero SECOFI otorgó permiso para sustituir masa tradicional por harina; después CONASUPO benefició a los harineros al subsidiar la adquisición de toda su materia prima.

La presión por compensar la baja relativa de las subvenciones y el incremento de los costos ha llevado a los tortilleros a luchar por un aumento en el precio de la tortilla. Sin subsidio, la industria de la tortilla no puede sostenerse vendiendo su producto al mismo precio que obtiene su materia prima. La SECOFI se vio obligada a aumentar el subsidio al grano vendido a los molineros por la presión del gremio, para no aumentar el del producto final; después autorizó uno mucho mayor para la tortilla de harina empacada, y ahora inicia la liberación progresiva del precio de la tortilla controlada.

Al considerar el consumo de este producto, hay que tomar en cuenta que la pobreza se ha incrementado en el país, en el periodo 1988-1992, por encima de la línea que establece el estudio de INEGI-CEPAL y que considera que 37.2 millones de personas se encuentran en el país en condiciones de extrema pobreza y pobreza, de una población de 84 millones en 1992. Se estima que 20 millones de mexicanos carecen de capacidad económica para satisfacer mínimos de bienestar. La desnutrición es uno de los principales problemas de salud y la tortilla es para la gran mayoría de la población el alimento más importante de su dieta. Donde la pobreza es más aguda, la tortilla es el alimento principal, casi el único. La Encuesta Nacional de Ingreso-Gasto de los Hogares 1989-1992 señala un crecimiento del autoconsumo en el nivel rural y un aumento urbano en el consumo de cereales y leguminosas, específicamente de maíz y tortilla.

4) *Consumidores urbanos*

La mayor parte de las tortillas que se consumen salen de las máquinas tortilladoras tradicionales o de las fábricas de tortillas. La población objetivo con subsidio directo de tortilla está calculada en 3.5 millones de familias con ingresos menores a dos salarios mínimos; un número inferior primero recibió tortibonos, después tortivales, y ahora una tarjeta magnética que

le permite adquirir gratuitamente 1 kilogramo de tortilla diariamente. En las ciudades el proceso de harinización de la tortilla ha ido avanzando aparentemente sin problemas. Las protestas de los consumidores están asociadas con el peso de la tortilla en la alimentación y han sido más por la forma en que llegan los subsidios. Los consumidores organizados exigen que éstos alcancen a toda la población que los necesita, como ya mencionamos.

La tortilla tradicional se vende a \$ 1.20 el kilogramo y la de harina hasta a \$ 3.30 o más en las tiendas de autoservicio. Las tortillas de harina tienen un color blanco, mientras que las de las tortillerías son amarillas. ¿Qué prefieren los consumidores? Éstos tienen, desde hace muchos años, serias dudas sobre la calidad del maíz que se utiliza para elaborarlas en las tortillerías tradicionales, pues corren todo tipo de rumores sobre los ingredientes de la masa: desde que le añaden olotes, o los costales de papel en los que viene envasada la harina, o que el maíz importado es forrajero de segunda o tercera. A reserva de hacer estudios al respecto, la aceptación de la tortilla de harina difiere de acuerdo con los niveles socioeconómicos, tiempo de incorporación a la vida urbana, conocimiento de sabores alternativos, grado en que se encuentra cautiva la población para su abasto o para ser persuadida por los medios masivos de comunicación.

En los últimos años se han eliminado muchas tortillerías en áreas de la ciudad de México de nivel socioeconómico más alto como Lomas de Chapultepec o Polanco. La alternativa ha sido en muchos casos comprar las tortillas a tortillerías que están en otros barrios o a las marchantas que están fuera de las tiendas de autoservicio y que las elaboran manualmente o las adquieren en las tortillerías. Las tortillas de maíz azul, elaboradas a mano y procedentes de poblados del Estado de México, se venden a \$ 2.50 la docena, lo que equivale aproximadamente a \$5.00 o más el kilogramo.

5) Consumidores rurales

El maíz es todavía el principal cultivo, la mitad de la producción y del territorio agrícola; lo mismo se da en tierras cálidas que en frías. Es también el cultivo más afectado por los cambios en las políticas económicas en los últimos 30 años. La mayor parte de las tierras son de temporal, por eso los rendimientos promedio del cultivo maicero son de alrededor de 1.6 toneladas por hectárea en contraste con más de 7 toneladas en lugares con alta capitalización en el campo y un régimen pluviométrico regular. Los campesinos se ven directamente afectados por el deterioro del precio del maíz frente al de los productos que necesitan y deben comprar con moneda; sin embargo, siguen sembrándolo porque no hay ningún otro cultivo de temporal que lo sustituya con ventaja y porque nadie quiere renunciar a la seguridad de producir de manera autónoma el elemento más importante de su dieta. El consumo de maíz en el medio rural llega a ser más del

doble de lo que es en el nivel urbano. Los rangos de autoconsumo reducen la demanda mercantil de maíz que, sin embargo, no es nada despreciable en regiones deficitarias y en época seca. Para promover el consumo de harina, a través del Programa Rural de Abasto se distribuyó harina de maíz subsidiada con un precio 40% menor al oficial y se redujo en un 50% el abastecimiento de maíz en grano, utilizado tanto para el consumo humano como para animales y algunas veces para semilla.

6) Organizaciones No Gubernamentales (ONGS)

Iniciamos esta presentación con un muy breve recuento de algunas de las actividades de las organizaciones urbano-populares y campesinas promotoras del Frente por el Derecho a la Alimentación. Ha ido creciendo el número de grupos de técnicos y profesionistas constituidos en organizaciones sociales que acompañan al sector campesino o al movimiento urbano-popular en su búsqueda de alternativas. Algunas ONGS constituyen una red que vincula al sector con agencias nacionales e internacionales, fundaciones, organizaciones religiosas, etcétera, que quieren canalizar recursos a proyectos de desarrollo alternativo con una lógica muy distinta a la de las instituciones oficiales o privadas y a la de los bancos de desarrollo. Presionan para modificar las orientaciones de los programas oficiales y estimulan la capacitación, el fortalecimiento de la autogestión y de la independencia de los productores con respecto a los apoyos externos. En el campo, la defensa del consumo de maíz en grano y el rechazo a la harinización implican, como lo han demostrado organizaciones pertenecientes al FDA, la defensa de la producción y de los campesinos en tanto productores, así como el impulso de proyectos para el manejo autogestivo de la comercialización y el abasto. En varias regiones se han desarrollado mecanismos para contrarrestar el consumo de harina; en otras la producción de maíz es suficiente para abastecer a la población pero se presentan problemas porque muchos campesinos venden parte de ella y necesitan comprar para autoconsumo entre abril y septiembre.

Espinosa (1995) escribe que:

la lucha de los campesinos organizados se ha dirigido por un lado a exigir el abasto de las tiendas de DICONSA con maíz suficiente en calidad, cantidad y precios justos [...]. También [...] diversas organizaciones rurales han formulado proyectos autogestivos para apoyar la producción, comercialización y abasto de maíz en sus regiones de influencia [...] acortando la distancia entre productores y consumidores [...]. La viabilidad de estos proyectos de producción, comercialización y abasto requiere de varias condiciones: [...] (organización) de los productores y consumidores rurales, [...] capacidad operativa y administrativa [...]; infraestructura de almacenamiento y transporte [...]; y

recursos financieros y subsidios para desarrollar las actividades comerciales inherentes a estos sistemas de autoconsumo regional.

Si bien productores y consumidores pueden organizarse con relativa facilidad, los otros dos aspectos necesitan de recursos, financiamientos y subsidios estatales que van en contra de la política global que se aplica actualmente para la producción y consumo de maíz.

Los molinos comunitarios de nixtamal del Valle del Mezquital son un ejemplo de apoyo a la autogestión y de otro esfuerzo por modernizar en una zona de recursos muy limitados. Los primeros molinos con motor fueron introducidos en la zona a partir de los años cincuenta en comunidades con más de 2 500 habitantes; eran particulares y el servicio que prestaban resultaba deficiente, caro, falto de higiene, en horario inadecuado, daba mal trato a las mujeres que llevaban su maíz a moler, era inseguro y distante. En la década de los setenta empezaron a aparecer los molinos colectivos, cooperativos o comunitarios. El auge de éstos se ha dado mediante una fórmula tripartita: trabajo de la comunidad, apoyo económico externo y asesoría técnica de una ONG. Las autoridades han participado marginalmente: desde un apoyo muy tibio hasta una franca oposición, dificultando el registro en la SECOFI o la conexión eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad. Estos molinos no son empresas productivas sino un servicio comunitario que beneficia directamente a las mujeres, las cuales se ven liberadas de un trabajo muy duro al que tienen que dedicar varias horas al día, y a los niños, que pueden recibir más atención (García Angulo, 1990).

7) Los socios del Tratado de Libre Comercio (TLC)

En la Ronda de Uruguay del GATT las opiniones estaban divididas entre los países que defendían, para la agricultura, un régimen reglamentado y protegido y los que exigían el fin del comercio controlado. En un principio el gobierno mexicano aseguró la protección al maíz y fuertes apoyos en precios. Sin embargo, el proceso de liberalización pactado en el TLC se aplazó y se acordó darle un plazo de 15 años, como opción entre las posiciones encontradas de los que no querían que el sector se incluyera en el TLC y los que defendían la economía de mercado, la libre competencia y no veían futuro para la agricultura maicera en México (Fritscher, 1995). El plazo no se ha respetado; se ha importado maíz libre de aranceles porque la producción nacional se ha visto desalentada por los incrementos en los costos de producción y los Estados Unidos de Norteamérica presionan para colocar sus excedentes supuestamente producidos a menor costo que en México, si no se les contabiliza el subsidio a los productores. La exportación del maíz "constituye para los Estados Unidos una de las fuentes más im-

portantes de ingresos comerciales [...]. De este grano depende, de manera directa o indirecta, la alimentación de muchos países, entre ellos México. Eso le confiere a los Estados Unidos ventajas estratégicas, *food power* o poder alimentario, uno de los factores clave en las relaciones [...] entre México y los Estados Unidos" (Warman, 1988).

México, al igual que muchos países que fueron y/o pueden ser auto-suficientes para su alimentación, o incluso exportadores de productos agrícolas, es hoy un importador neto de maíz para la producción de tortilla. Al igual que en Estados Unidos y en Europa, los precios agrícolas en México han sido precios políticos. Sin embargo, mientras que en esos países su función es la seguridad alimentaria del país y la estabilidad social, en México ya no se tiene como objetivo aquélla, y las políticas adoptadas muestran que, para la segunda, ya no se consideran prioritarias ni la producción de maíz ni el consumo de tortilla. "Los precios agrícolas, en tanto precios políticos, son, así, *precios de reproducción o de liquidación de un sector productivo o de un sistema social*" (Faure, 1990).

8) *La comunidad científico-técnica*

Desde que empezó la guerra, molineros y tortilleros, por un lado, y harineros, por el otro, han esgrimido argumentos supuestamente basados en información generada por la comunidad científico-técnica en diversos campos y frecuentemente contradictoria. Por ejemplo, en el área de salud, se ha dicho que la elaboración de tortilla de nixtamal es insalubre, mientras que la fabricación a partir de harina es más higiénica; que la masa de nixtamal se descompone si no se utiliza el mismo día en que se produce; que el manejo y conservación de la harina y de la tortilla de harina es más fácil y limpio.

La tortilla de harina tiene conservadores y la masa de buen maíz molido en condiciones higiénicas se conserva varios días y la que se agria tiene otros usos. Otra área muy discutida es la de nutrición, donde cada grupo ensalza las ventajas comparativas de su producto. Las autoridades mantienen un silencio sospechoso si se considera, por ejemplo, que SECOFI tiene desde hace algún tiempo resultados de investigaciones sobre biodisponibilidad de nutrientes en tortillas de harina en comparación con las de masa; que ésta es la principal fuente de calcio para un amplio sector de la población y ya se van señalando síntomas de deficiencia. ¿Existen diferencias en biodisponibilidad de calcio o en contenido de fibras entre las tortillas elaboradas a partir de masa y las de harina? ¿Debe exigirse una mejor calidad a los productores de estas últimas o un control de las aflatoxinas a las autoridades de salud? Son numerosas las investigaciones sobre maíz y tortilla, pero son limitadas las que logran trascender el mundo de las universidades y centros de investigación.

En conclusión, la ausencia de política sistemática de fomento a la

producción de alimentos básicos y la adopción de un modelo de desarrollo industrial financiado por agroexportaciones, han perjudicado tanto a los campesinos como a la mayoría de la población urbana.

La interrupción de la reforma agraria, la apertura del mercado nacional a los productos alimenticios extranjeros subsidiados y por lo tanto más baratos que los productos locales, la negación y la imposibilidad actual, dada la correlación de fuerzas existentes, de reorientar la inversión hacia el campo sólo beneficiaron al capital internacional y a sus socios locales (Espinosa, 1995).

Los problemas que giran alrededor de la modernización de la industria de la tortilla corresponden a un fenómeno descrito por Chomsky y que ocurre en el nivel mundial. Es una política de doble carril en donde los ricos están protegidos, las políticas sociales están diseñadas para sus necesidades, y los pobres están sujetos a la disciplina del mercado. El resultado es una privatización de las ganancias y una socialización de los costos.

Antes fueron otros productos o actividades; ahora le tocó su turno a la tortilla, a la que muchos habían echado el mal de ojo. La modernidad de las fábricas de harina de maíz para la elaboración de tortillas y productos afines, y las grandes fortunas de sus empresarios se han construido a expensas del desarrollo de la pequeña y mediana industria de la masa y de la tortilla y del mejoramiento de la calidad de vida de la población más necesitada.

Como dice Espinosa:

En el campo, la defensa del consumo de maíz en grano (y del consumo de la tortilla de masa nixtamalizada) implica la defensa de la producción y de los campesinos en tanto productores [...] pero al igual que los industriales de la masa y de la tortilla en las ciudades, en estos tiempos de apertura comercial y libre comercio, los campesinos se insertan en un mercado intervenido, en el que los subsidios estatales [...] vienen [...] a apoyar descaradamente a los monopolios o a los socios del TLC. Molineros, tortilleros y campesinos se enfrentan, en realidad, desde distintos lugares, a una política de modernización en la que sólo tienen cabida los grandes capitales.

La tortilla de harina de maíz viene a sumarse al amplio conjunto de productos alimentarios industrializados que, promovidos por una publicidad agresiva, conducen frecuentemente al abandono de los hábitos alimentarios tradicionales y, en numerosos casos, a una caída de los niveles nutricionales. La lucha por el derecho a la alimentación es parte de la lucha contra el modelo neoliberal que hoy se impone en el país, y contra la llamada modernización de la industria de la masa y de la tortilla.

“Después de 1910, el maíz sigue teniendo un papel importante en la medición de las crisis [...] una presencia que puede vincularse —en sus múltiples aspectos, de cultivo, de distribución, de transformación, de precio— al diagnóstico social en ciertos momentos” (Novelo y García, 1987).

REFERENCIAS Y OBRAS CONSULTADAS

- Chomsky, Noam (1993), *Crónicas de la discrepancia*, Visor, Madrid, 379 p.
- Espinosa D., Gisela (1995), La guerra de la tortilla, *Cuadernos Agrarios* núm. 11-12:67-77, México.
- Faure, Claude (1990), El campesino, el centro y la periferia, *Sociología* **13** (5):230-248 (Crisis Agrícola y Políticas de Modernización), México, mayo-agosto.
- Fritscher Mundt, Magda (1995), Las políticas del maíz en el salinismo, *Cuadernos Agrarios* núm. 11-12:45-58, México.
- García Angulo, Salvador (1990), *Molinos de nixtamal: del autodidactismo a la autogestión*, SEDAC-Fundación Friederich Ebert, México, 71 p.
- Hoyos, Carlos y Salvador Ibarra (s.f.), Breve historia de la Coordinadora de Consejos Populares de Abasto del D. F., del Pacto contra el Hambre y del Frente por el Derecho a la Alimentación (1984-1992), Enlace, Comunicación y Capacitación, México, 24 p.
- Lozoya, Luz (1994), El derecho a la alimentación sana y suficiente es un derecho humano fundamental que debe legislarse y respetarse. **En:** *Las formas de garantizar el derecho a la alimentación en su ley reglamentaria*, Comisión de Distribución y Manejo de Bienes de Consumo y Servicios, LV Legislatura de la Cámara de Diputados, México, D. F., 28-29 de junio, s.p.
- Novelo, Victoria y Ariel García (1987), La tortilla: alimento, trabajo y tecnología, UNAM (Complementos del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos), México, 65 p.
- Warman, Arturo (1988), La historia de un bastardo: maíz y capitalismo, UNAM-IIS-FCE, México, 281 p.

ASPECTOS SOCIALES DE LA INDUSTRIA DE LA MASA Y LA TORTILLA

*Gerardo Torres Salcido**

Los “aspectos sociales de la masa y la tortilla” representan una cuestión vasta y compleja. Implican hablar de la historia y el futuro de la nación. No pocos autores han colocado a la escasez del maíz, materia prima de la masa de nixtamal y la tortilla, como antecedente de revueltas y revoluciones (Florescano, 1986). Este grano ha sido fuente de innumerables manifestaciones de las culturas india y mestiza. Su transformación impulsó, desde principios de este siglo, la auténtica tecnología mexicana de los molinos de nixtamal y las máquinas tortilladoras. No es aventurado afirmar que la urbanización del país fue posible en gran medida gracias a la capacidad de transformar el maíz en tortilla para los trabajadores. Por otra parte, lograr un acceso seguro a éstos para los grupos pobres ha sido una fuente constante —y lo seguirá siendo— de políticas gubernamentales y de movilizaciones populares en el campo y las ciudad.

En fechas recientes, la suficiencia y calidad en el abasto de masa de nixtamal y tortilla han sido puestos en cuestión. Se considera que la industria tradicional, cuyos métodos datan de la primera mitad del siglo, es incapaz de satisfacer la demanda de la población. Ante este hecho, la gran industria de harina de maíz y la venta de tortilla empacada se han desarrollado como alternativas a los métodos tradicionales. El molino de nixtamal y la tortillería de barrio se encuentran en peligro de extinción ante la amenaza de estas nuevas formas de industria y comercio. Esto nos enfrenta a una serie de interrogantes que se relacionan con los actores sociales y su papel en este proceso.

Lo anterior tiene que ver con el proceso de modernización y con la aparición de tales actores, cuya definición abarca a los industriales, los trabajadores de la industria de la masa de nixtamal y sus condiciones de trabajo, las mujeres como trabajadoras, consumidoras y responsables de la alimentación familiar, los actores gubernamentales y los movimientos ru-

* Secretario académico del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM.

rales y urbanos para tener un acceso seguro a la tortilla o a los insumos para producirla.

En este trabajo se abordarán los aspectos sociales de la masa y de la tortilla desde la perspectiva de la constitución de estos actores sociales. En una primera parte se desarrollarán una serie de consideraciones sobre los actores de la producción para luego referirme a los actores del consumo.

LOS ACTORES SOCIALES Y LA TRANSFORMACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA MASA Y DE LA TORTILLA

La tradición sociológica que tiene su origen en Weber ha definido a la modernización como una racionalización creciente de la vida social a través de la ciencia y de la técnica. Uno de los resultados de este proceso es la secularización mediante el desplazamiento de las relaciones personales o familiares en la empresa, para ser sustituidas por el trabajo asalariado. Asimismo, se distingue por la innovación en los métodos tradicionales para producir, administrar y comercializar que se proyectan en una creciente planeación del trabajo y en el surgimiento de personal especializado en las funciones de contabilidad y administración.

Este proceso, como es de suponerse, genera una gran inestabilidad. En el ámbito de la economía tiende a desplazar al proteccionismo. La competencia da lugar, a su vez, a la centralización del trabajo social y al establecimiento de departamentos encargados de vigilar los procesos de acuerdo con normas que se definen en el interior de la empresa, con el objetivo de alcanzar una productividad que permita a ésta mantenerse en el mercado con tasas de ganancia aceptables. En el ámbito político, la dominación basada en los "usos y costumbres", en las corporaciones o en el patrimonialismo bajo sus diversas formas, pronto se ve cuestionada por una creciente condición de ciudadanía que define a los actores de los procesos. Este último aspecto determina que muchos de los supuestos y consecuencias de la secularización sean vistos desde la óptica de los actores sociales, es decir, de los sujetos que se movilizan en torno a sus expectativas, a sus temores, a sus fracasos y a las alternativas que generan con sus opiniones, sus intereses y sus argumentos.

La modernización —como innovación y constitución de actores— puede ser observada como ejemplo en una industria de producción de bienes de consumo básico, como la de la masa de nixtamal y de la tortilla. Es indudable que la conservación del consumo urbano de este producto se debió en gran medida a que se aplicó la técnica a los procesos manuales de producción imperantes hasta el siglo pasado. Fueron inventores e industriales quienes desarrollaron los primeros molinos de nixtamal y las máquinas tortilladoras. Autores como Novelo (1987), Aboites (1989) y Sán-

chez Flores (1980:390), han destacado la importancia de la invención y las transformaciones que introdujeron en la organización industrial del trabajo y en el consumo de las ciudades los artefactos que tenían por objetivo automatizar la elaboración manual del nixtamal y de la tortilla.

En contra de la posición que supone que modernizar implica un desplazamiento total de todo lo tradicional, es interesante resaltar que la solución de los problemas de consumo que tenía la sociedad mexicana en los primeros años de este siglo, curiosamente involucró tradición e innovación: combinar la piedra volcánica para la molienda del nixtamal y los motores de combustión interna o eléctricos para construir los molinos, son un ejemplo. La enseñanza que ha dejado la experiencia de la invención en este caso es que la modernización no necesariamente significa ignorar soluciones que se encontraban latentes en la tradición. Combinar con éxito la innovación y la solución de los problemas de consumo requiere percibir y aceptar socialmente a la tecnología.¹

No obstante, automatizar la producción de masa de nixtamal y tortilla no estuvo exenta de los efectos de toda revolución industrial. Entre las primeras consecuencias de la innovación tecnológica en la industria de estos productos se encuentra el desplazamiento de las mujeres como actores productivos. La automatización desplazó la producción manual de nixtamal y el palmeo de la masa para elaborarla. Los nuevos oficios relacionados con la innovación, como el cuidado de la maquinaria o el picado de las piedras del molino, fueron ocupados por hombres; y las mujeres relegadas a la venta y empaclado del producto. Como consecuencia, los ingresos, de por sí precarios en esta rama industrial, lo eran aún más en el caso de las últimas.

En los años veinte, el oficio de empleado u obrero de la industria de la masa de nixtamal era de los peores pagados. Las condiciones de vida eran consideradas como las más bajas si se comparaban con las que predominaban en otras ramas industriales (Keremitsis, 1991: 285-302). Las descripciones de las condiciones de trabajo en los molinos, tanto para hombres como para mujeres, son desgarradoras y en nada envidian los relatos sobre las condiciones de la clase obrera inglesa en el primer lustro del siglo XIX. Pueden leerse los informes del inspector Juan de Beraza, quien visitó e informó de las condiciones de trabajo e higiene prevalecientes en 11 molinos de la Compañía Mexicana Molinera de Nixtamal, que en los años veinte del presente siglo era propietaria de 67 grandes molinos y algunas gran-

¹ Esta cuestión nos coloca ante el interesantísimo problema de determinar cómo se construye y se acepta socialmente la tecnología y por qué para una época determinada puede hablarse de paradigmas tecnológicos y en qué momento y bajo qué condiciones son desplazadas las soluciones tradicionales o "normales" de transformación tecnológica, para adoptar formas nuevas o revolucionarias (Bijker Wiebe Thomas, P. Hugues y Trevor Pinch, 1987).

des “plantas productoras” de masa en el Distrito Federal (Mraz, 1982:2-14). De ahí se desprende que la rentabilidad de estos establecimientos fuera casi inmediata.

El surgimiento de puestos de trabajo ocupados exclusivamente por hombres no sólo impactó los ingresos de las mujeres trabajadoras, sino también su propia organización. La consecuencia natural fue el abandono u omisión de las demandas específicamente ligadas a la condición de éstas y, en algunos casos, su despido y sustitución por hombres afiliados a los sindicatos de centrales obreras aliadas al Estado mexicano (Keremitsis, 1991:236-237).

Con todo, estas luchas y movilización de los actores productivos señalan las contradicciones que caracterizan ese momento de la historia de los molinos de nixtamal. Aquéllas pueden ser sintetizadas en el surgimiento de actores no observados anteriormente. Las élites posrevolucionarias ven el negocio de la molienda de nixtamal y de la tortilla con perspectivas de crecimiento. Para ello se alían con los trabajadores, corporativizándolos; o bien utilizan a los inspectores de fábrica para sancionar a los antiguos propietarios, generalmente de origen español, como una manera de apropiarse del negocio. No obstante, el ámbito de la intervención no es siempre en el nivel político. El ingeniero Vito Alessio Robles, destacado participante en las luchas revolucionarias, fue también inventor de máquinas tortilladoras que tenían por objetivo producir tortillas de calidad y con alta productividad.

Durante el cardenismo, el Estado intervino de manera más amplia en la industria. La introducción de los molinos en pequeñas comunidades ubicadas en zonas económicas estratégicas o en grandes ciudades, probablemente respondió al objetivo de liberar la fuerza de trabajo femenina para facilitar su incorporación a otras actividades productivas. No obstante, los molinos comunitarios presentaron diversos problemas entre los que cabe destacar la disputa por su dirección con los hombres de la comunidad. En otros casos, aunque la organización femenina lograba detentar la administración, los recursos generados bajo el esquema de control de precios del régimen cardenista y sus herederos dejaban muy escaso margen a los beneficios, debiendo recurrir a inversionistas, quienes aprovechando la situación se comportaban como patrones, con la salvedad de que los miembros de las cooperativas no podían sindicalizarse ni contar con la protección de la Secretaría del Trabajo. Otras veces competían con sindicatos oficiales que impedían el desarrollo de estas instituciones, incluso en contubernio con autoridades municipales, estatales y federales.

Ésta fue la vía para que en las décadas sucesivas la industria de la masa de nixtamal y de la tortilla se transformara en una actividad especializada controlada por autoridades o por familias. Por este camino se clausuró —por lo menos para un periodo histórico, según los términos de la escuela constructivista de la tecnología (Wiebe *et al.*, 1987)—, la posibilidad de

profundizar la modernización por la vía de la innovación tecnológica, con todo y que ésta alcanzó su cenit en la década de los cincuenta. En esta "clausura" o "estabilización" del desarrollo tecnológico y la modernización intervinieron otros factores, como el control de precios y el proteccionismo estatal; también desempeñó un papel decisivo la rentabilidad, que se ha basado, en esencia, en las condiciones de trabajo descritas en los años veinte y que no han sido modificadas sustancialmente.

En este último factor influyen las características propias de esta industria. Sus condiciones familiares y sus dimensiones conllevan el uso de trabajo no remunerado. Según el XIII Censo Industrial, el 53% de las personas empleadas en la rama de la molienda de nixtamal y fabricación de tortilla corresponde a personal no remunerado. En la clase de molienda de nixtamal, esta proporción crece hasta el 69%, contra un 49% en la fabricación de tortilla. Tal situación contrasta con apenas 3% de trabajadores sin remuneración en la fabricación de harina de maíz, lo que significa un desarrollo incomparablemente más amplio del trabajo asalariado en esta última rama industrial. Asimismo, puede observarse que aunque los niveles de empleo de trabajo no remunerado por sexo son semejantes, en la molienda de nixtamal el trabajo femenino tiende a ser mayor, lo que habla de una leve tendencia a feminizar el empleo no remunerado (cuadro 1).

La tendencia es más fuerte en los locales más pequeños. Los que cuentan con hasta 2 personas ocupadas representaban, en 1988, el 58% de las unidades productivas de la industria y registraban un 70% de su personal sin remuneración. De éste, el 55% eran mujeres. Los establecimientos que ocupan entre 3 y 5 obreros y empleados representan el 37% de los establecimientos y el 49% de su personal no tiene remuneración alguna; el 46% eran mujeres. En 1993, la proporción de los establecimientos con hasta dos personas representaba el 65% y más del 50% de su personal era no remunerado (cuadros 2 y 3).

Los cuadros anteriores indican que el molino o la tortillería aparecen como actividades típicas de la pequeña industria familiar y como opciones de empleo familiar. Las familias han decidido instalar una pequeña tortillería o un molino —probablemente éste en menor medida— para adecuarse a los tiempos difíciles. Esta opción se desarrolló a partir de 1990, cuando el gobierno derogó los decretos que regulaban esta actividad. Así, puede observarse en el cuadro 4 que, entre 1988 y 1993, el número de molinos y tortillerías creció en más de un 62%. En contrapartida, el empleo no remunerado, que había experimentado una disminución relativa en el decenio que comprende 1979-1988, se incrementó casi un 47% (cuadro 4).

Si bien la instalación de un molino o tortillería ha sido una opción de autoempleo, muchos son lamentables, por lo que deben mejorar sustancialmente, en beneficio de la propia productividad. En un escenario de liberación del precio de la tortilla, será muy difícil que los molinos y torti-

CUADRO 1
 PERSONAL OCUPADO TOTAL. INDUSTRIA MANUFACTURERA, ALIMENTOS,
 BEBIDAS Y TABACO, HARINA DE MAÍZ, MOLINDA DE NIXTAMAL Y TORTILLERÍAS.
 PORCENTAJES 1988

	Total	Obreros		Personal remunerado		Personal no remunerado	
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Ind. manufacturera	100	52.3	17.9	16.4	6.6	5	1.7
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	100	50.3	12.2	17.3	6.9	7.8	5.5
Elaboración de harina de maíz	100	55.2	4.2	28.4	8.9	2.3	1
Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas	100	16.7	18	4.5	7.3	26.4	27
Molienda de nixtamal	100	18	7.5	1.5	2.4	32.7	36
Tortillerías	100	16.4	20.9	4.8	8.6	24.7	24.6

Fuente: INEGI, XIII Censo Industrial (octubre de 1988), México, 1991.

CUADRO 2
PERSONAL OCUPADO TOTAL DE LOS ESTABLECIMIENTOS MANUFACTUREROS.
PORCENTAJES
1988

	Establecimientos censados	Total	Obreros		Personal remunerado		Personal no remunerado	
			Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
0 a 2	58.4	35.0	17.2	23.4	22.4	28.8	41.8	50.9
3 a 5	37.0	49.9	56.0	55.6	50.3	53.1	49.8	41.4
6 a 10	3.9	10.5	17.2	14.5	15.9	11.4	7.4	5.5
11 a 15	0.4	2.1	4.5	2.8	4.1	3.3	0.7	1.0
16 y más	0.2	2.5	5.2	3.8	7.3	3.4	0.3	1.2

CUADRO 3

PERSONAL OCUPADO TOTAL POR ESTRATOS EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA, EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO Y EN LA MOLIENDA DE NIXTAMAL Y TORTILLERÍAS.
PORCENTAJE 1993

	Establecimientos Censados	Total	Remunerado	No remunerado	Remuneraciones totales	Gastos totales	Ingresos totales
Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
0 a 2	65.2	39.7	26.8	50.3	26.7	38.2	38.6
3 a 5	31.4	48.2	53.8	43.6	51.4	48.0	48.0
6 a 10	2.9	8.8	13.1	5.2	13.8	9.6	9.2
11 a 15	0.2	1.3	2.2	0.6	2.5	1.4	1.4
16 y más	0.2	2.0	4.0	0.3	5.6	2.8	2.8

CUADRO 4

CRECIMIENTO PORCENTUAL DE ESTABLECIMIENTOS, PERSONAL REMUNERADO Y NO REMUNERADO.
MOLIENDA DE NIXTAMAL Y TORTILLERÍAS
1983-1993

Año	Establecimientos censados	Personal remunerado			Personal no remunerado			
		Total de personal	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	total
1983	-24.8	0.4	30.1	19.5	23.7	8.3	-28.8	-12.5
1988	10.4	4	9.6	11.2	10.9	-7.1	6.4	-1.4
1993	62.6	43.1			39			46.7

Fuente: INEGI, XI, XII y XIII Censos Industriales y Censos Económicos 1993, resultados oportunos.

llerías, estancados como se encuentran en su proceso de modernización, compitan con la tortilla procedente de fábricas dedicadas a fabricarlas en gran escala con harina nixtamalizada de maíz. La aparición de la gran industria ha marcado tendencias hacia una apertura del problema tecnológico y de la innovación, al llevar los métodos de molienda o de la máquina tortilladora a mayor escala. La centralización y concentración de la planta industrial son peligrosas para la conservación de empleos en la rama de la molienda de nixtamal y la tortilla. Según datos de 1993, 95 000 personas se encuentran ocupadas de manera directa en la industria; pero vale la pena preguntarse si la gran cantidad de empleos que genera esta rama deben ser conservados en su forma actual. Los bajos niveles de productividad e insalubridad prevaecientes obligan a plantearse una reestructuración profunda, en la que se establezcan nuevos métodos de abasto y acopio de maíz, renovadas formas de trabajo, disminución de la contaminación del aire y del agua, más eficiencia productiva reduciendo mermas de maíz y nueva imagen del negocio, privilegiando la limpieza y pulcritud. De llevarse a cabo el proceso de modernización de la industria de la tortilla, como lo promete el Plan de Modernización de los Propietarios de Molinos y Tortillerías, podría hablarse de una industria generadora de empleos de calidad, aunque de todos modos es casi seguro que no podrían conservarse en una cantidad semejante a la actual. En conclusión, debe señalarse que ninguna modernización será completa si no se mejoran las condiciones de trabajo a la par que se establezcan mecanismos más racionales en la higiene, el mejoramiento ecológico, el abasto de maíz y la administración.

Llegados a este punto, es necesario referirse al papel de las empresas que fabrican harina de maíz nixtamalizada. Su importancia ha crecido por la profundización del mercado de la tortilla en las últimas décadas. La urbanización del país y el crecimiento demográfico han ido desplazando la tortilla de autoconsumo en tanto que los niveles de producción de masa de nixtamal han marchado muy por detrás de la demanda de aquélla. Ello ha propiciado el surgimiento y desarrollo de las grandes fábricas de harina de maíz, que bajo la égida de MASECA, se han lanzado a la apropiación del mercado nacional de este producto y a la globalización, mediante su extensión a los Estados Unidos de América y otros países. Las políticas regulacionistas, impulsadas por los gobiernos de Echeverría, López Portillo y De la Madrid (1970-1988) fueron en gran medida las impulsoras de esta expansión, al estrechar el mercado nacional y obstaculizar la generación de tecnología.

Aquí cabe resaltar el papel que ha desempeñado la industria de la harina de maíz en la fabricación de tortilla y sus perspectivas.

En 1980, el 20% de la producción de la tortilla era llevada a cabo con harina de maíz; pero en 1990, el 27% de la producción se realizaba tomando como materia prima a este insumo. En la actualidad se calcula que un

34% de la tortilla producida en México tiene como insumo básico la harina nixtamalizada de maíz, aunque algunas cifras de MASECA hablan de una participación cercana al 50%, la cual tiene aproximadamente el 70% del mercado con una producción de 2 075 millones de toneladas. Esta participación ha disminuido recientemente, debido a la recuperación de MINSA, que ahora controla aproximadamente el 25% del mercado de la industria de harina de maíz y la existencia de otras industrias que participan en pequeñas proporciones de este mercado, como son AGROINSA y HAMASA. Cabe destacar también la incorporación del grupo industrial BIMBO en el mercado de la tortilla empacada.

Y no es para menos. Las proyecciones indican que a una tasa promedio de 1.9% de crecimiento de la población, en el año 2004 se consumirán 14.28 millones de toneladas de tortilla, de las cuales 8 millones serán producidas con harina de maíz. Es decir, para entonces, de seguir las tendencias de los últimos años, la industria de la harina de maíz participará con el 56% de la tortilla producida.

La forma en que estos actores están logrando el predominio en el mercado se sustenta en un trípode: subsidios, tecnología y centralización de la producción y administración. Recientemente ha aparecido también la necesidad de lograr vinculaciones con los productores. En este sentido, se trata de una nueva forma de modernizar en la que interviene la racionalidad típica, con criterios específicos de homogeneización del producto y normalización comercial, lo que implicará que estas asociaciones deberán estar marcadas por la innovación tecnológica en la agricultura y la demanda de semillas específicas adecuadas a los diversos usos industriales.

En cuanto a la cuestión de los subsidios, el esquema aparentemente ha beneficiado a estas empresas (sobre todo a MASECA) y es desigual respecto a la forma en que se le asigna a los molineros. Pero este hilo explicativo es insuficiente en la medida en que no da cuenta de la expansión tecnológica en gran escala, la conquista de mercados externos y la aceptación de amplios grupos de consumidores. MASECA, por ejemplo, obtiene en los Estados Unidos aproximadamente un 25% (proporción que tiende a crecer por los efectos de la devaluación del peso) de sus ventas totales; MINSA y el grupo BIMBO, con algún retraso, están buscando alternativas de transnacionalización en el mercado de la harina de maíz y de la producción de tortilla. El cuidado de la ecología ha sido un aglutinante en la red de actores que se han constituido en los últimos años para impulsar la innovación en esta industria, de tal modo que los diversos grupos que pugnan por el control del mercado de la tortilla han tenido que impulsar a sus equipos de innovación en pos de una aceptable productividad y minimizar los costos ecológicos.

Otro actor al que cabe hacer mención es Maíz Industrializado, S. A. (MINSA) que se deriva de Maíz Industrializado CONASUPO (MICONSA). Esta empresa dejó de ser un actor estatal en la regulación de la industria de hari-

na de maíz, para convertirse en un actor social más en la búsqueda del promisorio mercado de la tortilla. A raíz de la reestructuración de la paraestatal CONASUPO, se dio un proceso de privatización que culminó con su venta a un grupo integrado por un ex banquero de Jalisco, representante de un núcleo industrial denominado G, pequeños productores de maíz y a los integrantes de la Asociación de Propietarios de Molinos para Nixtamal Tortillerías del Distrito Federal y Zona Metropolitana del Estado de México asociados en un Fideicomiso Molinero (FIDEMOL) a través del Banco Nacional de Comercio Interior, S. N. C. en 1993, en una proporción de 80, 10 y 10% de las acciones respectivamente.

Ya privatizada, esta empresa ha impulsado agresivos procesos de modernización de una planta industrial que en gran medida era obsoleta. Por otra parte, ha creado nuevos productos que tienen por objetivo la preservación ecológica, tales como el maíz prenixtamalizado conocido como Nixtamix para su venta a molineros. El uso de éste eliminaría los desechos de la nixtamalización que son vertidos al drenaje (conocidos como nejayote). Asimismo, como hemos mencionado, se ha lanzado a buscar una participación en el mercado norteamericano, al adquirir una planta de producción de harina de maíz.

El desarrollo de estas industrias está marcando una tendencia a la sustitución de la tortilla fabricada con masa de nixtamal. Este proceso se debe, en gran medida, no sólo a los subsidios, como hemos visto, sino a la innovación tecnológica, a la aceptación de los consumidores, obligada, muchas veces, por las necesidades del mercado de trabajo y a la creciente incorporación de la mujer en el mismo. Por otra parte, existe una tendencia a la internacionalización del mercado de la harina de maíz y de tortilla que crecerá en los próximos años, aumentando el peso específico de la gran industria en él. No obstante, dada la importancia económica de la industria de la tortilla, es posible que las compañías nacionales deban enfrentarse en el futuro a empresas extranjeras que ofrecerán tecnología o producto terminado. Las características de normalización y globalización del mercado señalan una de las tendencias más interesantes en relación con la tortilla: la posibilidad de integrar grupos productivos en una estructura vertical que asegure la asociación entre productores-proveedores en diversas escalas. Desde el piso de la producción de materia prima, hasta el producto final, pasando por el financiamiento y el desarrollo tecnológico a través de departamentos de innovación y empresas específicas que impulsen la investigación, así como por los procesos de empaque y comercialización. En suma, las nuevas cadenas de producción de tortilla parecen apuntar hacia una integración de productores, proveedores financieros, técnicos y capacitadores en un entramado capitalista del que no pueden alejarse los molineros, salvo que se resignen a su extinción.

Hasta aquí he señalado las características de la industria y los aspectos sociales relacionados con ella, pero no me he referido al consumo. Éste,

no obstante, también es constitutivo de actores sociales relacionados con la modernización industrial y el surgimiento de actitudes seculares y de cultura política entre los consumidores pobres rurales y urbanos, como veremos a continuación.

LOS ACTORES SOCIALES EN EL ABASTO

En relación con el consumo, la aceptación de la masa de nixtamal y de la tortilla hecha por máquinas provocó verdaderas guerras comunitarias y domésticas. En este sentido, fue mucho más lenta la aceptación de las fabricadas con medios mecánicos que la que está teniendo la harina de maíz. Los consumidores varones preferían la tortilla tradicional, hecha a mano. Las mujeres fueron, a despecho de los problemas domésticos, agentes activos en la aceptación de este producto por el considerable ahorro de trabajo que representaba. Lewis, citado por Keremitsis (1991:285-303) afirma que en Tepoztlán los hombres se opusieron en 1924 a la instalación de un molino, porque éste dejaba mucho tiempo libre a las mujeres, de tal modo que lograron que cerrara un año después. Pero las mujeres del pueblo se organizaron y consiguieron reabrirlo, con lo que pasó a formar parte de la vida de la comunidad. Hoy la queja masculina puede parecernos verdaderamente exagerada, pues ellas aún debían preparar el maíz y llevarlo a moler todos los días. Un ejemplo de esa semiesclavitud en la que todavía se encontraban las mujeres es la cantidad de tiempo que una persona invertía para lograr moler la masa, o comprarla, ya que la tortilla aún se palmeaba (Palomera, 1992).²

Otro de los aspectos en que la mujer ha sido un actor fundamental en el consumo de la tortilla ha sido su participación en los movimientos rurales y urbanos por el acceso a un abasto seguro de maíz, harina o tortilla.

La implementación de programas de abasto y los mecanismos para acceder a ellos han propiciado recientemente el surgimiento de organizaciones populares que tienen por objetivo la formación de centros de abasto. Este proceso se ha dado fundamentalmente a partir de 1981, cuando el gobierno de López Portillo impulsó el Sistema Nacional Alimentario (SAM), como una alternativa de coparticipación popular y del gobierno para apoyar la alimentación. Jonathan Fox (1992) ha estudiado cómo la sociedad campesina se organiza para romper los cacicazgos regionales y ampliar las perspectivas del consumo. En el ámbito urbano, este proceso es más lento, pero igualmente intenso. En 1982 el gobierno de Miguel de la

² "Había épocas en que la gente llegaba a las 8 o 9 de la noche a formarse y ahí se quedaba a dormir hasta el día siguiente, cuando el molino empezaba a dar servicio alrededor de las 4 de la mañana. Eran tan grandes las filas y las necesidades, que había personas que no alcanzaban masa" (Palomera, 1992).

Madrid impuso un plan de austeridad. Entre sus objetivos se priorizó la disminución de los subsidios a los productos básicos y su focalización a través de políticas selectivas. Una de las herencias que había dejado el SAM, sin embargo, consistió en la organización social para el abasto; por ello no fue posible su desactivación, independientemente que desde el Estado debieron impulsarse programas dirigidos a las zonas populares urbanas marginadas. Fue así como las organizaciones se dieron a la tarea de apropiarse de los proyectos sociales de abastecimiento en competencia con otros actores como los sindicatos o el partido oficial. Entre 1984 y 1989 se activó un plan focalizador de tortilla conocido como tortibonos, que consistía en vender a través de sindicatos y organizaciones comunitarias de abasto 14 kilogramos de tortilla a la semana por familia a un precio subsidiado.

Dado que la organización social para el abastecimiento de la tortilla demostró tener una gran efectividad, pronto las presiones sobre este producto fueron insostenibles para el fisco y muy jugosas políticamente para sindicatos, organizaciones sociales y partidos. En 1990, bajo la doble perspectiva de racionalizar el subsidio y desactivar políticamente los movimientos populares, se implementó un programa de subvención a la tortilla, consistente en dotar a las familias con ingresos de hasta dos salarios mínimos mensuales de un kg sin costo. De este modo el subsidio se incrementó en número de beneficiarios y se amplió significativamente a otras ciudades del país. En la actualidad este beneficio llega a más de 2 millones de familias y recientemente se ha anunciado un aumento sustancial en el número de las beneficiarias. No obstante, este programa desató fuertes movilizaciones de diversas organizaciones populares, entre las que destaca la Coordinadora Nacional del Movimiento Urbano Popular (CONAMUP) y su regional de mujeres. En la constitución de los Centros Populares de Abasto (CPAC's), como en las movilizaciones populares subsecuentes, las mujeres se distinguieron por ser un elemento fundamental dentro de las organizaciones para la provisión de este bien básico.

Si bien las organizaciones sociales y los movimientos populares rurales y urbanos son actores vitales para la defensa de los niveles de bienestar de las poblaciones pobres, es preciso destacar que un aspecto escasamente observado de la problemática de la masa y de la tortilla se encuentra en la forma en que los miembros de los hogares pobres se vinculan con las organizaciones sociales como una manera de mantener mecanismos de acceso informal a los alimentos subsidiados y a otros satisfactores. Algunos sociólogos han llamado a estos mecanismos "estrategias de sobrevivencia" en contextos de ajuste. En lo personal, se prefiere llamarlos adecuación de los hogares a uno de los pocos, si no es que al único, camino que les queda para enfrentar la crisis. Estudios realizados en 1993 nos llevaron a determinar que cierto tipo de hogares —como los denominados extensos o ampliados (es decir, aquellos en los que conviven el jefe del hogar con o sin cónyuge y otros familiares)— y los hogares con cónyuge ausente o con

jefas, pretenden una mayor permanencia en las organizaciones y un mayor acceso a los programas sociales de abasto. Se trata de familias en una condición de vulnerabilidad que les obliga a identificarse con los liderazgos gestores y con las organizaciones (Torres y Paniagua, 1994).

No obstante, deben definirse aún estudios de impacto en la alimentación de programas como la tortilla y profundizar en la condición de los núcleos familiares. Es preciso llevar a cabo análisis sobre la distribución de los alimentos subsidiados dentro de las unidades. En suma, se trata de tener una visión global de los actores en el problemático sistema maíz-tortilla desde la producción hasta la alimentación y la nutrición de los individuos.

A MANERA DE CONCLUSIÓN

Se han abordado algunos aspectos sociales en la industria de la masa y de la tortilla desde el doble ángulo de los procesos de modernización y de los actores sociales. En cuanto a la primera cuestión, puede observarse que ésta ha transitado desde el establecimiento de un paradigma tecnológico revolucionario, la producción de masa y tortilla con base en los adelantos tecnológicos que representaron los molinos de nixtamal y las máquinas tortilladoras hasta el cuestionamiento de ese paradigma en años recientes, bajo la perspectiva del crecimiento urbano y demográfico. Los actores del proceso de modernización han sido los inventores, los fabricantes (molinos o harineros), las entidades públicas y los movimientos urbano-populares. Las mujeres trabajadoras o consumidoras han desempeñado un papel de suma importancia. En el primer caso, a través de la organización y la lucha comunitaria; en el segundo, liberándose de la esclavitud del metate al aceptar las innovaciones industriales del molino, de la tortillería y, recientemente, de la tortilla empacada, como participantes de los movimientos urbano-populares en la gestión de los CPAC's y en las organizaciones sociales con el fin de gestionar colectivamente beneficios de programas sociales.

En el nivel estatal, los actores, con CONASUPO a la cabeza, han manifestado la modernización como una racionalidad que debe ser consumada en la distribución de los subsidios. Desde el punto de vista del abasto y el consumo esta racionalización se ha expresado en la búsqueda de los grupos objetivo y en la introducción de métodos de control de beneficiarios.

¿Cuáles son las perspectivas que se plantean para la industria de la masa y de la tortilla? La gran competencia por la que ésta atraviesa y las tendencias a una internacionalización del mercado, hacen prever el surgimiento de nuevos actores en la producción del superbásico mexicano. El mercado billonario (en dólares) de este alimento, seguramente atraerá la inversión de otras grandes empresas productoras de harina de maíz. Los

propietarios de los molinos y las tortillerías deben prepararse por medio de alianzas con otros actores que les aseguren una provisión eficiente y suficiente de maíz como insumo básico. Ello obligará a un replanteamiento de las relaciones con CONASUPO y la posibilidad de una apertura del mercado del maíz. No obstante, el mercado urbano exigirá, por lo menos en las zonas no marginales, una transformación de fondo en el trabajo y la presencia de las tortillerías y los molinos. En este sentido, incluso, deberán presentarse alternativas ecológicas y económicas viables para esta industria.

Por otra parte, la producción y consumo de tortilla, de seguir las tendencias actuales, llevará a una profundización de las heterogeneidades de esta industria y a la diferenciación en el consumo. Del mismo modo, el mercado podrá imponer sus propias dinámicas al diferenciar los gustos y los valores respecto al consumo de la tortilla en relación con las necesidades de la vida material. La incorporación de la mujer al mundo del trabajo fuera de casa impondrá la comida rápida, dentro de la cual se encuentra la tortilla fría. El tiempo libre será usado para profundizar la monotización de la vida social. Finalmente, es previsible que se incrementen la participación popular y la demanda por un abasto seguro para los pobres. La crisis que estamos viviendo, la caída del salario real y la generalización del desencanto, podrían llevar a una profundización de la envidia social de los pobres no favorecidos por los programas focalizados respecto de aquellos que sí se encuentran en los padrones de la asistencia social. En el centro de estas demandas es posible que las mujeres sean las más activas.

Comoquiera que sea, las cambiantes condiciones de producción de la masa y de la tortilla llevarán a modificaciones profundas de la estabilidad alcanzada en los años dorados de esta industria. En realidad, seríamos muy románticos para desear una época privilegiada que por lo menos para muchos no existió; pero frente a la creciente globalización es preciso prepararse para desarrollar y consolidar aquello que puede considerarse como auténtico y ver la tortilla como algo maravilloso que ha dado sustento a un pueblo y que puede seguir dándolo bajo nuevas condiciones.

REFERENCIAS Y OBRAS CONSULTADAS

- Aboites, A., Jaime (1989), *Breve historia de un invento olvidado: Las máquinas tortilladoras en México*, UAM-X, México, 65 p.
- Asociación de Propietarios de Molinos para Nixtamal y Tortillerías del Distrito Federal y Zona Metropolitana del Estado de México, A. C. (1991), *Plan de desarrollo y modernización de la industria molinera de nixtamal y de tortillerías*, México, abril, 23 p.
- Bijker, Wiebe Thomas, P. Hugues y Trevor Pinch (1987), *The social cons-*

- truction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*, The MIT Press, Cambridge, MA, 405 p.
- Florescano, Enrique (1986), *Precios del maíz y crisis agrícolas en México. 1708-1810*, Era, México, 236 p.
- Fox, Jonathan (1992), *The politics of food in Mexico. State power and social mobilization*, Cornell University Press, Ithaca y Londres.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1980), XI Censo industrial. México, pp 2-267.
- _____ (1985), XII Censo industrial. México, pp. 86-268.
- _____ (1990), XIII Censo industrial. México, pp. 68-475.
- _____ (1995), Resultados oportunos de los censos económicos, Aguascalientes, AGS, México, 94 p.
- Keremitsis, Dawn (1991), Del metate al molino: la mujer mexicana de 1910-1940, *Historia Mexicana* **33** (2):285-302, octubre-diciembre.
- Mraz, John (1982), En calidad de esclavas: obreras en los molinos de nixtamal en México, diciembre de 1919, *Historia Obrera* **6** (24):2-14, marzo.
- Novelo, Victoria y Ariel García (1987), *La tortilla: alimento, tecnología y trabajo*, UNAM (Complementos del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, 1), México, 65 p.
- Palomera, Nazario (1992), (entrevista), líder de la Asociación de Propietarios de Molinos de Nixtamal y Tortillerías del Distrito Federal y de la Zona Metropolitana del Estado de México, A. C., febrero.
- Paniagua, Rosalía y Gerardo Torres Salcido (1994), Entre el autoritarismo y la gestión democrática. Cultura política y organización social de los pobres urbanos, *Estudios Sociológicos* **12** (34):183-203.
- Sánchez Flores, Ramón (1980), *Historia de la tecnología y la invención en México*, Fomento Cultural Banamex, México, 390 p.

EL CONSUMIDOR ANTE LA CONTROVERSI SOBRE LA TORTILLA

*Arturo Lomelí Escalante**

SOMOS LA GENTE DEL MAÍZ

Por motivos culinarios, culturales y sociales se ha dicho que somos “la gente del maíz”. Su consumo representa cerca de la mitad del volumen de los alimentos ingeridos en nuestro país y nos proporciona la mitad de las calorías requeridas. Para los pobres —que son mayoría, viven en el campo o en las ciudades—, llega a representar el 70% de de sus alimentos e igual proporción de sus calorías.

Desde los inicios de nuestra historia hasta la fecha, la vida nacional es imposible sin la presencia del maíz. Guillermo Bonfil señala:

Durante milenios la historia del maíz y el hombre corren paralelas en esta tierras y estan indisolublemente ligadas. El maíz es una “planta humana”, cultural en el sentido más profundo del término, porque no existe sin la intervención inteligente y oportuna de la mano; no es capaz de reproducirse por sí misma... Al cultivar el maíz el hombre se cultivó a sí mismo. Es claro que si el maíz llegara a faltar, la hambruna consiguiente ocasionaría la muerte de millones de personas y si el hombre dejara de sembrarlo la planta desaparecería, ya que es el único cereal que no puede reproducirse.

Arturo Warman afirma que al maíz los mexicanos lo inventamos cada día con nuestro trabajo, conocimiento, respeto, veneración, pasión y con una vida que gira a su alrededor.

* Presidente de la Asociación Mexicana de Estudios para la Defensa del Consumidor, A. C.

El maíz ha sido el alimento prototipo de los pobres; los ricos lo consideraron por siglos "despreciable" y aún hoy en día los mexicanos arribistas y enajenados llegan a ocultar que ellos "también comen tortillas". No obstante, éste ha sido y será "uno de los campeones en la lucha por un mundo sin hambre", ya que es actualmente uno de los siete cultivos más importantes del mundo, junto con el trigo, el arroz, la papa, la cebada, el camote y la yuca. Su producción mundial estimada en más de 400 millones de toneladas al año lo coloca como el tercer cultivo mundial, después del trigo y el arroz, y se estima que en los años venideros será el número uno.

Ya el médico sevillano, avecindado en México, Juan Cárdenas, reconocía en el siglo xv sus virtudes, entre las que destaca que puede ser cultivado prácticamente en cualquier clima, en tierras secas o húmedas, en montes o en llanos, en invierno o en verano, de riego o de temporal. Actualmente, en más de 50 países de todos los continentes se cultiva, con un gran número de razas y variedades, con diversos tamaños y muchos colores y con un rendimiento de hasta más de 8 000 kilos por hectárea, cuando se aplica alta tecnología agrícola. Cada mazorca de maíz es "un verdadero prodigio de orden y simetría, de arquitectura utilitaria y bella que tiene entre 300 y 1 000 granos que se dan a partir de una sola semilla".

En México la planta se aprovecha íntegramente desde los más remotos tiempos; igual se utiliza para hacer imágenes religiosas que para alimentar al ganado; sus hojas sirven para preparar tamales y confeccionar artesanías y juguetes. Sus tallos sirven en la construcción y para elaborar papel. El olote se usa como sustituto del papel higiénico, para hacer desgranadores, pipas, como combustible, etcétera. Los granos de colores se usan para "pintar" cuadros y, por supuesto, se le reconocen a la planta usos medicinales; por ejemplo, los cabellos del elote son diuréticos y tranquilizantes, la masa cura heridas o se usa como medio para el desarrollo de hongos del género de la penicilina. Hasta su infestación resulta benéfica pues de ahí nace el riquísimo huitlacoche, convertido hoy en finísimo alimento, que en París o Nueva York compite con las trufas. Del maíz se produce también alcohol y bebidas alcohólicas como la chicha andina; o, ya destilado, el bourbon, el whisky y otros aguardientes en el noroeste de México. También se usa como combustible el alcohol etílico, que se mezcla con el gasol. Se producen infinitos derivados como la miel de maíz, azúcar, dextrosa, almidón, féculas, aceites, colorantes, dextrina, inaltodistrial, ácido láctico, sorbitol, etcétera.

El maíz es sin duda un alimento superbásico, considerado un típico "mantenimiento", o sea, alimento que no sólo eventualmente constituye un platillo, sino que forma parte de todos los alimentos cotidianos. Es el cimiento de la comida y sobre él se construye la posibilidad de una dieta adecuada. Se estima, conservadoramente, que la cuarta parte de la po-

blación mundial depende de manera importante del maíz para su alimentación cotidiana.

EL MAÍZ EN LA TRADICIÓN CULINARIA

Su extendido consumo ha creado una gran tradición culinaria en la que ha florecido una riquísima fantasía, ya que en nuestro país se han identificado plenamente cerca de 605 platillos elaborados con maíz; y si contáramos todas las variedades de tamales, tacos, memelas, chalupas, gordas, etcétera, seguramente llegarían a sumar miles. Justo por su enorme riqueza como alimento humano, muchos critican que se utilice como alimento para el ganado, ya que, por ejemplo, la cantidad usada como sustento animal serviría para alimentar plenamente a la población sumada de China y la India.

Actualmente se calcula que de los 16 000 productos que regularmente se ofrecen en un hipermercado, 2 500 de ellos llegan a contener algún derivado del maíz, en especial los alimentos industrializados; por ejemplo, la dextrina como aditivo (adhesivo), los jarabes y colorantes del maíz, los jarabes de alta fructosa con mucho poder endulzante y bajas calorías, las maltodextrinas para alimentos instantáneos, entre otros.

Nadie puede saber quiénes fueron los primeros en cocinar y comer esquites, pozole, gamachas, sopes, memelas, chalupas, salbutes, papatzules, picadas, panuchos, chilaquiles, enfrijoladas y entomatadas, enjococadas, chalupas, peneques, tlacoyos, gorditas... Ni los quesos en Francia ni las pastas en Italia han podido desarrollar tantas formas de aprovechar un solo alimento. Por ello encontramos desde complicados guisos o platillos hasta simples tacos de salsa, así como postres, bebidas, golosinas, pinoles y muchos más.

En España, Portugal, Italia, África, Austria, los Balcanes, durante siglos el maíz ha sido particularmente útil para la alimentación humana y ha sido quizá la polenta y similares —o sea, la pasta o masa de maíz quebrado—, el alimento usual y a veces el único de los campesinos pobres. También con él se llega a elaborar pan de bajo precio. En el siglo XIX, 40% de la población europea se mantenía bajo la influencia del maíz, ya sea porque lo comiera directamente o asociado con otros alimentos.

Por algunos años la ignorancia de algunos "expertos" vinculó el consumo regular de maíz con la pelagra o "mal de la rosa", pero la verdad es que desde 1963 el médico mexicano Ismael Salas pudo identificar que si bien era cierto que la pelagra se había extendido en algunas poblaciones donde el maíz era de consumo generalizado, también en otras, como en México, nunca se presentó el mal, por lo que no podría ser el maíz la causa de la enfermedad. Es más, pudo identificar que las proteínas del maíz resultaban equivalentes a las del trigo, cebada y centeno y superiores a las del arroz.

El hecho es que, como se descubrió más tarde, la pelagra era conse-

cuencia de los desbalances y deficiencias en el consumo de vitaminas; se estableció que la insuficiencia de ellas, y en especial la niacina o ácido nicotínico, que forma parte del complejo B, eran su causa.

La verdad es que el maíz llegó a tener un enorme consumo per cápita. Por ejemplo, en Italia fluctuaba entre 550 gramos y un kilo diario; en Rumanía durante los años treinta era de 700 gramos. En México, a principios del siglo xx, se consumían 480 gramos y entre los años sesenta y ochenta, 450 gramos. Como dato curioso se anota que la pelegra apareció en Yucatán precisamente porque las técnicas de la tradición culinaria invitaban a lavar varias veces la masa de maíz ya cocido, para obtener una tortilla más blanca, con lo que se eliminaba la niacina disponible. Por otra parte, a Europa nunca llegó la maravillosa nixtamalización del maíz, porque los granos se muelen crudos y en seco y ello hizo más aguda la carencia de niacina, lo cual provoca una alimentación poco variada.

NIXTAMALIZACIÓN Y NUTRICIÓN

Existen evidencias arqueológicas que demuestran que desde el origen de nuestra civilización precolombina el maíz es tratado con cal. En algunas comunidades aún se usan conchas de ostión y caracol como fuente de cal, e incluso esta práctica subsiste a escala comercial en algunos lugares de Tabasco. Los chontales afirman que la cal de ostión es inferior a la de piedra, tanto para la nixtamalización como para la construcción.

Desde el punto de vista nutritivo ningún grano por sí solo proporciona todos los nutrientes que requerimos. En todas las culturas gastronómicas donde éstos forman parte de una dieta, instintivamente se ha buscado superar sus limitaciones para enriquecerla, poniendo en evidencia el principio de complementación de los alimentos para eliminar deficiencias y compensar propiedades. En nuestro país esta complementación se realizó de manera ideal al combinar el maíz con el frijol, que contiene aminoácidos y proporciona una proteína de mayor valor. El maíz es de alguna manera deficiente en lisina y los frijoles son ricos en ella. Desde hace años especialistas de renombre internacional han señalado el acierto nutricional que significa nuestro mexicano taco de frijoles. El maíz contiene vitaminas, minerales y triptófano —un aminoácido muy importante para la generación de enzimas cerebrales, que a su vez sirven para regenerar neuronas y nervios—; por ello es un prejuicio sin fundamento afirmar que el maíz es de pobre nutrición; complementado con frijoles, verduras o carne puede hacer que los nuestros tengan fortaleza física y mental para su desarrollo.

La nixtamalización consiste en agregar un puño de cal para dos cuartillos de maíz (2.5 kg cada cuartillo) y ponerlo en agua caliente o darle una hervida. Dicho proceso hace posible la gelificación de los almidones hasta

eliminar la fibra cruda del grano y la lignina, que es tóxica. El tratamiento con cal, aparte de quitar el pericarpio, provoca cambios químicos de mucha importancia nutricional. Por ejemplo, después de este tratamiento la proteína de más baja calidad se vuelve menos soluble, por lo que, si es digerible alcanza mayor calidad aunque sea menor en cantidad. En general, la nixtamalización, del mismo modo que todos los procesos de refinación de granos, sacrifica cierta cantidad de nutrientes para mejorar la calidad y, de hecho, al hacer más asimilable al maíz, mejora el valor nutritivo del grano. Como se sabe, el ollejo o pericarpio, la capa exterior de grano, no sólo indigesta y provoca flatulencia, sino que interfiere en la ingestión de otros alimentos consumidos al mismo tiempo. Así, las proteínas resultan de mayor valor biológico, y aunque la niacina se encuentra en concentraciones menores después de la nixtamalización, se ha transformado químicamente a formas más digeribles que en el grano crudo.

Por otra parte, la nixtamalización enriquece al maíz al agregarle calcio. De ello resulta que las tortillas son ricas en calcio, hierro y carbohidratos. Una porción de 100 g de tortillas contiene: 224 Kcal, 5.9 g de proteínas, 47 g de carbohidratos, 1.5 g de grasas, 196 mg de calcio y 2.6 mg de hierro (Tablas de valores nutricionales del INN).

LA TORTILLA

Su origen se pierde en la más remota historia de nuestro territorio. Nadie ha podido esclarecerlo aunque es tan viejo como el del maíz. Los náhuatl le llamaban *tlaxcalli*, que significa "cosa cocida".

Aparte de las 112 variedades "hermanas de la tortilla" que se hacen también con maíz nixtamalizado, de las cuales ya mencionamos muchas, durante siglos ha sido la columna vertebral de nuestra alimentación. El eje doméstico de la vida familiar de nuestros más remotos antepasados y de muchos actuales, ha sido y es la preparación de las tortillas, que comenzaba con el remojo en agua caliente del maíz con la cal, en la víspera, para que al día siguiente se moliera el nixtamal y se preparara la masa para luego hacer las tortillas cuando menos dos veces al día.

Incluso al conquistador español le asombraba nuestro enorme consumo de tortillas. Durante la Guerra de Independencia un viajero señalaba: "La gran masa de la población no come ninguna clase de pan de trigo, sino una especie de fina y blanca harina de maíz con la que fabrican sus "tortillas", que en cualquier lugar son preparadas en crudo y cocidas por los habitantes femeninos de cada jacal."

Nuestros variados antojitos se encuentran en cualquier rincón del país y las más de las veces no son sino caprichosas versiones que derivan de la tortilla. Por ello se ha dicho que dentro de nuestro contexto cultural comer tortillas es construir toda la comida alrededor de ella, pues envuelve,

guarda, acomoda o disimula cualquier cantidad de ingredientes y se adapta maravillosamente a todo sabor: hay hasta quienes la desgustan con cajeta. La tortilla puede evitar platos, cubiertos y productos para la limpieza, por lo que, naturalmente, hasta ecológica resulta. Si existiera un premio mundial para el buen diseño de los alimentos, la tortilla tendría que ser el primero entre los premiados.

Si midiéramos, en nuestro avance como país, los efectos de nuestra cacareada Revolución, podríamos afirmar que en lo que verdaderamente nos ha hecho justicia es en el accesible consumo de tortillas.

No es de extrañar que, siendo el centro de nuestra alimentación desde la época del imperio azteca, era usual incluso la confiscación del maíz a los comerciantes, en épocas difíciles para garantizar el abasto. El *Códice Mendocino* relata que la sociedad azteca tenía reglamentado, en las escuelas precortesianas, la alimentación de niños y jóvenes con base en la tortilla. A partir de los 3 años se daba media tortilla al día al niño, una entera entre los 4 y 5 años, tortilla y media entre los 6 y 12 y después de los 13, dos tortillas por piocha. En caso de hambruna se repartían tortillas a discreción, aunque habría que aclarar que el tamaño de las de entonces era mucho más grande que las actuales, ya que pasaban de los 30 cms de diámetro.

Ante ello, es muy explicable que todos los gobiernos desde entonces hayan puesto especial atención al abasto de tortillas y buscado prevenir y garantizar su acceso.

Aun antes de la Independencia, a muchos les preocupaba que la tradición de hacer tortillas fuera sólo responsabilidad de las mujeres de la casa. Después, en 1839, se hizo una investigación en la que se denunció el duro y penoso trabajo que éstas tenían que hacer para satisfacer las necesidades de la familia, por lo que se demandaba que se introdujese "algún método" para hacer más eficiente y menos esclavizante esta labor. En ese año el estudio estimaba que para abastecer a 5 millones de bocas se tenían 312 500 mujeres empleadas en producirlas. "Cuánta riqueza añadiríamos a nuestra patria —concluía el estudio— si se hiciese aprovechar tanto tiempo que se pierde en hacer tortillas..." Muchos cínicos dirán que no había tal pérdida de tiempo, porque la sabrosura de la tortilla caliente, recién hecha, justificaba la esclavitud de la mujer.

No obstante, quizá la primera respuesta a esa inquietud, en esos tiempos, fueron los implementos "de aplastón", rudimentarios y caseros, que sobreviven hasta nuestros días como utensilios ideales para hacer tortillas en casa.

Consecuencia indudable de la importancia cultural de la tortilla es que la primera ingeniería de alimentos que desarrolló una tecnología propia fue la invención de las máquinas tortilladoras. La inicial nació en 1908, debida al ingenio de un señor Romero. Después aparecieron las máquinas diseñadas por Octavio Peralta, las que a su vez sucumbieron ante las célebres tortilladoras de Fausto Celorio, en las que actualmente se fabrican

más del 60% de las tortillas que no se hacen en casa. Existen otras máquinas tortilladoras, producto total de la inventiva mexicana, como las de los Verástegui, que innovaron la máquina con el regreso a la "piedra negra" del metate tradicional, de la cual surge un producto más compacto a la penetración del aire. Hoy hay máquinas que producen más de 12 000 tortillas por hora y se exportan a Centroamérica, los Estados Unidos, la India, y otros países.

Es evidente que las máquinas tortilladoras vinieron a redimir el trabajo esclavizante de la mujer, aunque seguramente todavía muchos se preguntarán: ¿prefieren una tortilla hecha a mano o una de tortilladora? Seguramente la mayoría daría su preferencia a las manuales, asociadas con la blancura, la suavidad, con un producto "celestial", mientras que la segunda está relacionada con un producto oscuro, grueso y estandarizado. Es obvio que desde estas perspectivas, están reñidas la calidad y la eficiencia. Pero en última instancia la tortilla de tortilladora, bien hecha, es un producto de buena calidad y la liberación de nuestras mujeres vale infinitamente más que una tortilla hecha en casa. Pero si es mucha la nostalgia eventualmente podemos hacerlas en el hogar, para no olvidar aquel pasaje de Salvador Novo donde describe su proceso de elaboración:

...quien con sus pequeñas manos húmedas coge el testal para irlo engrandeciendo a palmeadas rítmicas, adelgazando, redondeando hasta la tortilla perfecta que acuesta como a un recién nacido, sobre el comal sostenido en alto en tres piedras [...] la tortilla se inflaría como si hubiera cobrado vida, como si quisiera volar, ascender; como si el ehécatl la hubiera insuflado. Era el momento de retirarla dulcemente del comal, cuando ya tuviera, sobre la carne de nuestra carne, de nuestro sustento, una hoja delicada de epidermis. El momento de ponerlas una sobre otra, como hojas de tantos pétalos de una flor comestible en el tanate (lugar donde se depositan la tortillas recién hechas)...

Como para hacernos agua la boca, pensando en una tortilla recién hecha, a la que sólo se le agregan unos granos de sal, o un poco de salsa de molcajete o un pedazo de mantequilla.

En algunos casos la masa, desde remotos tiempos, se mezcla con la hermosa flor de lino y otras hierbas medicinales para templar el estómago, o simplemente para incrementar su atractivo gastronómico; por ejemplo, con epazote o cilantro, con chile ancho, con guajillo o con poblano y hay quien le añade cebolla o ajo, queso o incluso harina de trigo, sal, manteca de cerdo o caldo.

Mucho se ha experimentado buscando "enriquecer" a la tortilla: agregándole harina de soya, de pescado, de trigo integral o de espirulina; pero finalmente con ninguno de tales ingredientes se ha podido obtener un

producto aceptable por su sabor, olor y color, ya que todos los alteran notablemente y el producto se endurece con rapidez. Ante ello hemos considerado que tales investigaciones resultan un gasto innecesario de recursos económicos y humanos y que, en última instancia, lo importante para los consumidores es que tengan acceso a una tortilla de buena calidad, higiénica, en la que estén definitivamente eliminados los agentes contaminantes, los químicos y los adulterantes. El diseño original de la tortilla es definitivamente insuperable.

ADULTERACIÓN Y CONTAMINACIÓN DE LAS TORTILLAS

Por muchos años ha sido una tradición que eventualmente despierta las esporádicas inculpaciones que se presentaban entre molinos para nixtamal, tortillerías y la CONASUPO, debido a la mala calidad de las tortillas. Los molineros y tortillerías afirman que la CONASUPO les distribuye mezclas de maíz blanco y amarillo de desecho o de importación de muy dudosa calidad, lo que reduce la calidad de las tortillas y provoca el repudio del público, y que por ello las tortillas llegan a tener un sabor desagradable. CONASUPO por su parte ha afirmado que, por lo contrario, han sido los del gremio los que mezclan con demasiada cal el maíz y echan a perder la masa, originando las protestas de los consumidores y niega que el que importa sea la causa de que la tortilla se haga dura muy rápido; también asevera que los requisitos que se imponen al maíz de importación son los mismos que se aplican al producto nacional, en cuanto a humedad, contenido de basurilla, desechos y otros aspectos.

Por las investigaciones de AMEDC podemos afirmar que eventualmente ambas opiniones, aparentemente contradictorias, tienen razón, porque es real que los molineros suelen poner cal en exceso y también lo es que llegan a recibir maíz de pésima calidad o harina ya nixtamalizada de condición muy mediocre.

Las adulteraciones más frecuentes que a lo largo de los años hemos detectado son el agregado excesivo de cal, que como hemos dicho se conoce por el rápido endurecimiento; el agregado de olote, que si bien podría tener cierta ventaja por su contenido de fibra benéfico para la digestión, también la endurece y reduce su contenido de proteína. Los tortilleros más inmorales agregan tortillas viejas y molidas a la masa, lo que da al producto un aspecto "nejo", mal olor y rápido endurecimiento. En ocasiones se acedan rápidamente por conservación defectuosa del nixtamal, o por dejar varias horas la masa bajo la acción y el calor de la máquina tortilladora, en sitios calientes.

De tres investigaciones que ha hecho la AMEDC, en muestras de cerca de 50 tortillerías del área metropolitana, hemos podido comprobar que en cerca de un 50% de ellas las condiciones de higiene dejan mucho que de-

sear; algunas parecen talleres mecánicos más que lugares donde se procesan alimentos. Todo lo cual hace evidente que las autoridades sanitarias no visitan frecuentemente estos establecimientos.

Respecto a la contaminación de la tortilla, el problema más grave y frecuente es la presencia de aflatoxinas, unos hongos de diversos tipos que llegan a desarrollarse en el maíz, en la masa o en el campo, o durante la cosecha y el almacenamiento, como consecuencia de las malas condiciones o el exceso de humedad. Desafortunadamente, es común ver en los caminos que el maíz es "almacenado" a la intemperie. Se calcula que cerca del 80%, lo que obviamente propicia el crecimiento de las aflatoxinas.

Este tema ha sido ampliamente debatido, pero quien con frecuencia le ha puesto el cascabel al gato ha sido el investigador doctor René Rosiles, quien desde los años setenta ha denunciado la presencia de aflatoxinas en los productos analizados, en cantidades que han variado entre 50 y 200 ppb, y afirma que esta condición es corriente en la tortilla. Ha señalado que, si bien el organismo humano se ha sabido defender de este contaminante, los riesgos de enfermedad, como cáncer en el hígado, son mucho mayores en las personas de más bajos recursos, que basan su alimentación hasta en un 70% en la tortilla. Se ha podido establecer que en animales como la trucha arcoiris o los cerdos, una alimentación contaminada con aflatoxinas produce hepatomas y tumores hepáticos, así como mutaciones genéticas; en los cerdos el cáncer del hígado es frecuente cuando consume aflatoxinas, especialmente la B1.

Desafortunadamente, también es usual que se mezcle maíz sano con otro contaminado con aflatoxinas, lo que se practica por el afán de lucro. Otros observadores han detectado que en ocasiones el maíz contaminado es confiscado por la Secretaría de Salud o se prohíbe para consumo humano; pero más tarde, personal poco escrupuloso comercia con él en un mercado subterráneo.

A principios de los años ochenta, Rosiles nuevamente encontró que las tortillas podían estar contaminadas en un 15 a 20% y confirmó el efecto carcinogénico de tal contaminación. Más recientemente, el INN (Instituto Nacional de la Nutrición), en una muestra representativa de 1 110 molinos y un lote de 65 muestras de diversos expendios, encontró en el maíz una variación de aflatoxinas entre 10 y 500 y en la tortilla de 50 a 200, cuando los límites internacionales están entre 5 y 20. La investigadora Josefina Morales de León señaló: "Los datos que tenemos indican que el problema no sólo está en el maíz sino también en la tortilla. Se tenía la idea de que la nixtamalización y la cocción de este alimento eliminaría la sustancia, pero se ha confirmado que es termoestable."

No se trata de un adulterante, pero sí de un mal manejo del grano. Es un tóxico muy fuerte y se detecta en el maíz importado que proviene de los Estados Unidos, "con la nixtamalización disminuye su concentración, pero no desaparece". La verdad es que muchas veces el maíz importado

de ese país está contaminado, lo que es particularmente grave si tomamos en cuenta que el 70% de nuestras importaciones viene de allí. En una reciente denuncia pública se habló de la entrada en Tamaulipas de cerca de 400 000 toneladas, parte de las cuales se utilizaron como semilla, lo que contaminó la producción de ese estado por varios años y al parecer hasta la fecha. Lamentablemente no hay duda de que las aflatoxinas provocan cáncer del hígado, alteración de los factores hereditarios, malformaciones en el feto y la muerte, todo lo cual afecta en función del sexo, estado nutricional y nivel de contaminación: los males pueden provocarse cuando la contaminación está por encima de 20 ppb.

Como hemos dicho, otra fuente de contaminación por aflatoxinas se da en las mismas tortillerías, molinos y en sus transportes. La masa es colocada en el suelo de viejas camionetas o de los propios establecimientos, todo lo cual también provoca infección bacteriológica.

La verdad es que no se lleva a cabo un estudio sistemático y regular de la contaminación de la tortilla por aflatoxinas. Se ha especulado mucho sobre la validez de las pruebas para detectar esta sustancia, de la extensión de las muestras, de los métodos, pero el hecho es que la amenaza está ahí presente y la falta de salubridad en numerosos establecimientos hace evidente la ausencia de controles eficaces.

CALIDADES, PRECIOS Y COLORES

El color de las tortillas depende del maíz o incluso de la adulteración. Se conocen cerca de 30 razas de este cultivo que se dividen en cuatro grupos principales: indígenas antiguas, exóticas precolombinas, mestizas prehistóricas y modernas incipientes. Se consideran aparte de las variedades experimentales con las que se ha estado trabajando durante los últimos años, para tratar de obtener un producto más rico en proteínas y aminoácidos esenciales y en lo que es deficiente el maíz: lisinas y triptófano. En la actualidad sabemos que casi no se cultivan razas puras, sino granos obtenidos de cruzamientos que se buscan más productivos, rápidos y resistentes. Ello implica ciertos riesgos políticos y económicos, ya que se puede presentar la eventualidad de que se dependa de asesorías y tecnologías de grandes transnacionales que controlan germoplasma, semillas y plaguicidas, en un círculo completo.

Es cierto que la mayoría de los consumidores prefiere las tortillas de maíz blanco y algunos más exquisitos prefieren las moradas o "azules". Todavía hace pocos años todos los especialistas coincidían en afirmar que el maíz amarillo tiene 10.5% más de proteínas que el blanco, además de que la relación de aminoácidos esenciales, lisina, metionina y triptófano, es mayor en el amarillo y su valor biológico (razón de eficiencia proteica) tiene 14.4% de mayor asimilación de la proteína. Esto significa que el

consumidor de maíz amarillo asimilará mayor cantidad del contenido original. Además, éste tiene un pigmento que ayuda a asimilar la vitamina A y, por si todo ello fuera poco, es más resistente y da más rendimiento por hectárea. Algunos estudios aislados afirman que las tortillas moradas tienen cualidades nutricionales superiores a las blancas, pero al parecer los análisis no han sido concluyentes; sólo se les reconoce como un producto "exquisito", con sabor ligeramente dulce.

Sorprendentemente, ahora empresas interesadas pretenden desvirtuar los consensos respecto a las cualidades del maíz amarillo, morado o azul; incluso se ha dado el caso de que funcionarios de alto nivel del sector comercial, en una alianza muy sospechosa, no han tenido empacho en declarar que "el maíz blanco es más alimenticio", con la obvia intención de hacerle el caldo gordo a las empresas que venden, a precios hasta cuatro veces superiores a los de las tortillerías, su producto envasado y con marca.

Tradicionalmente, los consumidores de tortillas nos hemos abastecido en las tortillerías y con los vendedores por docena que están en los mercados o hacen entregas a domicilio. De estos últimos se ha dicho que venden tortillas "hechas a mano", aunque la verdad es que en la mayoría de las ocasiones se trata de hechas en tortilladora o cuando mucho elaboradas con aparatos de aplastón; hoy en día quizá sólo uno en mil venda auténticas tortillas hechas a mano. De cualquier forma, esta opción tiene niveles muy desiguales, tanto por el color como por la calidad intrínseca. Predominan las blancas o las "azules", aunque muchas veces la primera está claramente cargada de cal o ha sido hecha con harina, lo que hace que el producto se endurezca rápidamente. Su precio ya calculado por kilo oscila entre los \$4.00 y \$8.00. Si el consumidor busca un producto de más calidad es más probable que lo encuentre entre estos vendedores. Curiosamente muchas tortillerías distribuyen su producto entre tales comerciantes para evitar así el precio oficial.

La opción de consumo más generalizada es la tortillería tradicional, la cual tiene la enorme ventaja de su bajo precio. Con mucho puede afirmarse que ésta es el alimento más barato del mundo, ya que en ninguna parte se puede conseguir alguno por menos de 20 centavos de dólar el kilo. Cotidianamente cerca de 115 000 tortillerías en toda la República elaboran cerca de 900 millones de tortillas para satisfacer la necesidad creciente de cerca de 90 millones de mexicanos que difícilmente encuentran otra alternativa para obtener un alimento barato y sabroso, en fin, llenador. Se estima que se venden anualmente cerca de \$10 000 millones en tortillas.

Respecto a la calidad de su producto, la tortillería ofrece variaciones. En la última investigación de AMECD, en la que analizamos el producto de 55 establecimientos del área metropolitana, encontramos que en el 75% de los casos el producto tenía una calidad aceptable o buena y en un 3% de muy mala calidad; el resto obtuvo una calificación mediocre. No siempre en todas las tortillerías la calidad es estable, porque incluso el pro-

pio maíz tampoco lo es. En general las que presentan menos higiene son las que se ubican en zonas marginadas, de lo que resulta que, como ya es costumbre, son los consumidores de las áreas deprimidas quienes reciben productos de más baja calidad a más alto precio.

A nuestro juicio resulta injusto, por decir lo menos, que sean los consumidores del área metropolitana de la ciudad de México quienes paguen el más bajo precio, mientras que en el interior de la República se autorizan precios oficiales entre 20 y 40% más altos que en el D. F.

Con referencia al peso exacto, por los resultados de nuestras investigaciones deberíamos concluir que la vigilancia es deficiente, ya que según hemos verificado, sólo el 10% de las tortillerías dan el peso completo; incluso hemos encontrado "kilos" de 750 g. El promedio en una muestra de 55 tortillerías es de 960 g, por lo que es obvio que se comete diariamente un fraude de enormes proporciones en contra de millones de consumidores. Estimamos que se les esquilma cada año una cifra cercana a los \$300 millones.

Como decíamos, es verdad que la tortilla es el alimento más barato del mundo pero si no fuera así seguramente el país podría verse envuelto en graves conflictos sociales y el hambre y la desnutrición serían aún más graves. Por ello deberían prestarse oídos sordos a todos aquellos sectores que, ciegos ante nuestra realidad socioeconómica, pretenden que se "libere" el precio de la tortilla, el más básico de todos nuestros alimentos, y el único con el que en realidad a los pobres les ha hecho justicia la Revolución.

Para aquellos que gustan de las "ponderaciones" y las cifras, habría que destacar que, por ejemplo, si para un trabajador de salario mínimo la tortilla representa el 50% de su ingesta total de alimentos, resultaría que si la tortilla aumentara un 50%, habría un 50% de incremento en su gasto de alimentos. No obstante, algunos cínicos o ciegos a nuestras realidades dirían: "a qué tanto escandalo... si sólo subió 35 centavos... sólo un tercio de lo que cuesta un refresco".

Para nosotros ha sido claro que la idea de liberar el precio de la tortilla se ha estado queriendo "cocinar" desde que se autorizó a vender, principalmente en autoservicios, las tortillas envasadas o de marca, con un precio hasta cuatro veces más alto que el de las de la tortillería, con el agravante de que dichas "tortillas", si así les queremos seguir llamando, son en realidad un *sucedáneo*, porque están hechas con maíz harinizado y conservadores químicos que las desnaturalizan por completo. Incluso en una encuesta de AMEDC se encontró que 8 de cada 10 consumidores afirman, entre otras cosas, que "no tienen sabor, no saben a nada, son como de papel, no saben a tortilla de maíz, son duras y quebradizas... etcétera". Por su parte, algunos expertos y los propios consumidores que saben, afirman que tales "tortillas" no tienen "correa", o sea, flexibilidad, por lo que se hacen fácilmente quebradizas y duras. Si, por ejemplo, usted pretende hacer tostadas con ellas le será casi imposible porque resisten de tal manera el

calor del aceite que tardan muchísimo tiempo en tostarse y finalmente no se obtiene un producto crujiente, sino algo duro y correoso. Contra lo que afirman algunos anuncios, efectivamente duran y duran y no les salen hongos, aun fuera del refrigerador, porque tienen poderosos fungicidas químicos y como "casi nadie las quiere", pues se pueden estar ahí por mucho tiempo. En realidad casi el 100% de quienes las adquieren lo hacen para salir de un apuro. Por otra parte, como el maíz no es nixtamalizado por el método tradicional, el producto no se ve igualmente enriquecido con calcio. Vale la pena señalar al respecto que los problemas de descalcificación, principalmente en personas mayores, no son tan frecuentes en nuestro país como en los Estados Unidos, justo seguramente por nuestra dieta rica en tortillas que desde niños nos provee del indispensable calcio. De ello resulta que las tales "tortillas" representan un retroceso nutricional por el que además tenemos que pagar un altísimo precio.

Es obvio que en la ya llamada "guerra de las tortilla", establecida entre los molineros y tortilleros tradicionales y las grandes empresas harineras, los consumidores organizados hemos tomado partido: queremos conservar la nuestra tradicional, aunque instamos al sector a mejorar la calidad e higiene de su producto y a respetar el peso exacto.

REFERENCIAS Y OBRAS CONSULTADAS

- Echeverría, M. E. *et al.* (1982), *Recetario mexicano del maíz*, SEP-Museo de Culturas Populares, México, pp. 9-14.
- Fussell, B. (1992), *La historia del maíz*, A. Knopf, Nueva York, pp. 29-38.
- Guía del Consumidor* (1981, 1983), AMEDC, núms. 111:4-15, 190:15-30, 255:2-3, 260:30, México.
- Instituto Nacional de la Nutrición (1992), *Tablas del valor nutritivo de los alimentos*, CONAL, México, pp. 1A-1B.
- Lomelí, A. (1987), *El chile y otros picantes*, AMEDC, México, pp. 146-150.
- (1994), *La gran comida de los pobres*, AMEDC, México, en preparación.
- Novo, S. (1976), *Cocina mexicana*, Porrúa, México, pp. 6-8.
- Warman, A. (1988), *La historia de un bastardo: maíz y capitalismo*, UNAM-FEC, México, pp. 28-29, 33-35, 37, 48, 171-172 y 233.

SEGUNDA PARTE

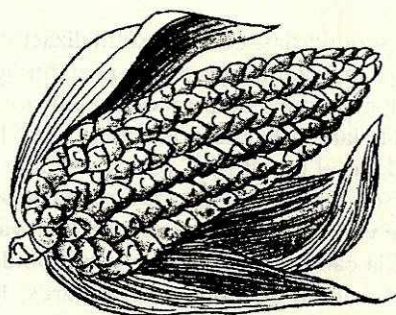
ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN Y SALUD

EL MAÍZ Y LA TORTILLA EN LA HISTORIA PREHISPÁNICA

*Patricia Fournier García**

Hablar de la tortilla, el pan de los naturales que mencionan cronistas y viajeros europeos desde el siglo XVI, componente indispensable en la dieta cotidiana de la gran mayoría de los habitantes de nuestro país hasta la actualidad, remite de manera necesaria a hablar del maíz (*Zea mays* L.), o *centli* en náhuatl (figura 1) y del desarrollo de la agricultura en el México prehispánico.

FIGURA 1
REPRESENTACIÓN DE UNA MAZORCA DE MAÍZ EN EL *CÓDICE FLORENTINO*
(ANDERSON Y DIBBLE, 1963)



El vocablo con el que se designa a esta gramínea es de origen haitiano y lo introdujeron los conquistadores, según registra fray Toribio de Bena-vente, mejor conocido como Motolinía (1971:372):

* Jefe de carrera de la Maestría en Antropología, Escuela Nacional de Antropología e Historia.

...En esta lengua, cuando [...] está en mazorca [...] llámanle *centli*; después de desgranado llámanle *tlauilli*; cuando lo siembran, desde nacido hasta que está en una braza, llámase [*toctli*...]

Cuando la mazorca está [...] muy tierna, llámanla *xilotl*; cocidas las dan como fruta a los señores. Cuando ya está formada la mazorca con sus granos tiernos y es de comer, ahora sea cruda, ahora asada [...], ahora cocida, llámase *elotl*. Cuando está [...] bien madura, llámanla *centli*, y éste es el nombre más general del pan de esta tierra. Los españoles tomaron el nombre de las islas, y llámanle maíz.

Se remonta a épocas remotas el proceso de domesticación de esta gramínea a lo largo de un periodo prolongado, durante el cual la planta sufrió muchos cambios morfológicos, entre 7000 y 3000 a.C.; además, en el proceso se originaron distintas razas y variedades (MacNeish, 1958, 1967, 1981; Álvarez, 1984) cuyo valor nutricional así como su preparación fueron diferentes. De hecho, en Tehuacán la domesticación de plantas se inicia 8 000 años atrás y la agricultura hace 5 000 (MacNeish, 1981).

La nixtamalización del maíz permitió que los granos fueran más fácilmente digeribles, dado el desprendimiento del pericarpio que los cubre y la liberación de niacina de fácil asimilación, además de posibilitarse su cocimiento más rápido al remojar en agua con cal y hervirse. Se carece de evidencias claras acerca de la antigüedad de este procedimiento, salvo en el caso de Teotihuacán, donde se han encontrado cazuelas para preparar el nixtamal que datan de aproximadamente el siglo IV de la era cristiana (Munera, 1985).

Entre sociedades sedentarias, con la nixtamalización se logró, de manera rápida y eficiente, suavizar los granos para su molienda y elaborar la masa, aprovechándolos después de periodos relativamente prolongados de almacenamiento a lo largo del año posteriores a la o las temporadas de cosecha. Asimismo, dado el uso de cal, concha triturada, travertino, sosa o lejía en el proceso, son más digeribles los aminoácidos del maíz y se incrementa casi en siete veces el calcio, aumentando el valor nutricional de la gramínea así como la cantidad de calorías y carbohidratos que proporciona (véase Museo Nacional de Culturas Populares, 1987; Snow, 1990; Brumfiel, 1991).

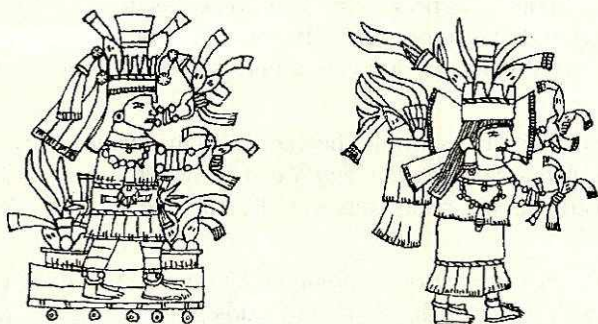
No obstante, en términos etnográficos y arqueológicos, hay que considerar distintas alternativas en cuanto a la preparación previa de los granos de maíz además de la nixtamalización, así como los procedimientos culinarios requeridos para la elaboración de sólidos y bebidas para su consumo. De esta manera, hay varias opciones, es decir:

1. Se come la mazorca fresca, entera o desgranada, o sea, el esquite, hirviendo el maíz o asando el elote (véase Acuña, 1987, 1988; Sahagún, 1989);

2. Se muelen o trituran los granos secos, a veces suavizados únicamente en agua (véase Sahagún, 1989);
3. Se tuestan los granos, como en el caso de las rosetas de maíz, tal como registra fray Bernardino de Sahagún (1989:54) respecto al *mumúchitl*, “que es una manera de maíz que cuando se tuesta revienta y descubre el meollo, y se hace como una flor muy blanca”.

La importancia del maíz entre diversos pueblos se manifiesta no sólo en su dieta sino además en el nivel de mitos y leyendas, incluso asociados con la génesis, así como en la integración de deidades (figura 2) vinculadas con la planta en el panteón de diversas regiones (véase Lehmann y Smital, 1929; Seler, 1988; Alcina Franch, 1972).

FIGURA 2
EL DIOS Y LA DIOSA DEL MAÍZ ENTRE LOS MEXICAS REPRESENTADOS EN EL
CÓDICE VATICANO (1972)



Por ejemplo, en la Leyenda de los Soles (*Códice Chimalpopoca* 1975:121), fuente que habla de mitos y eventos históricos del centro de México, se registra que una vez que los dioses crearon al hombre en Tamoanchan, tomaron también providencias para su sustento:

“Han nacido los vasallos de los dioses [...] Ya todos buscan el alimento.” Luego fué la hormiga a coger el maíz desgranado [...] Encontró Quetzalcóhuatl a la hormiga y le dijo: “Dime adónde fuiste a cogerlo” [...] Quetzalcóhuatl se volvió hormiga negra [...] y [...] acompañó a la hormiga colorada hasta el depósito, arregló el maíz y en seguida lo llevó a Tamoanchan. Lo mascaron los dioses y lo pusieron en nuestra boca para robustecernos.

De igual manera, en el *Popol Vuh* (1976:103-104), fuente propia de las tierras mayas, el maíz es la materia con la que los dioses crean al hombre:

... Habiéndose acercado el tiempo de la creación, el Ahau Tepeu y el Ahau Gucumatz buscaron la sustancia para hacer la carne del hombre.

Consultaron entre sí de qué forma lo harían [...]. Cuatro animales les manifestaron la existencia de las mazorcas de maíz blanco y de maíz amarillo [...]. La abuela Ixmucané tomó del maíz blanco y del amarillo e hizo comida y bebida, de las que salió la carne y la gordura del hombre, y de esta misma comida fueron hechos sus brazos y sus pies.

En diversas crónicas coloniales del Altiplano central el maíz o *centli*, sus variedades, la tortilla o *tlaxcalli* preparada en comales, y otros productos obtenidos de la gramínea se llegan a mencionar con frecuencia (véase Motolinía, 1971; Sahagún, 1988; Zorita, 1963). Incluso en documentos referentes al proceso de conquista hispana se señala que las huestes de Cortés, a su llegada a México, se vieron forzadas a comer "pan de maíz", amasado y "muy sabroso", para subsistir en su trayecto hacia la gran Tenochtitlan, sin que echaran de menos el pan de trigo de Castilla (Aguilar, 1977:82).

Como parte de las minuciosas observaciones de Sahagún (1989:515) acerca de la vida cotidiana de los naturales se registra que:

Comían unas ciertas tortillas hechas de las mazorcas frescas del maíz, que se llama *elotlaxcalli* o *xantlaxcalli*. [y] Otra manera de tortillas hechas de las mazorcas nuevas del maíz, que se dice *xilotlaxcalli*.

En las fuentes del periodo colonial temprano se reconoce que, a excepción de los territorios del norte habitados por cazadores-recolectores, el maíz, sobre todo ya preparado en masa nixtamalizada bajo la forma de tortillas, era la base dietética de los naturales de la Nueva España, independientemente de la clase social a la que pertenecieran los individuos (véase Acuña, 1982, 1985a, 1985b, 1986a, 1986b, 1987, 1988).

En el *Códice Mendocino* (Paso y Troncoso, 1980) se encuentra una de las pocas representaciones en las que se asocian de manera clara el comal, sostenido sobre tres piedras o *tenamaztlicuil*, la tortilla o *tlaxcalli*, la piedra de molienda rectangular usualmente con tres soportes, *métlatl* o metate con su mano o *metlapilli*, además de una olla para "guisados" (figura 3), pieza que tal vez pudo emplearse para la nixtamalización, dada su similitud con vasijas encontradas en excavaciones arqueológicas que muestran varias capas superpuestas de cal adheridas a la superficie interna. Por otra parte, en el *Códice Florentino* (Anderson y Dibble, 1963) se ilustra a una mujer realizando la molienda de la masa del maíz, con los granos dentro del tradicional cesto o *chiquibuitl*, y a la planta misma (figura 4).

Una de las más detalladas y tempranas descripciones respecto a la

preparación del nixtamal y tortillas se encuentra en la *Relación Geográfica* de Cholula (Acuña, 1985a:134), que data de 1581:

El mantenimiento que usan es maíz [...], del que hacen unas tortillas cociéndolo primero en grano en una olla de agua, echándole alguna cal para que se cueza mejor. Y después, lo lavan y muelen entre dos piedras, y, como está mojado, se va haciendo masa, y de ella hacen unas tortillas muy delgadas y las echan a cocer en un plato grande de barro de hechura de una rodela, que se llama *comalli*, [que] ponen

FIGURA 3
PREPARACIÓN DE TORTILLAS SEGÚN EL *CÓDICE MENDOCINO*
(PASO Y TRONCOSO, 1980)

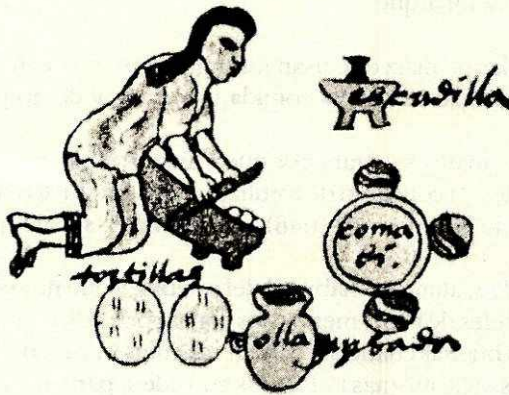


FIGURA 4
ELABORACIÓN DE LA MASA DE MAÍZ EN EL *CÓDICE FLORENTINO*
(ANDERSON Y DIBBLE, 1963)



sobre el fuego, en que caben tres o cuatro tortillas [...]. Y ésta es su comida ordinaria, que así lo es en toda la Nueva España.

Hay registros semejantes para Yucatán fechados hacia 1616, en la crónica de fray Diego de Landa, quien registra que entre los mayas (Tozzer, 1975:89-90):

Su principal subsistencia es el maíz del cual hacen diversas comidas y bebidas [...]. Las mujeres ponen el maíz a remojar una noche antes en cal y agua, y en la mañana está suave y medio cocido [...]; y lo muelen sobre piedras.

A su vez, en el siglo XVIII, el fraile capuchino Francisco de Ajofrín (1986:199) menciona que:

Las tortillas de maíz que usan los indios, las han hecho siempre hasta ahora las mujeres [...]. Es comida muy sana y de no poca sustancia.

Además, a diversos extranjeros que visitaron México en el siglo XIX, les llamó la atención el consumo de tortillas y otros productos del maíz. Madame Calderón de la Barca (1981:48), por ejemplo, señala que:

Las *tortillas*, alimento habitual del pueblo, y que no son más que simples pasteles de maíz, mezclados con un poco de cal [...] las encuentro bastante buenas cuando se sirven calientes y acabadas de hacer, pero insípidas en sí mismas [...]. Se las considera particularmente sabrosas con *chile*, el cual para soportarlo en las cantidades en que aquí lo comen, me parece que sería necesario tener la garganta forrada de hojalata.

Entre los alimentos preparados con diferentes razas y variedades del maíz en la actualidad, muchos de los cuales se citan reiterativamente en fuentes del periodo colonial y tienen antecedentes prehispánicos, pueden diferenciarse:

1. Sólidos:

- tortillas (véase Acuña, 1987; Garza *et al.*, 1983; Sahagún, 1989);
- memelas (Sahagún, 1989:512), que eran:

...unos panecillos no redondos, sino largos, que llaman *tlaxcalmimilli*; son rollizos y blancos, del largo de un palmo o poco menos.

- tlacoyos, de silueta elíptica con los extremos adelgazados, que se

preparan combinando el maíz con otros granos —como frijol— o bien vegetales diversos como relleno, por ejemplo nopal, hongos y quelites; Sahagún (1989:513) señala al respecto que:

Usaban también muchas maneras de tortillas para la gente común. Una manera [...] se llama *íztac tlaxcalli etica tlaoyo*, quiere decir “tortilla muy blanca que tiene dentro harina de frijoles no cocidos”.

- totopos, especie de tortillas hasta de 35 cm de diámetro y muy delgadas relativamente tostadas, que se cuecen dentro de una gran olla o *comescal*, como sucede en Oaxaca (Guerrero, 1987);
- tamales salados o dulces, de forma cuadrangular o elíptica engrosada y mucho más pesados que las tortillas, que se elaboran agregando a la masa como relleno otras semillas, especias, vegetales e incluso carne, y comúnmente se envuelven en hoja de maíz, aunque hoy día en ciertas regiones se emplea hoja de plátano (véase Acuña, 1986a, 1986b, 1987; *Códice Chimalpopoca*, 1975; Fontana, 1979; Motolinía, 1971; Sahagún, 1989). Inclusive existen representaciones prehispánicas de tamales en códices y vasijas del área maya (Taube, 1989);
- gorditas o tortitas de maíz redondeadas, que se preparan combinando la masa con azúcares y mieles. El mismo Sahagún (1989:618) señala para el mercado de Tlatelolco que:

El que trata en fruta [...]. Vende [...] las tortillas de masa mezclada con miel, [...] que se tienen por fruta [...]

- pinole, que se elabora tostando los granos y después molerlos, lo que produce un polvo de textura fina (véase Acuña, 1982, 1986, 1987; Fontana, 1979; Paso y Troncoso, 1980);
 - rosetas o palomitas, que se hacen tostando los granos de razas particulares de maíz (véase Acuña, 1986a; Motolinía, 1971; Sahagún, 1989).
2. Entre los semisólidos pueden mencionarse:
- pozole, que se hace empleando razas de maíz de grano grande y succulento —como el *cacaobuazinili*— preparado por hervido, combinando el maíz con vegetales, especias e incluso carne. Posiblemente el *tlacatlaolli*, guiso de maíz con carne humana y que se consumía en contextos rituales, así como el *etzalli*, hecho con maíz y frijol guisados (Sahagún, 1989), son los antecedentes prehispánicos del moderno pozole.
3. Respecto a las suspensiones se cuentan:
- atole, que se prepara hirviendo la masa que se combina en oca-

siones con cacao, miel, la aguamiel extraída del agave, chile, tomate, frijoles, epazote, tunas o amaranto, aunque en la actualidad también con leche y diversos frutos (véase Acuña, 1985a; Clavijero, 1987; Motolinía, 1971; Museo Nacional de Culturas Populares, 1987; Sahagún, 1989; Tozzer, 1975);

- pozol, de amplio consumo en el sur y sudeste de México, que se hace mezclando la masa con agua además de sal, especias, mieles e incluso cacao; puede fermentarse y conservarse durante periodos prolongados (Garza *et al.*, 1983; Tozzer, 1975; Ulloa *et al.*, 1987) siendo en este caso su valor nutritivo superior al de la masa nixtamalizada, gracias al enriquecimiento en aminoácidos y vitaminas (Museo Nacional de Culturas Populares, 1987);
 - tejate, característico de Oaxaca, que se basa en el uso del pinole al que se le agregan agua, almendra de mamey molida y azúcares;
 - tascalate, bebida común en Chiapas, hecha con pinole molido con cacao o con azafrán además de azúcares, agregando agua a esta mezcla seca (Guerrero, 1987:135);
 - esquiate, característico del área tarahumara, que se prepara tostando los granos para después molerlos con agua (véase Fontana, 1979).
4. En relación con las bebidas fermentadas se cuentan:
- chicha, con consumo básicamente en el sur de Mesoamérica y la Huasteca, preparada con granos tostados que después se fermentan con agua (véase Acuña, 1987; Garza *et al.*, 1983; Krickeberg, 1974; Las Casas, 1979; Motolinía, 1971; *Popol Vuh*, 1975);
 - tesguino, característico del norte y noroeste de México, que se elabora hirviendo los granos germinados molidos, combinados con diversas hierbas; una variante es el *tejuino*, preparado con masa nixtamalizada o con granos germinados (véase Fontana, 1979; Ulloa *et al.*, 1987);
 - tepache, bebida que a pesar de que en la actualidad se prepara con frutas antes se elaboraba con granos de maíz (véase Ulloa *et al.*, 1987);

Además, la masa de maíz se cuenta entre los ingredientes para la preparación de diversos platillos, como el mole (Sahagún, 1989), una de las recetas más complejas de origen prehispánico.

En Mesoamérica y Aridamérica se ha considerado que el comal identifica en términos generales un modo de vida agrícola sedentario, enfocado principalmente al consumo del maíz como base de la dieta (véase Grove, 1981; Snow, 1990; Trejo y Ruiz, 1975).

Cabe destacar que se ha inferido que el conocimiento de las propiedades refractarias de las arcillas en la producción de cuerpos cerámicos, posibilitó ampliar las técnicas de preparación de alimentos, así como la

gama de recursos alimenticios potenciales, con lo cual se incrementó la capacidad de sustentación del hábitat; de hecho, se ha llegado a plantear que existe una fuerte correlación entre el uso de determinadas clases de vasijas, como el comal, y los valores económicos de la producción y procesamiento de alimentos (Arnold, 1988).

Por ejemplo, el almacenamiento de granos en la Cuenca de México posiblemente cobró importancia entre 900 y 100 a.C., asociándose con un aumento demográfico, mientras que para el horizonte Clásico (entre 200 y 900 d.C.), el maíz constituía tal vez el 65% de los requerimientos calóricos en la dieta (Sanders, 1981).

Es posible proponer que tanto el incremento del valor nutricional logrado mediante la nixtamalización, así como el consumo de diversos alimentos elaborados con la masa de maíz y potencialmente el uso de comales, son de fundamental importancia para entender procesos socioeconómicos asociados con el aumento poblacional así como su concentración en asentamientos extensos y, tal vez, inclusive el surgimiento y consolidación de sociedades estatales en el México prehispánico.

Resulta interesante destacar que los periodos en los cuales es común la utilización de comales, se corresponden con lo que se ha considerado el apogeo de las dos grandes sociedades urbanas expansionistas mesoamericanas; es decir, el estado teotihuacano y el tepaneca-mexica.

En el caso de Monte Albán, que contemporáneamente con Teotihuacán alcanzara una estructura estatal en la tercera centuria de nuestra era, se ha considerado que la aparición de *comales* hacia 600 a.C., significó un cambio en los hábitos de preparación de alimentos, que a su vez implicó una modificación en la economía y la organización del tiempo de los agentes productivos. Esta inferencia se basa en el hecho de que las tortillas son un "alimento práctico" y portátil que los agricultores fácilmente llevan a los campos, y son relativamente imperecederas (Blanton *et al.*, 1981).

De acuerdo con las evidencias arqueológicas disponibles, es posible que tanto el proceso de nixtamalización, el uso de comales, así como la preparación y consumo de tortillas, se relacionen básicamente con grupos del Altiplano central y de Oaxaca y, mediante procesos de interacción social, se propició la adopción de estos elementos de la cultura gastronómica y material en otras regiones.

Arqueológicamente, en Mesoamérica por lo general el consumo de tortillas implica la nixtamalización del maíz y el uso de comales, pero este procedimiento no necesariamente se asociaría con la preparación de tortillas, cuya integración en la dieta de grupos agrícolas-sedentarios parece ser relativamente tardía y básicamente se vincula con sociedades estatales u otras con un nivel de desarrollo distinto que entraran en contacto con ellas, ya sea bajo relaciones de sujeción o de intercambio.

Si la nixtamalización incidió —entre otros factores— en el incremento poblacional y en que ciertos segmentos se desligaran de la producción de

alimentos, entonces uno de los indicadores arqueológicos para la identificación de sociedades estratificadas mesoamericanas es el complejo nixtamal/comal/tortilla, que refiere a aspectos tecnofuncionales asociados con estrategias de producción y subsistencia, que deben haber impactado al mismo tiempo en las instancias organizativas sociales.

La importancia arqueológica del comal, humilde y cotidiana vasija en proceso de extinción en México, ha pasado casi inadvertida en las investigaciones sobre la alfarería precolombina. Esta forma cerámica está a punto de desaparecer aun en el ámbito rural nacional, al ser sustituida por productos industriales de metal con la misma función, mientras que en las urbes, a pesar de mantenerse el amplio consumo de tortillas, su preparación es mecanizada y comúnmente se recalientan directamente sobre los quemadores de estufas de gas sin necesidad del comal. Por supuesto, esto sucede en los hogares de quienes siguen degustando los tradicionales y nutritivos productos del maíz, a pesar de la invasión que se remonta al periodo colonial de bolillos, teleras y, sobre todo en épocas recientes, pan de caja producido en fábricas.

Si en aras de la modernización y el desarrollo se incide en la sustitución total de la masa nixtamalizada por harina de producción industrial, o se reemplaza a la tortilla por algún otro alimento hecho o no con maíz ajeno a nuestra nacionalidad, desde la perspectiva antropológica se hará frente a un atentado más contra las tradiciones culturales propias de la mayoría de los grupos étnicos de México, mismas que deben preservarse en la medida de lo posible ya que forman parte de nuestras raíces.

REFERENCIAS Y OBRAS CONSULTADAS

- Acuña, R. (1982), *Relaciones geográficas del siglo XVI: Guatemala*, UNAM, México.
- _____ (1985a), *Relaciones geográficas del siglo XVI: Tlaxcala*, UNAM, México, t. 2.
- _____ (1986a), *Relaciones geográficas del siglo XVI: México*, UNAM, México, t. 2.
- _____ (1986b), *Relaciones geográficas del siglo XVI: México*, UNAM, México, t. 3.
- _____ (1987), *Relaciones geográficas del siglo XVI: Michoacán*, UNAM, México.
- _____ (1988), *Relaciones geográficas del siglo XVI: Nueva Galicia*, UNAM, México.
- Aguilar, F. (1977), *Relación breve de la conquista de la Nueva España*, UNAM, México.
- Ajofrín, F. (1986), *Diario del viaje a la Nueva España*. Cien de México-SEP, México.

- Alcina Franch, J. (1972), Los dioses del panteón zapoteco, *Anales de Antropología* 9:9-43, UNAM, México.
- Álvarez, C. (1984), Dos estudios paleobotánicos en la cuenca de México, *Cuaderno de Trabajo* 20, INAH, Departamento de Prehistoria, México.
- Anderson, A. y C. E. Dibble (1963), *Florentine Codex: General History of the things of New Spain, by Fray Bernardino de Sahagun. Book 11. Early Things*, Monografías de School of American Research 14, Santa Fe, NM.
- Arnold, D. (1988), *Ceramic theory and cultural process*, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 268 p.
- Blanton, R. E. et al. (1981), *Ancient Mesoamerica*, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 300 p.
- Brumfiel, E. M. (1991), Weaving and cooking: Women's production in Aztec Mexico. **En:** *Engendering Archaeology. Women and prehistory*, J.M. Goro y M.W. Conkey (eds.), Basil Blackwell, Cambridge, pp. 224-225.
- Calderón de la Barca, M. (1981), *La vida en México durante una residencia de dos años en ese país*, "Sepan cuántos ..." 74, Porrúa, México, 426 p.
- Clavijero, F. J. (1987), *Historia antigua de México*, "Sepan cuántos ..." 29, Porrúa, México, 621 p.
- Códice Chimalpopoca* (1975), *Anales de Cuauhtitlán y Leyenda de los Soles*, UNAM, México, 161 p.
- Códice Vaticano* (1972), Manuscrito 3773 de la Biblioteca Apostólica del Vaticano. Introducción de F. Aders, Graz. Akademische Druck-u, Verlagsanstalt, 237 p.
- Fontana, B. L. (1979), *Tarahumara. Where night is the day of the moon*, Northland Press, Flagstaff, 167 p.
- Garza, M. de la et al. (1983), *Relaciones histórico-geográficas de la gobernación de Yucatán*, UNAM, México, t. 1.
- Grove, D. C. (1981), The formative period and the evolution of complex culture. **En:** *Supplement to the Handbook of Middle American Indians*, J. A. Sabloff (ed.), University of Texas Press, Austin, t. 1, pp. 373-391.
- Guerrero, R. (1987), *Toneucáyotl. El pan nuestro de cada día*, INAH, México, 270 p.
- Krickeber, W. (1974), *Etnología de América*, FCE, México, 498 p.
- Las Casas, B. de (1979), *Los indios de México y Nueva España*, "Sepan cuántos..." 57, Porrúa, México, 225 p.
- Macneish, R. S. (1958), Preliminary archaeological investigations in the Sierra de Tamaulipas, Mexico, *Transactions of the American Philosophical Society* 48 (6), Filadelfia, 153 p.
- _____ (1967), A summary of the subsistence. **En:** *Environment and subsistence: The prehistory of the Tebuacan Valley*, D.S. Byers (ed.), University of Texas Press, Austin, t. 1, pp. 290-309.
- _____ (1981), Tehuacan's accomplishments. **En:** *Supplement to the*

- Handbook of Middle American Indians*, J. A. Sabloff (ed.), University of Texas Press, Austin, t. 1, pp. 31-47.
- Motolinía, fray Toribio de Benavente (1971), *Memoriales o libro de las cosas de la Nueva España y de los naturales de ella*, UNAM, México, 591 p.
- Múnera, Luis C. (1985), *Un taller de cerámica ritual en La Ciudadela*. Tesis de licenciatura en Arqueología, ENAH, México, 123 p.
- Museo Nacional de Culturas Populares (1987), *El maíz*, SEP-Dirección General de Culturas Populares, México, 114 p.
- Paso y Troncoso, F. del (1980), *Códice Mendocino*, Innovación, México, 54 p.
- Popol Vuh (1975), *Antiguas historias de los indios quichés de Guatemala*, "Sepan cuántos..." 36, Porrúa, México, 166 p.
- Sahagún, B. de (1988), *Historia general de las cosas de Nueva España*, CONACULTA-Alianza Editorial Mexicana, México, t. 2, 923 p.
- Sanders, W. T. (1981), Ecological adaptation in the basin of Mexico: 23 000 B.C. to the present. **En:** *Supplement to the Handbook of Middle American Indians*, J. A. Sabloff (ed.), University of Texas Press, Austin, t. 1, pp. 147-197.
- Trejo, A. *et al.* (1975), Los comales en el material cerámico del área Puebla-Tlaxcala, *Comunicaciones* 12, Proyecto Puebla Tlaxcala, México, 12 p.
- Seler, E. (1988), *Comentarios al Códice Borgia*, FCE, México, 3 t.
- Snow, D. (1990), Tener comal y metate: protohistoric Rio Grande maize use and diet. **En:** *Perspectives on Southwestern Prehistory*, E. Winnis y C. L. Redman (eds.), Westview Press (Investigations in American Archaeology), pp. 289-300.
- Taube, K. A. (1989), The maize tamale in Classic Maya diet, epigraphy and art, *American Antiquity* 54:31-51.
- Tozzer, A. M. de (1975), *Landa's relación de las cosas de Yucatán*, Papers of the Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology, Harvard University, Kraus Reprint Co., Millwood, Nueva York, vol. 28, 394 p.
- Ulloa, M. *et al.* (1987), *Fermentaciones tradicionales indígenas de México*, INI, México, 77 p.
- Zorita, A. de (1963), *Los señores de la Nueva España*, UNAM, México, 205 p.

EL MAÍZ, LA DIETA Y LA SALUD EN MÉXICO

*Esther Casanueva**

En el mundo actual el maíz no crece de manera espontánea, ni existe en la naturaleza de modo silvestre: es una planta domesticada por excelencia, resultado de un largo proceso de experimentación y cuidados. El maíz fue domesticado hace aproximadamente 3 500 años y, junto con él, también el frijol, el chile y la calabaza. Con estos productos se sientan las bases de la actividad agrícola y con ella las grandes culturas de Mesoamérica, que lo consideraron como fuente de vida.

Por otra parte, la versatilidad del maíz hizo que se cultivase lo mismo en la costa que en el interior y desde las planicies más bajas hasta casi 3 000 metros de altura sobre el nivel del mar. Por ello buena parte de nuestro territorio se vio cubierto por su cultivo y sus frutos sirvieron de base para la alimentación de los diversos grupos que se asentaron en él. Se comió de diversas formas, tanto líquido —en forma de atoles, moles y bebidas refrescantes—, como cocido —en su estado natural o nixtamalizado para hacer masa y después tortillas, quesadillas, sopes, huaraches, tacos e innumerables platillos más.

En este trabajo se abordarán los aspectos dietéticos del la semilla seca del maíz, no del elote sino de la mazorca, que al perder agua en el proceso de secado, se torna —al igual que el resto de los cereales— en un elemento concentrado de energía y proteína de fácil conservación.

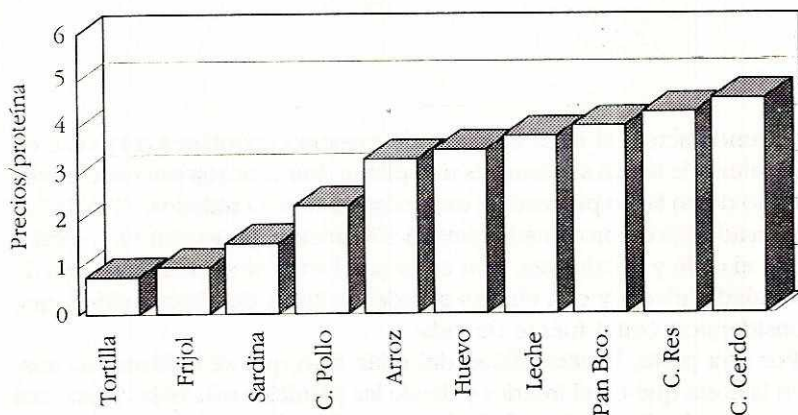
Actualmente la tortilla constituye la principal fuente de energía y proteína en la dieta rural y hasta hace pocos años la situación no era diferente en las dietas urbanas. Sin embargo, en los últimos años ha ocurrido un desplazamiento importante de la tortilla en la alimentación urbana. Así, por ejemplo, en 1960, en los barrios populares de la ciudad de México, la tortilla representaba la principal fuente de energía y proteína en la dieta, al aportar el 36.8% de la primera y el 32% de la segunda; mientras que —de acuerdo con los datos del Instituto Nacional de la Nutrición— en una encuesta realizada en 1995 en la misma zona, la tortilla ya sólo represen-

* Investigadora del Instituto Nacional de Perinatología.

taba el 19.2% y el 14% del total de la energía y la proteína (gráficas 1 y 2). Cabe mencionar que en ese periodo la variación en el consumo de arroz y derivados de trigo se mantuvo relativamente constante de acuerdo con la misma información.

GRÁFICA 1

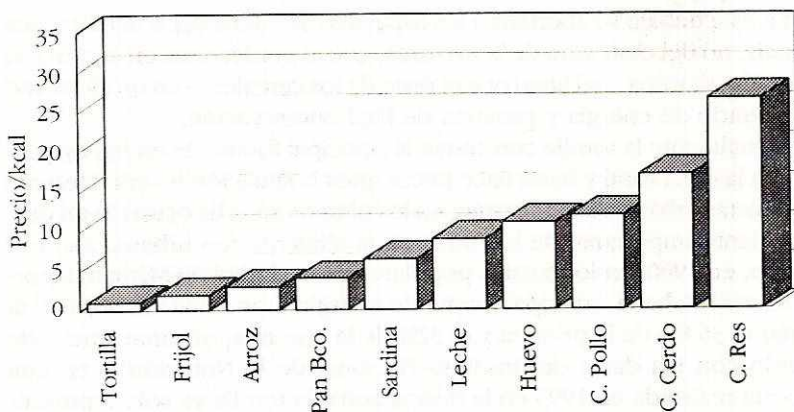
COSTO DE LA PROTEÍNA CONSIDERANDO A LA TORTILLA COMO UNIDAD



Precios, septiembre de 1995

GRÁFICA 2

COSTO DE LA ENERGÍA CONSIDERANDO A LA TORTILLA COMO UNIDAD

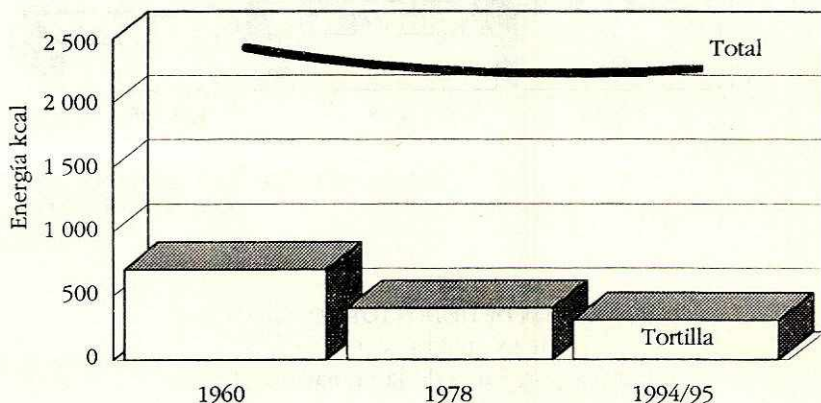


Precios, septiembre de 1995

El patrón en el consumo de lípidos en los barrios populares de la ciudad de México, requiere de una consideración aparte. En 1960 los habitantes de estos barrios consumían, tanto por cantidad como por calidad, la porción recomendada de lípidos, siendo la tortilla responsable de un 5% de este consumo. En 1995 esa misma población consume cerca del 34% de la energía en forma de lípidos (y lo recomendable es de 25 a 30%) y lo que es más grave aún, de ese total de lípidos más del 20% corresponden a grasas saturadas. En estas dietas la tortilla no aporta más del 2% de los lípidos (gráfica 3). Evidentemente los lípidos provienen de otras fuentes:

GRÁFICA 3

CONSUMO DE ENERGÍA PER CÁPITA Y PROPORCIÓN DE ENERGÍA APORTADA POR LA TORTILLA. BARRIOS POPULARES DE LA CIUDAD DE MÉXICO

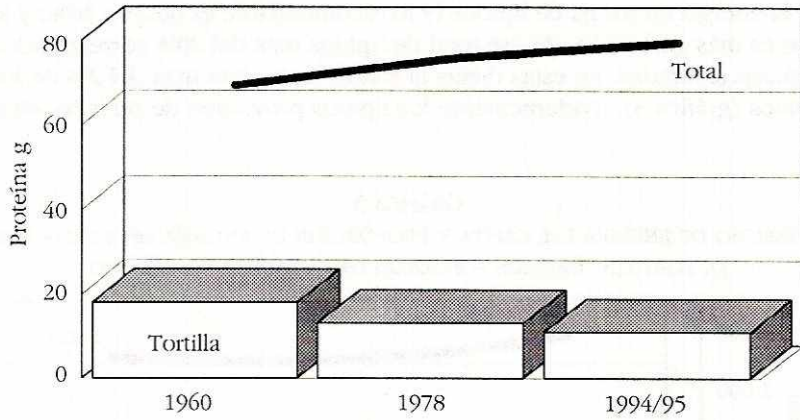


Rev. Invest. Clín. 1986 (supl.) 38:21-6
INNSZ-ENURBAL, 1995

el huevo y la leche; ambos productos han sido favorecidos por la política de control de precios, al tiempo que se ha informado a la población que una alimentación adecuada es comer "carne, leche y huevo".

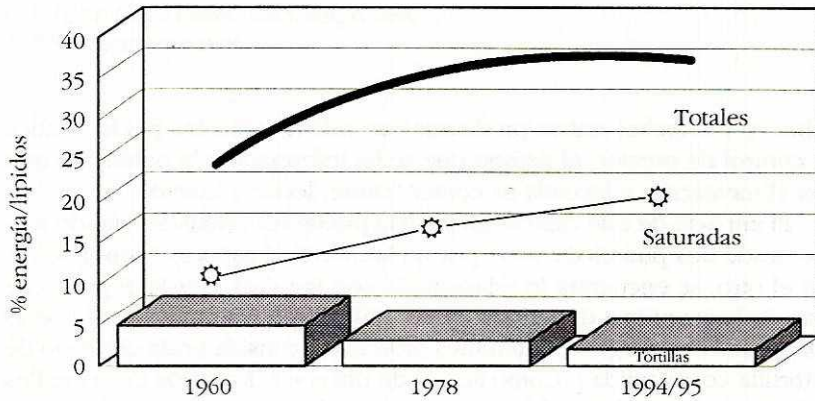
El impacto de este cambio en la dieta puede ser evaluado cuando menos desde dos puntos de vista: por un lado está el aspecto económico y, por el otro, se encuentra lo relacionado con la salud. Desde el punto de vista de la economía doméstica en las gráficas 4 y 5 se muestra el precio por unidad de energía de diferentes productos, considerando el precio de la tortilla como unidad. Como se puede observar, los otros dos cereales de la dieta nacional (pan blanco y trigo) por lo menos cuestan dos veces más que la tortilla, y los productos de origen animal registran precios entre 10 y 35 veces más por kcal de energía que la tortilla. El panorama no es muy distinto si la comparación se realiza en función del costo del gramo

GRÁFICA 4
 COSTO DE PROTEÍNA PER CÁPITA Y PROPORCIÓN DE
 PROTEÍNA APORTADA POR LA TORTILLA
 Barrios populares de la ciudad de México



Rev. Invest. Clín. 1986 (supl.) 38:21-6
 INNSZ-ENURBAL, 1995

GRÁFICA 5
 PROPORCIÓN DE LÍPIDOS TOTALES, SATURADOS
 Y DE LAS TORTILLAS PER CÁPITA
 Barrios populares de la ciudad de México

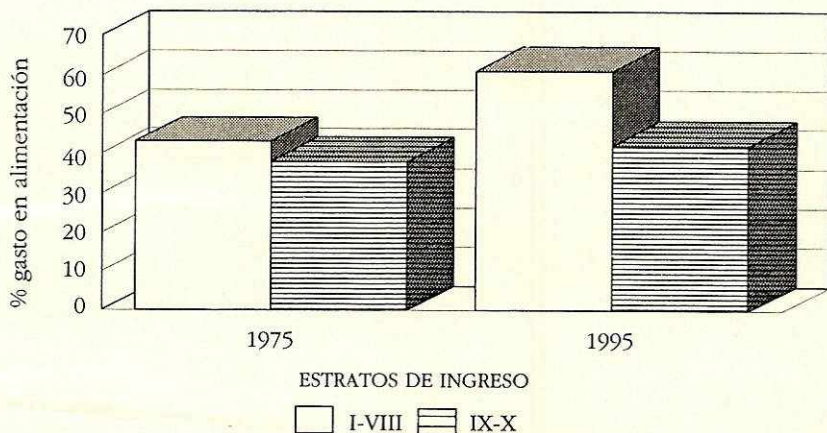


Rev. Invest. Clín. 1986 (supl.) 38:21-6
 INNSZ-ENURBAL, 1995

de proteína. En este caso se observa que el gramo de proteína del frijol es similar al costo de la tortilla/g proteína, mientras que el gramo de proteína de carne de res o de cerdo es cinco veces superior al costo de la tortilla.

¿Cuál es la traducción de estos costos en los gastos en alimentación de los diferentes sectores? En la gráfica 6 se puede observar que mientras en 1975 los estratos menos ricos de la población invertían el 48% de su ingreso en alimentación, en 1995 este mismo rubro consume cerca del 70% del ingreso, sin que la dieta sea de mejor calidad.

GRÁFICA 6
GASTO EN ALIMENTOS



COPLAMAR, *Necesidades esenciales (alimentación)*, 1975
INNSZ-ENURBAL, 1995

Desde el punto de vista de la salud, se puede observar cuál es la tendencia de mortalidad por causas en nuestro país. Por un lado llama la atención el notable descenso en la mortalidad por enfermedades infecciosas (diarrea y neumonía, principalmente), pero por otro lado también es sorprendente el incremento en la mortalidad por enfermedades crónicas (enfermedad isquémica, diabetes, hipertensión, cáncer, etcétera), todas ellas relacionadas con el sobrepeso y el elevado consumo de grasas saturadas. Lo anterior no significa que la disminución en el consumo de la tortilla sea la única causa del aumento en la mortalidad por enfermedades crónicas; éste se debe a múltiples factores en los cuales interviene tanto la genética como el medio ambiente. Pero, sin lugar a dudas, si rescatamos el papel de la tortilla en la dieta nacional, estaremos en condiciones de realizar una transición más sana hacia la modernidad.

OBRAS CONSULTADAS

- Bautroni, L. y A. Chávez (1986), Modernización de la dieta urbana y enfermedades cardiovasculares, *Rev. Invest. Clín.* **38** (supl):21-26, México.
- Instituto Nacional de la Nutrición (1995), *Encuesta urbana de alimentación y nutrición en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM)*, 67 p.

HARINA ENRIQUECIDA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO

*Olivia Carrión Hernández**

El maíz y la tortilla son la base de la alimentación del mexicano. Su consumo aumenta o disminuye de acuerdo con el ingreso de la familia. Así, se puede observar que en situaciones de crisis como la actual, el consumo se incrementa; puede rebasar los 500 g por persona al día en promedio, y en muchos casos es el único alimento.

Los doctores Adolfo y Miriam Chávez, en su libro *La nueva alimentación*, señalan que:

si se analizan las principales causas de muerte en México, es fácil encontrar que en ocho de las diez primeras está involucrada la mala nutrición: 1) muchos mexicanos mueren sin realmente haber vivido, por enfermedades del recién nacido, que tienen que ver con el bajo peso al nacer o inmadurez de sus órganos, los cuales en gran medida se relacionan con la mala nutrición de sus madres durante el embarazo; 2) también muchos mueren en la infancia como consecuencia de infecciones sencillas que provocan diarrea; o 3) por infecciones respiratorias, debido a que se asocian con la mala nutrición; y 4) por la desnutrición misma que todavía mata a muchos mexicanos sobre todo del medio rural.

Aunque el uso del maíz en la cocina mexicana le brinda un gran reconocimiento internacional, la realidad en su consumo diario, para un porcentaje alto de la población se convierte en una dieta monótona basada en tortillas y frijoles que no proporciona los suficientes nutrientes para un buen desarrollo físico y mental.

Lograr en poco tiempo y en forma radical un esfuerzo contundente en el abatimiento de la mala nutrición se puede obtener a través del reforzamiento de alimentos de consumo generalizado, como la tortilla.

* Distribuidora e impulsora comercial de CONASUPO, S. A. de C. V.

La experiencia de otros países demuestra que enriquecer alimentos con proteínas y micronutrientes es una alternativa viable que permite garantizar una mejor nutrición, en poco tiempo, en forma generalizada y a menor costo.

El trabajo previo a una política así ya ha sido realizado a través de investigaciones seguidas en el Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", y se ha determinado en gran medida cuáles son las deficiencias principales de las dietas en nuestro país.

Paralelamente, las limitaciones tecnológicas que impedían el enriquecimiento por cambiar sustancialmente el sabor y el olor de los alimentos, han sido superadas por medio de un método de molienda que microniza los granos de cereales y oleaginosas complementadoras de las características nutritivas del maíz.

Otro aspecto que se debe recalcar como favorable para la instrumentación del enriquecimiento es el desarrollo que en los últimos años han tenido las industrias de la harina de maíz nixtamalizada, que le permitió participar en el mercado nacional, durante 1994, con ventas de 2 000 921 toneladas, de las cuales la industria de la masa y la tortilla consumió 1 453 822, lo cual representa el 73%, y el programa rural de DICONSA. La harina subsidiada fue de 392 164 t, o sea el 20%.

Teniendo en cuenta estos tres aspectos principales y después de varios años de investigación, el Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" diseñó un enriquecedor que consiste en una mezcla de harina de soya integral micronizada con partículas semejantes provenientes de avena y arroz, que son dos cereales complementarios del maíz y sobre todo de la soya. Esta harina micronizada de soya, avena y arroz, en proporción del 10%, se mezcla con la harina de maíz nixtamalizada para obtener una mejora del 10% en la digestibilidad, 40% en la cantidad proteica y 70% en la calidad; la calidad organoléptica de la tortilla se beneficia en textura y elasticidad.

El enriquecedor también tiene agregados 7 micronutrientes: vitaminas A, C, riboflavina, niacina, ácido fólico, hierro y zinc, los cuales están agregados en cantidades necesarias para que en el consumo de seis tortillas diarias, se tenga el 100% de lo recomendado para contrarrestar las deficiencias de la dieta, sobre todo de la población rural.

Como se comentó anteriormente, a través del sistema DICONSA se distribuye la harina de maíz nixtamalizada a precios subsidiados, por lo que se concertó con las dos principales industrias (MASECA y MINSa) la realización de una prueba piloto de comercialización de la harina de maíz nixtamalizada y enriquecida, durante 3 meses, con un volumen de venta de 2 300 t. La diferencia en el costo del producto por el enriquecimiento sería absorbido por los proveedores en esta prueba, por lo que el precio de venta al público se mantendría igual al de la harina de maíz tradicional (1.10 el kilo).

El objetivo principal de esta prueba piloto es probar la aceptación de este nuevo producto, sobre todo en la población de un alto consumo de tortillas y cuyo paladar está más acostumbrado a la hecha con nixtamal que a la de harina.

Para fines de la prueba se solicitó a los proveedores que realizaran la presentación del producto en los almacenes rurales del sistema, con los encargados de tienda y representantes de las comunidades. En esas presentaciones se informó en qué consistía el enriquecimiento y se llevaron a cabo degustaciones. Posteriormente, se levantó una encuesta cuyos resultados se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Se encontró que el sabor era distinto pero con mayor parecido al de maíz.
2. El color también se encontró un poco más amarillo.
3. No se encontró olor.
4. La mayoría dijo que lo compraría y lo utilizaría en su familia.

Se detectó durante estas sesiones que vitaminas y proteínas eran como palabras mágicas, y las personas tomaban una posición favorable hacia el producto, al grado de comentar que sentían que la tortilla “caía como de más peso en el estómago”.

También se realizaron pruebas ciegas en dos almacenes comunitarios. En éstas se pusieron seis canastas de tortillas de la siguiente forma: en dos de ellas, tortilla enriquecida de MASECA y tortilla normal de la misma marca. En el segundo grupo, las dos de MINSA y en el tercero las dos enriquecidas. Los asistentes probaron cada una, sin ningún alimento y dejando un lapso más o menos de 20 minutos entre cada prueba.

Los resultados fueron: 55% a la tortilla de harina normal y 45% a la enriquecida. Cabe señalar que las tortillas fueron hechas a mano por distintas señoras, lo que da cierto sesgo a la prueba, pues el grosor, tamaño y cocimiento variaban.

Como se puede observar, el grupo de personas participantes se mostraron receptivas al producto enriquecido. El siguiente paso será ponerlo a la venta directa al público y evaluar el comportamiento del mismo en el mercado. Se seleccionaron seis diferentes regiones del país donde se distribuirá y dará seguimiento.

Es alentador tener un programa de ésta trascendencia casi a punto de implementarse, aunque todavía hay algunos problemas que deben tenerse presentes. Uno de ellos es el costo del enriquecimiento, que en el porcentaje requerido no debería encarecer tanto los productos. El proceso del enriquecedor es más o menos del orden de 4 200 toneladas, sin tener una producción en gran escala.

En el caso de la harina subsidiada se ha propuesto que el precio al

público sólo varíe entre un 10 al 12%. Para el financiamiento de diferencias se tendrían dos opciones:

1. Incrementar el subsidio.
2. Adicionar el enriquecedor en la proporción del importe de incremento en el precio.

Esta última alternativa no cumpliría con las expectativas de calidad nutricional del producto, pero se mejoraría en algo de todas formas.

Comparar el costo del enriquecimiento con lo que significa el gasto de programas de asistencia social y de salud, para grupos de población en extrema pobreza, hace que esto se convierta en la alternativa; pero no sólo para la harina de maíz subsidiada, sino para proponer el enriquecimiento de toda la producción de harina de maíz, hasta para aquella que es utilizada en los alimentos chatarra. Para que esto se convierta en una alternativa real, se requiere que exista la reglamentación y legislación correspondiente, que especifique la cantidad y calidad de proteínas y micronutrientes que deben adicionarse a la harina de maíz nixtamalizada y a la que se utiliza para el otro tipo de productos.

Para que este proyecto tan importante logre consolidarse, se requiere la formación de una organización no gubernamental, en la cual participen investigadores, la iniciativa privada y todas aquellas personas interesadas en el tema. Esta organización tendrá como objetivo inmediato recopilar toda la información para sustentar la iniciativa de ley sobre el enriquecimiento en alimentos de consumo generalizado, dando prioridad a la harina de maíz nixtamalizada.

Así se hará realidad el derecho a la alimentación que tanto se ha comentado.

OBRAS CONSULTADAS

- Chávez, Adolfo y Miriam (1995), *La nueva alimentación*, Procuraduría Federal del Consumidor-Editorial Pax, México.
- Apuntes de reuniones con el Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", 1995.

ENRIQUECIMIENTO DE NUTRIENTES EN HARINA DE MAÍZ

*Roberto Contreras Medellín**

Los principios básicos para la elaboración de tortillas se han conservado en nuestra cultura desde tiempos pasados. Su origen se remonta a 2 000 años y culmina en las culturas azteca y maya de la época precolombina. Probablemente el avance industrial más significativo ha sido el de la producción de harinas de maíz nixtamalizadas, las cuales se caracterizan por ser un producto con alta vida de anaquel. El consumo de la harina de maíz ha venido aumentando en los últimos años debido a que industrialmente ahorran en equipo, mano de obra, espacio de planta, tiempo de proceso y reducen notablemente problemas ecológicos, de contaminación atmosférica y aguas residuales, lo mismo que en el nivel del consumidor de la harina para producir tortillas.

El uso industrializado y comercial de la harina de maíz nixtamalizado se inicia a mediados de este siglo y en los últimos 20 años se han generado un conjunto de nuevos desarrollos de procesos para harina de maíz nixtamalizada, que en general se pueden clasificar en: proceso tradicional, proceso de compresión y proceso de extrusión. En la actualidad los procesos de extrusión y de compresión se han descartado en la producción de esta harina para tortilla, debido a sus efectos de dextrinización y bajas características maquinables en tortilladoras, así como baja calidad en las tortillas en cuanto a color, textura y sabor, además de su alto costo.

El proceso tradicional para harina de maíz nixtamalizada donde se emplea maíz-cal-agua como materia prima, ocasiona una pérdida de sólidos de maíz durante su cocimiento, debido a una lixiviación o extracción de sólidos que se solubilizan o suspenden como partículas que se quedan en

* Gerente de investigación y desarrollo de Desarrollo Industrial y Tecnológico, S.A. de C.V.

El gobierno federal, a través de DICONSA, está desarrollando el programa de alimentos nutritivos para la población mexicana de bajos recursos. En apoyo a DICONSA, MASECA está cooperando, al igual que otras harineras de maíz, en el programa de fortificación. MASECA agradece que DICONSA la incluya en su programa nutricional, pues el esfuerzo que realiza es digno de alabarse.

la fase acuosa, y al separarse del grano de maíz, se desechan como agua residual llamada *nejayote*.

En la tabla 1 se presenta el análisis de sólidos en el *nejayote*. Debido a que el porcentaje de merma en el proceso es bajo (2% a 4% aproximadamente) los principales cambios que sufre el maíz en cuanto a composición química cuando se transforma en harina, y a su vez en tortilla, incluyen un menor contenido en fibra cruda y dietética y de aceite debido a las pérdidas de pericarpio y germen que sufre el grano durante la nixtamalización y lavado. La harina y las tortillas contienen cantidades similares al grano original en cuanto a proteína, carbohidratos y cenizas prácticamente. Sin embargo, esta última fracción (cenizas) pierde minerales por lixiviación y pericarpio, y por otra parte gana por absorción cantidades significativas de calcio durante la nixtamalización.

También se puede observar que se pierde una pequeña porción de las vitaminas solubles en agua como algunas del complejo B.

En términos prácticos, la harina de maíz, y por lo tanto la tortilla, tienen un valor proteico nutricional semejante al grano de maíz. Sin embargo, el factor que hace que el maíz, la harina y la tortilla tengan una baja calidad proteica en relación con la carne, leche y huevo es que contiene bajas cantidades de los aminoácidos lisina y triptófano (Serna-Saldívar *et al.*, 1990).

TABLA 1

Caracterización de agua residual (Nejayote)			
Temperatura	60	°C	
pH	11.5		
Sólidos totales	1.35	%	
Sólidos suspendidos totales	0.01	%	
Sólidos sedimentables	450	ml/l	
Conductividad	14 000	mohms/cm	
Demanda química de oxígeno	26 500	mg/l	
Demanda bioquímica de oxígeno	21 000	mg/l	
Análisis de sólidos B.S.			
Carbohidratos	65.00%		
Proteínas	10.90%		
Lípidos	3.20%		
Fibra	2.90%		
Ceniza	18.00%		
Vitaminas (mg/kg)		Minerales	
Tiamina	0.20	Calcio	1.70%
Riboflavina	0.19	Fósforo	0.10%
Niacina	5.16	Fierro	0.50%

La razón de eficiencia de proteína (PER) y el valor biológico (BV) de la proteína de maíz (0.9% y 4.5%) es aproximadamente la mitad de los valores reportados para la carne, leche y huevo.

Numerosos experimentos han demostrado que la adición de pasta de soya integral, harina de soya desgrasada, y/o leche, concentrados y aislados de soya y productos de cereales suben notoriamente el valor proteico nutricional (Bressani *et al.*, 1974; Bressani *et al.*, 1979; Serna-Saldívar *et al.*, 1988, 1993). Cuando hay más de un 8% de soya, se detectan cambios de sabor y color de la tortilla con harina fortificada.

El objetivo de este trabajo es presentar un proceso de fortificación y comparar el valor nutritivo entre harina de maíz fortificada y harinas de maíz normales, haciendo énfasis en la calidad proteica. La fortificación se hace con harina de soya desgrasada al 7.0% y con un 0.016% de premezcla de hierro, tiamina, riboflavina y niacina.

EL PROCESO DE FORTIFICACIÓN

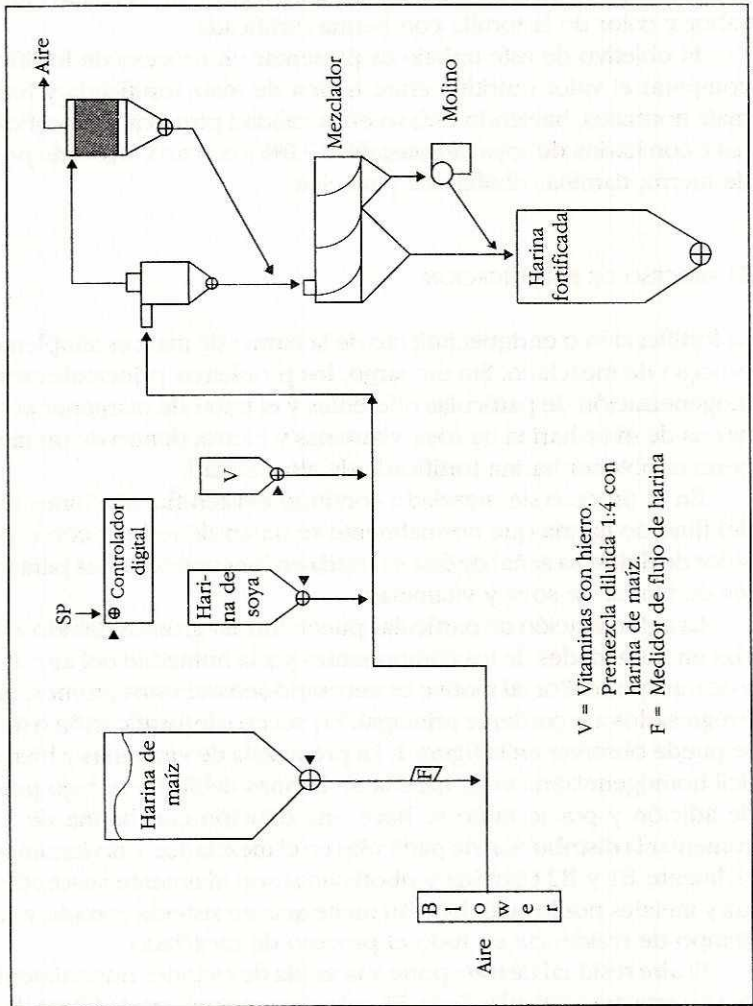
La fortificación o enriquecimiento de la harina de maíz es simplemente un proceso de mezclado. Sin embargo, los problemas principales son la homogeneización de partículas diferentes y el tratar de mantener la relación harina de maíz-harina de soya-vitaminas y hierro, dentro de un rango que permita obtener harina fortificada de alta calidad.

En el proceso de mezclado continuo existen fluctuaciones naturales del flujo de harina que normalmente se tratan de reducir con un controlador de flujos. La señal de éste es usada en los controladores para modular los de harina de soya y vitaminas.

La aglomeración de partículas puede formar grumos debido a diferencias en humedades de los componentes y a la humedad del aire ambiente y de transporte. Por tal motivo es necesario separar estos grumos, molerlos y regresarlos a la corriente principal. El proceso de fortificación o mezclado se puede observar en la figura 1. La premezcla de vitaminas y hierro es difícil homogeneizarla en la mezcla de harinas debido a su bajo porcentaje de adición y por lo tanto se hace una dilución con harina de 1:4 para aumentar la distribución de partículas en el mezclador. Las vitaminas, especialmente B1 y B2 (tiamina y riboflavina) son altamente susceptibles a la luz y metales por lo cual deberán manejarse en sistema cerrado y con bajo tiempo de residencia en todo el proceso de mezclado.

El aire residual de transporte a la salida de ciclones normalmente "polvea" o arrastra partículas finas. En este caso se requiere de filtros de manga para reducir la pérdida de éstas y no contaminar la atmósfera.

FIGURA 1
 PROCESO DE FORTIFICACIÓN



COMPARACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO EN LAS HARINAS

En la tabla 2 se muestran los análisis de harinas. La fortificada produce una tortilla enriquecida con un mayor porcentaje de humedad y por lo tanto el rendimiento es ligeramente mayor (más tortillas por kilogramo de harina nixtamalizada fortificada); 1.26 l agua/kg harina *versus* 1.29 l agua/kg harina fortificada aproximadamente.

Estos efectos mejorantes de la harina de soya en rendimiento y suavidad fueron observados antes por Serna-Saldívar *et al.*, (1988) en pan de mesa; por González-Agramón y Serna-Saldívar (1988) en tortilla de harina de trigo y por Bressani *et al.* (1974, 1979) y Serna-Saldívar (1995) en tortilla de maíz.

La harina fortificada muestra un mayor valor de proteína, cenizas y fibra cruda que la de maíz normal. Ello se debe a que en la soya estos compuestos se encuentran en mayor proporción que en la de maíz nixtamalizada. La fortificada presenta un 2% más de proteína. En particular Serna-

TABLA 2A
COMPOSICIÓN QUÍMICA NUTRICIONAL DE HARINAS NIXTAMALIZADA
REGULAR Y FORTIFICADA/ENRIQUECIDA

Nutriente	Maseca regular Harina	Maseca Fortificada/enriquecida Harina
Humedad (g)	10.4	10.4
Energía (cal)	368	366
Grasa (g)	3.2	3.7
Fibra cruda (g)	0.9	1.1
Cenizas (g)	1.2	1.4
Carbohidratos (g)	75.9	73.2
Proteína (g)	8.4	10.5
Aminoácidos (%):		
Lisina	0.25	0.39
Triptófano	0.034	0.041
Minerales:		
Calcio (mg)	106	98
Hierro (ppm)	11.5	44.5
Vitaminas:		
B1 (mg)	0.36	0.89
B2 (mg)	0.11	0.38
Niacina (mg)	1.33	4.17

TABLA 2B

Nutriente	Maseca regular		Maseca fortificada/enriquecida	
	Harina	Tortilla	Harina	Tortilla
Humedad (g)	10.4	42	10.4	***
Energía (cal)	368	236	366	***
Almidón (g)	73.8	42.8	66.7	***
Grasa (g)	3.2	2.7	3.7	3
Fibra cruda (g)	0.9	0.6	1.1	1
Cenizas (g)	1.2	0.8	1.4	1
ELZ (g)	75.9	48.5	73.2	***
Proteína (g)	8.4	5.4	10.5	7
Aminoácidos (%):				
Fenilalanina	0.41	0.27	0.5	0
Histidina	0.28	0.18	0.31	0
Isoleucina	0.29	0.19	0.38	0
Leucina	1.12	0.73	1.17	1
Lisina	0.25	0.16	0.39	0
Metionina	0.19	0.12	0.23	0
Treonona	0.32	0.21	0.38	0
Triptófano	0.034	0.02	0.041	0
Valina	0.4	0.26	0.49	0
Minerales:				
Calcio (mg)	106	68	98	***
Fósforo (mg)	285	182	290	***
Magnesio (mg)	102	65	111	***
Sodio (mg)	325	208	295	***
Potasio (mg)	315	202	440	***
Hierro (mg)	11.5	7.4	44.5	***
Zinc (ppm)	20.5	13.1	22.5	***
Cobre (ppm)	1	0.6	1	1
Manganeso (ppm)	5.5	3.5	7	5
Vitaminas:				
Vit. B1 (mg)	0.36	0.23	0.89	1
Vit. B2 (mg)	0.11	0.07	0.38	0
Niacina (mg)	1.33	0.86	4.17	3

Saldívar (1995) reporta que la lisina y triptófano aumentan un 56% y un 20%, respectivamente en la harina de maíz (con formulación semejante). El porcentaje de hierro en ésta es casi cuatro veces mayor que en la normal (tabla 2).

Por supuesto, el fortalecimiento en la harina de maíz nixtamalizado aumenta los valores de la vitamina del complejo B (tabla 2), aproximadamente tres veces más en comparación con la regular. La adición de estas vitaminas es indudablemente benéfica ya que el maíz las pierde parcialmente durante el proceso de nixtamalización.

Serna-Saldívar (1995), usando una formulación similar (tabla 3), presenta la comparación entre tortilla de harina fortificada y carne y su por-

centaje de aportación en dieta recomendada para niños. El consumo de 100 g de tortilla fortificada aporta la mitad de proteína, lisina y triptófano, requeridos por un niño para su crecimiento óptimo.

CONCLUSIONES

El proceso de enriquecimiento de nutrientes en la harina de maíz nixtamalizada puede realizarse en forma continua, con un mezclado y homogeneizado con alta distribución de partículas. Debido a que el aumento de proteína en la harina enriquecida es del 2% se concluye que el proceso de mezclado continuo deberá de mantenerse dentro de un rango de fluctuaciones mínimas (de 7.7 % a 6.3%).

La harina de maíz fortificada con soya, enriquecida con hierro y vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina y niacina) tiene un valor nutricional mucho mayor que la normal. La tortilla hecha con esta harina fortifica-

TABLA 3
 APORTACIÓN DE NUTRIENTES (% RDA PARA UN NIÑO)
 DE UNA PORCIÓN DE 5 TORTILLAS (150 G) REGULARES Y DE TORTILLAS
 FORTIFICADAS/ENRIQUECIDAS EN COMPARACIÓN CON UNA
 PORCIÓN IGUAL DE CARNE

Nutriente	Requerimiento diario	Tortilla		
		Regular	Fortificada/ enriquecida	Carne
Calorías	1 300	27.50%	26.70%	27.30%
Proteína	26 g	31.20%	47.90%	115.00%
Aminoácidos:				
Lisina	0.832 g	28.80%	45.10%	465.10%
Triptófano	0.163 g	18.40%	22.10%	322.10%
Minerales:				
Calcio	800 mg	12.70%	11.80%	2.40%
Fósforo	800 mg	34.20%	34.80%	44.00%
Hierro	15 mg	7.40%	28.50%	37.00%
Vitaminas:				
Tiamina	0.7 mg	49.30%	120.00%	21.40%
Riboflavina	0.8 mg	13.10%	45.00%	56.30%
Niacina	9.0 mg	14.30%	43.80%	45.50%

(Serna-Saldívar, S. O., 1995)

da, puede ser muy importante para incrementar la nutrición o mejorar el estatus nutricional de grupos de mexicanos con un bajo poder adquisitivo.

REFERENCIAS Y OBRAS CONSULTADAS

- Bressani, R., B. Murillo y L. G. Elias (1974), Whole soybeans as a means of increasing protein and calories in maize based diets, *J. Food Sci.* **39**:507-580.
- Bressani, R., J. B. Braham, L. G. Elias y M. Rubio (1979), Further studies on the enrichment of lime treated corn with whole soybeans, *J. Food Sci.* **44**:1707-1710.
- González-Agramón, M. M. y S. O. Serna-Saldívar (1988), Effect of defatted soybean meal and soybean isolate on the nutritional, physical, chemical, and organoleptic properties of wheat flour tortillas, *J. Food Sci.* **53**:793-797.
- Serna-Saldívar, S. O., R. Canett, J. Vargas, M. González y S. Bedolla (1988), Effect of soybean and sesame addition on the nutritional value of maize/dehulled sorghum tortillas produced by extrusion Cooking, *Cereal Chem.* **65**:44-48.
- Serna-Saldívar, S. O., M. H. Gómez, y L. W. Rooney (1990), The chemistry, technology and nutritional value of alkaline-cooked corn products. **En:** *Advances in Cereal Sci. & Technology*, Y. Pomeranz (ed.), American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, vol. 10, cap. 4, pp. 201-203.
- Serna-Saldívar, S. O., R. D. Wansika y L. W. Rooney (1993), Wheat and corn tortillas. **En:** *Encyclopedia of Food Sci., Food Technology and Nutrition*, R. Macrae, R. Robinson y M. Sadler (eds.), Academic Press, Londres, pp. 121-124.
- Serna-Saldívar, S. O. (1995), Comparación del valor nutritivo de tortillas de maíz regulares y fortificadas y enriquecidas con harina de soya, hierro, tiamina, riboflavina y niacina, Reporte ITESM, Monterrey, NL, pp. 1-6.

EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA TORTILLA DE MAÍZ

Griselda Vázquez Carrillo,
Yolanda Salinas Moreno**

En México, el maíz en forma de tortilla se consume desde tiempos ancestrales y durante generaciones ha sido el principal componente en la dieta diaria del mexicano. Pese a esto, se desconocen los atributos que definen tanto la calidad del maíz destinado a la obtención de este bien de consumo, como los que definen la calidad de la tortilla misma.

Ante este panorama, es necesario rescatar y resaltar los atributos de calidad nixtamalera-tortillera que poseen los maíces nacionales, que han sido adaptados por los agricultores mexicanos para este fin, durante generaciones.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), consciente de la necesidad de desarrollar híbridos y variedades de maíz que contemplen los aspectos agronómicos, tecnológicos y nutricionales, ha dado un especial apoyo a la consolidación del Laboratorio Nacional de Maíz, cuyos objetivos son:

- Apoyar en los análisis de calidad al fitomejorador
- Contribuir al conocimiento de los caracteres responsables de la calidad nixtamalera-tortillera del grano de maíz

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GRANO DE MAÍZ RELACIONADAS CON SU CALIDAD NIXTAMALERA-TORTILLERA

Entre las características más estudiadas del grano por su relación con la calidad de la tortilla, se halla la dureza; según coinciden varios autores, se relaciona con: los requerimientos de cocción del maíz durante la nixtamalización (Bazúa *et al.*, 1978; Buendía, 1981; Ochoa, 1981; Trejo-González *et al.*,

¹ Investigadoras del Laboratorio de Maíz. Campo Experimental Valle de México, INIFAP-SAGAR.

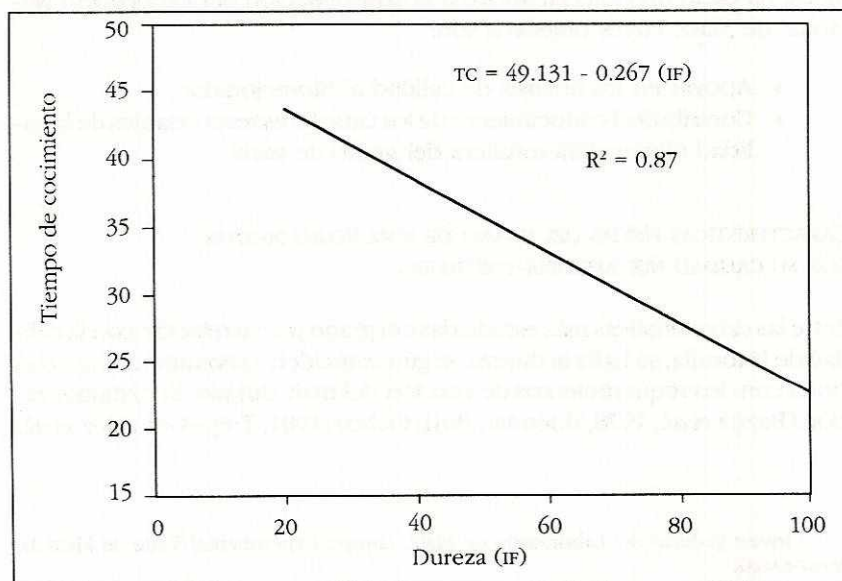
1982; Bedolla, 1981); con la estabilidad en el procesamiento (Serna-Saldivar *et al.*, 1978; Trejo-González *et al.*, 1982; Cortez y Wild-Altamirano, 1972; Salinas y Arellano, 1989); y con la susceptibilidad al rompimiento y manejo mecánico (Watson, 1987).

Con respecto a la relación entre tiempo de nixtamalización y dureza, se ha establecido que, en general, los maíces suaves requieren tiempos de nixtamalización inferiores a los demandados por los maíces duros, atribuidos a la estructura y composición del endospermo. En los duros, los granulos de almidón se hallan inmersos en una densa matriz proteínica que los rodea completamente, la cual hace que el endospermo de éstos sea más compacto que en los suaves, por lo que la penetración del agua hacia los granulos de almidón se dificulta más que en los maíces suaves (Watson, 1987; Salinas y Arellano, 1989).

De acuerdo con el trabajo desarrollado por Gómez (1993) es posible predecir el tiempo de nixtamalización adecuado para un maíz sobre la base de su dureza, medida ésta mediante la técnica de índice de flotación. En la figura 1 se ilustra tal relación y el modelo propuesto.

La estabilidad al procesamiento se halla asociada con las características anatómicas y estructurales del endospermo. Salinas *et al.* (1993), encontraron que el maíz duro es más estable al procesamiento que el maíz suave o de endospermo fragmentado. Los autores evaluaron estas características

FIGURA 1
RELACIÓN ENTRE DUREZA (IF) Y TIEMPO DE COCIMIENTO



en términos de la viscosidad máxima, donde mostraron que en el maíz duro la variable se redujo sólo un 16%, cuando el tiempo de nixtamalización pasó de 20 a 40 minutos, mientras que en los maíces suaves la reducción fue de 40% (cuadro 1). Según Serna-Saldívar *et al.* (1987), un maíz de calidad para consumo humano debería tener esta característica de estabilidad al procesamiento.

El efecto de la dureza del maíz sobre la calidad de la tortilla es un aspecto poco claro, sobre todo porque en los trabajos publicados las técnicas de nixtamalización y evaluación de la calidad tortillera son diferentes entre un trabajo y otro, lo que impide la comparación de resultados. Empleando el método tradicional, autores como Cortez y Wild-Altamirano (1972) encontraron que de los maíces con mayor proporción de endospermo cristalino se obtienen las mejores tortillas. Por su parte, Bazúa *et al.* (1978) y Buendía (1981) manifiestan que los maíces suaves producen las mejores tortillas, mientras que Salinas y Arellano (1989) señalan que tanto los suaves como los duros producen tortillas de calidad.

CUADRO 1
VALORES DEL VISCOAMILOGRAMA DE MUESTRAS DE MAÍZ NIXTAMALIZADAS
CON DIFERENTES TIEMPOS

Variables	Maíces								
	H-28			Pepitilla			Importado		
	20	30	40	20	30	40	20	30	40
	(min)			(min)			(min) ¹		
VM(UB)	250	230	210	310	250	222	300	260	180
VF(UB)	420	400	360	470	420	380	470	420	290
TIG(C)	71	70	75	74	76	77	75	74	73

VM: Viscosidad máxima a 95°C

VF: Viscosidad final a 50°C

TIG: Temperatura inicial de gelatinización

UB: Unidades Brabender

1: Los tiempos de cocimiento fueron 20, 30 y 40 minutos.

Cuando la evaluación se realiza empleando el método industrial, se consideran factores tales como la integridad del grano durante el proceso y la pérdida de sólidos. Otros criterios, como facilidad de desprendimiento de pericarpio y de cocción, facilidad de manejo de la masa en la tortilladora mecánica, formación de ampolla y rendimiento tortillero, también son considerados. En trabajos donde se ha intentado reproducir las condiciones del proceso industrial, se concluye que los maíces duros son los mejores

para la preparación de tortillas (Pflugfelder *et al.*, 1988a y 1988b) y consideran tecnológica en esta evaluación variable.

La integridad del grano es otro aspecto a tomar en cuenta en la calidad del maíz para preparación de tortillas. Los granos rotos o con fisuras en su endospermo en el momento de la nixtamalización, son susceptibles de sufrir grandes pérdidas de materia seca y una sobregelatinización del almidón, lo que provoca menores rendimientos de harina y baja calidad del producto final (Pflugfelder *et al.*, 1988; Jackson, *et al.*, 1988). Asimismo, los maíces con tales características son muy sensibles al procesamiento, de ahí que requieran tiempos de nixtamalización exactos para obtener productos de calidad (Salinas, *et al.*, 1993).

El color del grano representa otra característica física que guarda relación con la calidad de la tortilla en términos de la aceptación por parte del consumidor, ya que en aspectos como suavidad, tersura, facilidad de enrollado y sabor, el color no es determinante.

Aunque el color del grano define en primera instancia el de la tortilla, existen otros aspectos menos estudiados que se relacionan con las características del pericarpio y que están asociados con la intensidad con que esta estructura se colorea al ponerse en contacto con el álcali, durante la nixtamalización. Asimismo, el porcentaje de pericarpio remanente después de la nixtamalización, afecta en forma importante el color de la tortilla; e incluso en algunos maíces es más determinante que el color del grano (Salinas y Pérez, 1995).

En el cuadro 2 puede apreciarse que de los maíces V-531 y HS-5, con un índice de color de 73, que indica un grano más blanco, se obtuvieron tortillas tan blancas como las producidas con los maíces criollo tuxpeño y A-775, cuyo grano presentó un índice de color más bajo. Estos resultados se atribuyen a las diferencias en la variable pericarpio remanente, que en los maíces V-531 y HS-5 fue mayor lo que indica un mayor porcentaje de pericarpio adherido al grano después de la nixtamalización.

El tipo de pericarpio del grano ha venido a ser considerado otro parámetro de calidad en el maíz. Sobre esta estructura importa tanto su espesor como la facilidad para desprenderlo. La forma en que las características del pericarpio impactan la calidad de la tortilla no se ha definido; sin embargo, se acepta que los maíces para el procesamiento deberían tener esta característica que, según Serna-Saldívar *et al.* (1990), es heredable y de fácil evaluación por un método alcalino.

El pericarpio representa la primera barrera mecánica a la entrada de agua y calcio hacia el interior del grano de maíz, durante la nixtamalización. Esta estructura formada por celulosa, hemicelulosa y lignina, (Watson, 1987) es solubilizada por la acción del álcali y parcial o totalmente desintegrada en el proceso. Es el pericarpio solubilizado el que le imparte a la masa sus características reológicas de cohesividad y plasticidad, por lo que la eliminación total de este componente conduce a la obtención de masas sueltas

CUADRO 2
VALORES DE PERICARPIO REMANENTE Y COLOR DE GRANO Y TORTILLA
EN MAÍCES COMERCIALES

Variable	V-531	Criollo HS-5	Tuxpeño	A-775
Color de grano ¹	73.0	73.0	71.1	68.6
Pericarpio remanente ²	3	3.5	2	2
Color de tortilla	68.3	69.6	69.7	67.3

¹ Se expresa como un índice de color, donde a mayor valor corresponde un producto más blanco.

² Se usó una escala subjetiva de 1 a 5, donde 1 = menos del 20% de pericarpio remanente; 5 = más del 80% de pericarpio remanente.

y poco moldeables (Vaqueiro, 1988, comunicación personal). Esta aseveración ha sido comprobada experimentalmente en el Laboratorio de Maíz, en donde las pruebas realizadas han mostrado que el pericarpio solubilizado también contribuye a la humedad en la masa y la tortilla, ya que en aquellos tratamientos en los que se eliminó esta estructura se presenta una humedad inferior.

Si bien es cierto que la industria de harina nixtamalizada prefiere maíces que retengan poco pericarpio después de la nixtamalización, lo es también el hecho de que maíces con valores de pericarpio remanente muy bajos (menor del 20%) produjeron harinas con malas características de cohesividad y plasticidad.

Es necesario añadir que técnicamente este problema se puede superar con el uso de algún aditivo como gomas o carboximetilcelulosa (CMC); sin embargo, esto significa renunciar al aporte de fibra que tradicionalmente ha representado el consumo de tortilla.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL GRANO DE MÁIZ RELACIONADAS CON SU CALIDAD NIXTAMALERA-TORTILLERA

La composición química del grano de maíz se halla estrechamente ligada con sus propiedades físicas. Así, la dureza del grano guarda una relación directa con el contenido de proteína (Buendía, 1981; Salinas *et al.*, 1992) y con la proporción de las fracciones amilosa y amilopectina en el almidón (Kruger y Murray, 1979).

En relación con el contenido de proteína, Vázquez *et al.* (1990) evaluaron la calidad proteínica del maíz criollo Pepitilla y un compuesto de

éste y observaron que las mazorcas más pesadas produjeron los granos de mayor densidad y a su vez éstos presentaron el mayor contenido de lisina y triptófano. En las tortillas del compuesto se tuvo un porcentaje de proteína de 9%, en tanto que la tortilla comercial mostró un valor de 6.2%.

Existen también diferencias en cuanto al valor nutritivo del grano entre los maíces blancos nacionales y los amarillos. En el estudio de Vázquez (1990) se observó un valor de proteína de 10.2% para los blancos, mientras que en los amarillos el porcentaje fue de 8.2%. Asimismo, los blancos resultaron superiores en cuanto al contenido de los aminoácidos esenciales triptófano y lisina (cuadro 3).

El contenido de proteína en el grano de maíz se integra por las fracciones: albúmina, globulina, glutelina y prolamina. La prolamina más im-

CUADRO 3
CALIDAD PROTEICA DE MAÍCES BLANCOS Y AMARILLOS

Identificación	Proteína ¹ %	Triptófano ² %	Lisina ² %
<i>Blancos mexicanos</i>			
Sint. Exp. 69	9.1	.082	.335
VS-409	11.0	.120	.371
Llera 3	10.3	.099	.377
H-422	10.9	.080	.407
H-433	10.0	.075	.375
Tuxpeño	10.5	.100	.422
Pepitilla	9.6	.081	.466
	X 10.2	.091	.393
<i>Blanco extranjero</i>			
WCF H-814W	8.8	.081	.387
<i>Amarillos extranjeros</i>			
PAG 379			
	8.4	.091	.335
WAC 922	7.9	.086	.379
Pay Master 9427	7.2	.086	.337
MCF H-7120	7.1	.074	.320
Grower 4131	6.8	.091	.353
Wagner	7.9	.089	.272
Pionner 3165	8.9	.083	.321
Pay Master 3165	8.9	.083	.321
Pionner 3147	8.1	.082	.318
	X 8.2	0.083	0.324

¹ BS N x 6.25

² En 100 g muestra

portante es la zeína, que representa alrededor del 40% de la proteína total. Esta fracción tiene el inconveniente de que su estructura posee niveles muy bajos de los aminoácidos lisina y triptófano, lo que hace que la proteína del maíz sea de mala calidad nutricional (Misra *et al.*, 1975).

La participación de estas fracciones en la calidad de la tortilla no se conoce con precisión. Cortez y Wild-Altamirano (1972) señalaron que las tortillas de maíces duros presentaban una elasticidad particular, asociada con el contenido de la fracción glutelina.

En la masa de maíz, las proteínas parcialmente desnaturalizadas actúan como elementos cementantes, en unión de los gránulos de almidón gelatinizados y rotos durante la molienda (Paredes-López y Saharopulos, 1982).

El almidón es el componente mayoritario del grano de maíz; los valores promedio se ubican entre 70-72% (Watson, 1987) y en la elaboración de tortillas reviste gran importancia ya que se le considera el responsable de las propiedades reológicas y de textura, que definen la calidad del producto final (Robles, 1986). Durante la nixtamalización, el almidón sufre modificaciones importantes entre las que sobresale la parcial gelatinización de los gránulos que determina las características reológicas de la masa. Ligada a esta gelatinización se da un aumento en la solubilidad del almidón y en la capacidad de hinchamiento de los gránulos que conduce a tener índices de absorción de agua considerablemente mayores en el almidón nixtamalizado con respecto al crudo.

En las figuras 2 y 3 se pueden apreciar las diferencias que efectúan para estas variables entre almidones crudos y nixtamalizados obtenidos de maíces con diferente grado de dureza.

FIGURA 2

ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA EN ALMIDONES CRUDOS Y NIXTAMALIZADOS

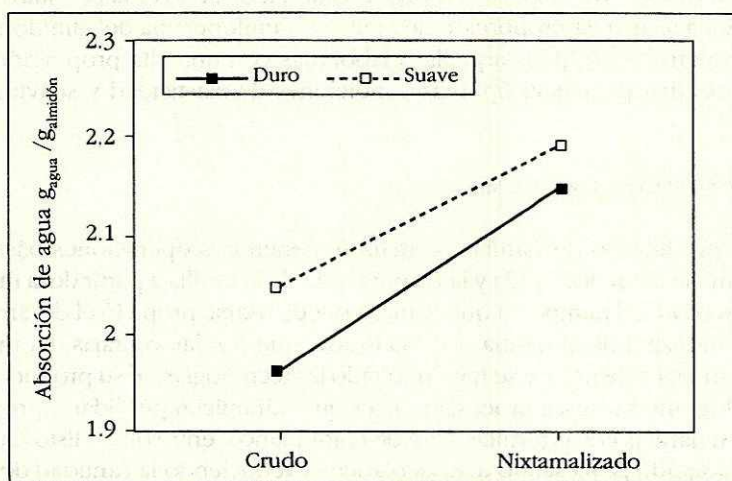
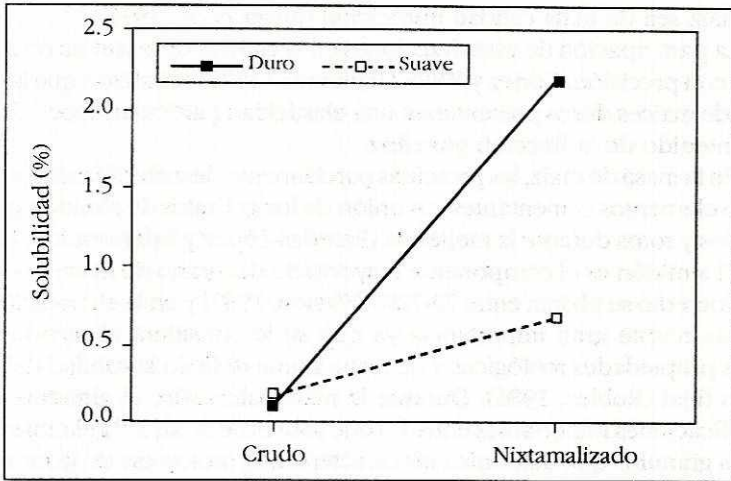


FIGURA 3

ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN ALMIDONES CRUDOS Y NIXTAMALIZADOS



La proporción de las fracciones amilosa y amilopectina en el almidón tienen gran relevancia sobre las características reológicas tanto del almidón como de la masa. Jane y Chen (1992) mostraron que los geles del almidón con un alto porcentaje de amilosa poseían una viscosidad y firmeza mayor que la observada en geles en los que la fracción aumentada era la amilopectina. En cuanto a la masa, Gómez (1993) y Salinas *et al.* (1993) mencionan que el pico de viscosidad máxima es menor en las masas de maíces duros, con respecto a la observada en la de los maíces suaves.

En la tortilla, la proporción de amilosa y amilopectina del almidón tiene un gran efecto, pues aquellas elaboradas con una alta proporción de amilopectina presentan óptimas condiciones de elasticidad y suavidad.

TECNOLOGÍA DEL USO DEL MAÍZ

En la producción de tortillas de maíz se tienen tres operaciones básicas: nixtamalización, molienda y la manufactura de la tortilla a partir de la masa; la brevedad del tiempo en que la masa puede usarse propició el desarrollo de la industria de la harina nixtamalizada, que por las ventajas, ha incrementado su consumo, y se han innovado las tecnologías de su producción. Para lograrlo se busca procesar maíces que minimicen pérdidas y proporcionen harinas cuyas tortillas sean de color blanco, entre otros. Esto último se ha logrado procesando maíces blancos y reduciendo la cantidad de cal,

así como la adición de fibra sintética, con lo cual se obtienen tortillas más suaves y blancas.

La tortilla, por su alta actividad acuosa ($a_w = 0.96$) es muy sensible al ataque de microorganismos (hongos, levaduras y bacterias), lo que aunado a la reducción de su alcalinidad ($pH = 6.5$) y la contaminación debida a las pobres condiciones sanitarias bajo las que se elaboran las tortillas, reduce la vida de anaquel de este producto.

En climas templados, las tortillas obtenidas siguiendo el proceso tradicional tienen una vida de anaquel de tres días, y se logra incrementar este periodo con el uso de refrigeración, conservadores y acidificantes, hasta por 60 días.

En los últimos años han aparecido en el mercado nacional diferentes marcas de tortillas empacadas, las cuales contienen conservadores. Sobre estos productos químicos se desconoce cuáles se permiten para consumo humano y cuál es su efecto cuando se adicionan a un producto que se consume tres veces al día y en cantidades significativas (aproximadamente 10 tortillas/adulto/día, área urbana).

Como primer punto, se establecieron los atributos sensoriales de una tortilla de maíz elaborada bajo el método tradicional, utilizando el Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC). Se entrenó un panel de catadores de tortillas, que finalmente estuvo constituido por 10 jueces. Una vez comprobado que los panelistas trabajaban como grupo y de manera consistente, se procedió a la evaluación, y se encontró que los atributos que describen con mayor aproximación una tortilla típica obtenida bajo el método tradicional son: enrollamiento, aroma a maíz fresco, aroma a nixtamal, humedad, dureza, sabor a cal, sabor a dulce, elasticidad y adhesividad en el paladar (Vázquez, *et al.*, en prensa). Al hacer la evaluación sensorial de tortillas hechas por un ama de casa (método tradicional casero) y otras obtenidas en una tortillería que sigue el método tradicional, se encontró que estadísticamente no existen diferencias en los parámetros de: adhesividad en el paladar y elasticidad; en las variables de aroma a maíz fresco, enrollamiento, aroma a nixtamal, humedad, dureza y sabor a cal fue mejor la tortilla casera, la cual también tuvo una mayor calificación de sabor dulce, que aparentemente se asocia más a lo característico de la tortilla.

La siguiente evaluación consistió en comparar tortillas caseras, comerciales obtenidas con el método tradicional y de harina nixtamalizada (muestras A y B). A estas últimas los jueces entrenados les adjudicaron características diferentes a las anteriores como: aroma a pinole y a maíz almacenado por largo tiempo. No obstante, fueron calificadas como aceptables, principalmente por su color más blanco.

En el trabajo desarrollado por Rosas (1995), se evaluó la adición de conservadores como: hidróxido de calcio, propionato de calcio, propionato de sodio, sorbato de potasio, delvodic y propilparabenceno, en proporciones desde 0.2 hasta 0.8%, empleando niveles de acidificación de 0.55% con

ácido cítrico. El efecto de los productos investigados sobre la conservación de las tortillas se evaluó registrando el tiempo en el que aparecía el deterioro visible, así como el porcentaje (cuadro 4). Los resultados indican que el uso de mezclas de conservadores incrementan la vida de anaquel de las tortillas, lo cual se atribuye a un mayor espectro de acción, ya que los propionatos son sólo efectivos contra hongos y levaduras y moderadamente efectivos contra bacterias.

CUADRO 4
DETERIORO VISIBLE EN TORTILLAS DE HARINA NIXTAMALIZADA ADICIONADA
CON CONSERVADORES Y UN NIVEL DE ACIDIFICACIÓN DEL 0.3%

Conservador	Presencia de deterioro	
	Días	% deterioro
0.5 Propionato (P) Ca	4	60
0.5 P Na	4	100
0.25 P Ca + 0.25 P Na	4	40
0.25 Sorbato (S) K + 0.25 P Ca	23	20
0.25 S K + 0.25 P Na	7	10
0.125 PNa + 0.125 P Ca + 0.25 SK	7	20
0.1 Delvocid (D)	5	20
0.1 D + 0.25 P Ca	6	40
0.1 D + 0.25 P Na	8	40
0.1 D + 0.20 SK	13	10
0.1 D+0.1 P Ca+0.1 P Na+0.20+SK	21	100
Testigo comercial	3	40

El aumento más notable en la vida de anaquel se logró cuando se acidificó la harina nixtamalizada y se le adicionó 0.3% de sorbato de potasio. Los jueces que evaluaron estas tortillas las calificaron como poco agradables, debido al olor y sabor ácido.

Ordaz (1994) evaluó vida de anaquel, características reológicas y microbiológicas de tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores, almacenadas a medio ambiente y a 4°C. Se observaron diferencias significativas en el peso de tortillas, vida de anaquel y cuenta total de mesófilos aerobios. Con la adición de 0.1% de sorbato de potasio y 0.1% de propionato de calcio se obtuvo una vida de anaquel de 23 días a medio ambiente y de 53 en refrigeración, envasadas en bolsas de polietileno. Con la adición de 0.5% de carboximetilcelulosa (CMC) se mejoró la textura (elasticidad) de las tortillas, coincidiendo con la evaluación sensorial. También se encontró que se mejoran los atributos de aroma a ácido acético, sabor dulce y elasticidad al compararse con tortillas comerciales envasadas.

El mismo autor menciona diferencias significativas en la cuenta de bacterias (mesófilos aerobios). La combinación con 0.1% de sorbato de potasio y propionato de calcio, 0.3% de ácido fumárico y 0.25% de estearil-2-lactilato de sodio presentó la cuenta total más baja y la vida de anaquel más larga. En hongos y bacterias no se encontraron diferencias.

REFERENCIAS Y OBRAS CONSULTADAS

- Bazúa, C.D. *et al.* (1978), Opaque-2 corn tortillas processing conditions for the alkaline cooking traditional method, Sixth International Cereal Congress, Winnipeg, Manitoba, Canadá.
- Bedolla, S. (1981), Effect of genotype on cooking and texture of corn tortilla production. Tesis de maestría, Texas A & M University College Station, Texas.
- Buendía, G., Ma. O. (1981), Características morfológicas de la mazorca, propiedades físicas y de calidad proteica del maíz (*Zea mays* L.) normal y mejorado, relacionadas con el proceso de nixtamalización, Tesis profesional, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Cortez, A. y C. Wild-Altamirano (1972), Contribución a la tecnología de la harina de maíz. **En:** *Mejoramiento nutricional del maíz*, Bressani, R., J. E. Braham y M. Behar (eds.), Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Guatemala, pp. 12-14.
- Gómez, E. J. (1993), Estudio comparativo de métodos para determinación de dureza en maíz. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Jackson, D. S. *et al.* (1988), Alkaline processing properties of stress-cracked and broken corn (*Zea mays* L.), *Cereal Chem.* **65**:133-137.
- Jane, J. L. y J. F. Chen (1992). Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch, *Cereal Chem.* **69**(1):60-65.
- Kruger, L. H. y Y. R. Murra (1979), Starch texture. **En:** *Rebology and texture food quality*, J. M. de Main, P. W. Voisey y D. W. Stanle (eds.), AVI Pu. Co. Westport, CO, cap. 12, pp. 427-445.
- Misra, P. S. *et al.* (1975), Studies on corn proteins. VII: Developmental changes in endosperm proteins of high-lysine mutants. *Cereal Chem.* **52**:734-739.
- Ochoa, C. O. J. (1981), Estudio de los factores dureza, temperatura y tiempo en la nixtamalización del maíz (*Zea mays* L.). Tesis profesional, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Ordaz, O. J. J. (1994), Vida de anaquel y evaluación sensorial en tortillas de maíz elaboradas con conservadores y mejoradores. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.

- Paredes, O. y M. E. Saharopoulos (1982), Scanning electron microscopy studies of limed corn kernels for tortilla making, *J. Food Technol.* **17**:687-693.
- Pflugfelder, L. R. *et al.* (1988a), Dry matter losses in commercial corn masa production, *Cereal Chem.* **65**:127-132.
- _____ (1988b), Fraction and composition of comercial masa, *Cereal Chem.* **65**(3):262-266.
- Robles, R. R. (1986), Cambios fisicoquímicos del almidón durante la nixtamalización del maíz. Tesis de maestría, IPN-ENCB, México.
- Rosas, S. (1995), Estudio de conservadores en tortillas de maíz y metodología para evaluación sensorial. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Salinas, M. Y. y J. L. Arellano (1989), Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo, *Rev. Fit. Mex.* **12**:129-135.
- Salinas, M. Y. *et al.* (1992), Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para valles altos, *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* **42**(2):161-167.
- Salinas, M. Y. *et al.* (1993), Aspectos reológicos y de textura en masa y tortilla de maíz (*Zea mays* L.), artículo en proceso de publicación.
- Salinas, M. Y. y H. P. Pérez (1995), Calidad nixtamalera en maíces comerciales, artículo en proceso de publicación.
- Serna-Saldívar, S. O. *et al.* (1987), Effect of lime cooking on energy and protein digestibilities of maize and sorghum, *Cereal Chem.* **64**:247-252.
- Serna-Saldivar, S. O. *et al.* (1990), Technology, chemistry and nutritional value of alkaline-cooked corn products. **En:** *Advances in cereal science and technology*, St. Paul, MN, vol. 10, cap. 4.
- Vázquez, C. M. G. (1990a), Análisis comparativo de la calidad proteica y tortillera de maíces blancos y amarillos. **En:** *Memorias del Segundo Seminario Nacional sobre la Agroindustria en México*, UACH-CONACYT, pp. 417-424.
- Vázquez, C. M. G. *et al.* (1990b), Evaluación física, química y tortillera del compuesto pepitilla de maíz, *Rev. Fit. Méx.* **13**:117-128.
- Watson, A. S. (1987), Structure and composition. **En:** *Corn: Chemistry and Technology*, Watson, A. S. y E. P. Ramstad (eds.), AACC, St. Paul, MN.

EL MAÍZ Y LAS AFLATOXINAS

*Ernesto Moreno Martínez**

El grano de maíz se encuentra invadido frecuentemente por especies de hongos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*; y éstos son los más importantes en la producción de toxinas. A las producidas por estos hongos, según su origen, se les ha denominado *micotoxinas* y a las intoxicaciones que causan en el hombre y los animales domésticos se les conoce como *micotoxicosis*. Las micotoxinas más estudiadas han sido las producidas por *A. flavus*: las aflatoxinas.

Seguramente que algunas micotoxinas y por lo tanto algunas micotoxicosis, sobre todo desde que los granos se empezaron a utilizar como parte importante de la dieta humana, han afectado el bienestar del hombre. Un ejemplo de esto es el ergotismo, que es la micotoxicosis más antigua que se conoce. Los principios químicos de los esclerocios de *Claviceps purpurea* fueron utilizados en obstetricia hace 5 000 años en China. Su poder tóxico fue muy común en pueblos europeos, hasta que al final del siglo XVIII se le relacionó con la harina contaminada con los esclerocios de *C. purpurea*, hongo que ataca a los cereales, con particular incidencia en el centeno, por tener más abiertas sus inflorescencias. Así como en el caso del ergotismo, habían existido otras evidencias de la toxicidad de algunos hongos, pero no fue sino hasta el descubrimiento de las aflatoxinas, en la década de los sesenta, cuando se le dio importancia al estudio de las toxinas producidas por los hongos en los alimentos del hombre y de sus animales domésticos.

Se ha llegado a plantear por científicos mexicanos, que tal vez las aflatoxinas en México son tan antiguas como el maíz y que el problema es general en el país y que no fue detectado sino hasta estos últimos años; lo cual no es cierto. La refutación que aquí se establece se basa en varios factores, entre ellos: a) los maíces que cultivaban nuestros ancestros no son los mismos que ahora se cultivan; además, los utilizados en la zona norte

* Director del Programa Universitario de Alimentos, UNAM.

del estado de Tamaulipas son híbridos (maíces mejorados) y en gran medida mucho del maíz que aún se cultiva en el resto del país es de los llamados criollos, maíces que son genotípicamente diferentes a los mejorados; b) a partir del descubrimiento de las aflatoxinas, en nuestro país se han realizado algunos monitoreos, no en el número deseable, para detectar la contaminación del maíz con aflatoxinas y los resultados muestran que la contaminación ocasionalmente existe, pero de ninguna manera en los niveles alcanzados en los últimos años en el norte de Tamaulipas; c) las condiciones climatológicas que prevalecen durante la formación de los granos de maíz en la zona de Tamaulipas, así como las prácticas de cultivo en esa región, no son las mismas que en otras donde también se produce maíz en grandes volúmenes, por lo tanto es de esperarse que la producción de aflatoxinas en el campo, durante la formación de los granos de maíz, no se realice cuando las condiciones que determinan su producción sean diferentes a las que han prevalecido en Tamaulipas; d) la producción de aflatoxinas en Tamaulipas se lleva a cabo principalmente en el campo, por las condiciones climatológicas, particularmente por las condiciones de temperatura y estrés por agua que se presentan durante la formación de los granos; en cambio, la contaminación con aflatoxinas que se ha observado en otras localidades, proviene de condiciones desfavorables de almacenamiento; y e) la producción de aflatoxinas que se ha dado en otras regiones del país, como Sinaloa y Baja California Norte, espera por el esclarecimiento de las causas que indujeron a esa contaminación, para lo cual hay que responder a preguntas como éstas: ¿las aflatoxinas se produjeron en el campo o después de la cosecha? Si las aflatoxinas se produjeron en el campo hay que establecer las similitudes entre las condiciones climatológicas y de cultivo entre Tamaulipas y estas otras regiones; si se produjeron después de la cosecha se debe exclusivamente a una falta de tecnología o mal uso de ella para el manejo adecuado del grano, principalmente en lo referente a su secado.

LAS AFLATOXINAS

El descubrimiento de las aflatoxinas se debió a un serio problema de toxicosis avícola, ya que en Inglaterra en 1960 murieron 100 000 pequeños pavos; en un principio aparentemente por causa desconocida. Sin embargo, la excelente investigación realizada en ese país, permitió rápidamente dilucidar la causa. Así, se encontró que la harina de cacahuete empleada en la elaboración del alimento estaba contaminada con el hongo *Aspergillus flavus*, el cual había producido las sustancias tóxicas, a las cuales se les aisló químicamente, y se les dio el nombre de aflatoxinas.

Las aflatoxinas han sido reconocidas como sustancias con alto poder cancerígeno, teratógeno y mutágeno, y el órgano más afectado es el hígado.

do, por lo que son consideradas como hepatoxinas. Estudios realizados hace más de veinte años relacionan afecciones del hígado en humanos con la ingestión de alimentos contaminados con aflatoxinas. Por ejemplo, en la India y en Kenya hay investigaciones que muestran el alto riesgo que implica el consumo de alimentos contaminados con estas sustancias en relación con la cirrosis y el cáncer en el hígado (Robinson, 1967; Detroy *et al.*, 1974; Bhat, 1989). En ese mismo sentido, existen evidencias de la relación de las aflatoxinas con daño al hombre al ser encontradas en muestras de hígados provenientes de autopsias en humanos (Van Rensburg, 1986).

También se ha señalado que las esporas de *A. Flavus*, así como el polvo derivado de granos contaminados, al ser inhaladas pueden ocasionar cáncer pulmonar (Shotwell, 1986).

Se han realizado muchas investigaciones sobre el efecto de las aflatoxinas en los animales domésticos. Los efectos incluyen mortalidad, baja ganancia de peso, desarrollo lento, problemas en la reproducción, diarrea, desórdenes respiratorios, hemorragias, reducción en la producción de leche y huevos. Otro efecto de gran importancia es la alteración del sistema inmunológico, con el incremento en la susceptibilidad a las infecciones por bacterias y por virus (Keyl y Booth, 1971; Ueno, 1991; Pier, 1991; Wyatt, 1991; Raisbeck, *et al.*, 1991).

En los Estados Unidos el nivel máximo permitido de aflatoxinas en leche es de 0.5 microgramos por litro. Se ha encontrado una relación entre el nivel de aflatoxinas en el alimento para las vacas y el nivel de aflatoxinas en la leche; se dice que un 0.91% de la aflatoxina en el alimento pasa a la leche. Por lo tanto, si se alimentara a las vacas con una dieta que contenga 100 ppb de aflatoxina, se esperaría tener en la leche 0.91 ppb de aflatoxina, lo cual sería un alto riesgo para los lactantes y los adultos que consuman dicho producto.

A través del desarrollo de métodos y técnicas de análisis químico, actualmente es posible la detección y cuantificación de las aflatoxinas en los tejidos y fluidos del hombre y de los animales que las ingieren en sus dietas, lo cual hará más fácil la determinación del destino de las aflatoxinas en el cuerpo del hombre y de los animales domésticos y a su vez permitirá definir con mayor precisión sus efectos y las medidas de prevención en cuanto a límites de ingestión (Truckess *et al.*, 1982).

PRODUCCIÓN DE AFLATOXINAS

Las especies de hongos productoras de aflatoxinas pertenecen al género *Aspergillus*, y son: *A. flavus* Link y *A. parasiticus* Speare. *A. flavus* produce principalmente las aflatoxinas B₁ y B₂ mientras que *A. parasiticus* produce B₁, B₂, G₁, G₂ y M (Diener y Davis, 1987). El primero es más común en granos almidonosos como el maíz y el segundo en granos oleaginosos

como el cacahuete. Otra especie del grupo *A. flavus* que también produce aflatoxinas es la especie *A. nominus* (Kurtzman *et al.*, 1987). En la literatura, en particular la de los años cercanos al descubrimiento de las aflatoxinas, se reportaron muchos otros hongos productores de estas sustancias; sin embargo, se ha concluido que los hongos que las producen en forma natural, es decir en el campo y en los almacenes, son solamente las especies del grupo *A. flavus*, y lo demás son interpretaciones erróneas en la metodología o bien son "aflatoxinas de laboratorio".

Los productos que más frecuentemente se encuentran contaminados con aflatoxinas son el maíz, la semilla del algodón, la copra y el cacahuete. La soya, el frijol, el trigo, el sorgo y la cebada son granos que aparentemente no son de los sustratos "preferidos" por estos hongos para la producción de las toxinas. ¿Por qué? Aún no hay suficiente información para explicarlo científicamente.

No todas las cepas de *A. flavus* y de *A. parasiticus* producen aflatoxinas, aun bajo condiciones óptimas en el laboratorio, lo que indica claramente la variabilidad genética dentro de estas especies. Por lo tanto, la mera presencia de estos hongos en los granos o los alimentos no significa que las aflatoxinas estén presentes en ellos. En el caso de las cepas toxígenas, por medio de la investigación se ha encontrado que éstas requieren actividades de agua mínimas de 0.85; lo que equivale a contenidos de humedad mínimos en los cereales de 16.5%, y en oleaginosas, como el cacahuete, de 9 a 10% (Sauer *et al.*, 1992). Estos hongos productores de aflatoxinas pueden crecer en temperaturas de 8 a 55°C, pero de 36-38°C son las temperaturas óptimas para su crecimiento vegetativo; sin embargo, no lo son para la producción de toxinas, que requieren de 25 a 35°C (Diener y Davis, 1966). Por lo anteriormente señalado, se puede inferir la importancia de la temperatura en la producción de las aflatoxinas y el mayor énfasis que se le debe dar al estudio de este factor en la producción de las toxinas, sobre todo bajo condiciones de campo como en el caso de las aflatoxinas en maíz.

Las especies de *A. flavus* requieren oxígeno para su desarrollo; por lo tanto, bajo condiciones de baja concentración de este gas (1%), como lo es en el caso del almacenamiento hermético, se detiene el desarrollo de los hongos y por lo tanto también la producción de las toxinas (Moreno *et al.*, 1988).

Prácticamente cualquier sustrato que sustente el desarrollo de las especies productoras de aflatoxinas servirá como sustrato para la producción de aflatoxinas. Sin embargo, la producción de aflatoxinas varía de uno a otro. Así, tenemos que granos como cebada, trigo, sorgo, y soya, no son productos en los que las aflatoxinas representen un serio problema; en cambio, entre los productos de mayor riesgo de ser contaminados con aflatoxinas se encuentran el cacahuete, la semilla del algodón, la copra y, desafortunadamente, el maíz.

El análisis cuantitativo de las aflatoxinas es el punto más importante dentro de las actividades comerciales, así como de la seguridad sanitaria, dado el gran riesgo que representan para la salud pública y animal. Existen diversos métodos rápidos para la determinación de éstas, pero no todos son tan confiables y precisos como se supone deben ser; el usuario tiene que apoyarse en la experiencia de los expertos para seleccionar el que más convenga a sus intereses y necesidades.

El análisis de las aflatoxinas en los productos agrícolas actualmente se lleva a cabo por tres tipos de pruebas:

a) Pruebas presuntivas; éstas pueden llevarse a cabo en el campo y sirven para determinar si se debe analizar el producto con una prueba cuantitativa; por lo tanto, la presuntiva solamente es indicadora de la posible presencia de aflatoxinas. Una de estas pruebas está basada en la propiedad de ciertas sustancias de fluorescer bajo la luz ultravioleta de onda larga, 365 nm (Lillehoj *et al.*, 1986). La fluorescencia está asociada con la presencia de *A. flavus* y parece ser ocasionada por la reacción del ácido kojico, producido por el hongo, con una peroxidasa del grano. Esta prueba no es muy recomendable, ya que su confiabilidad es baja.

b) Pruebas rápidas cualitativas y con diferentes grados de precisión en la cuantificación. Sirven para definir la ausencia o presencia de las aflatoxinas y a la vez determinan el nivel de contaminación. Entre los métodos rápidos que se desarrollaron con el objeto de realizar inspecciones cualitativas se encuentran los de minicolumnas, que revelan la presencia de aflatoxinas por encima de un determinado nivel de contaminación (Romer *et al.*, 1979). De estos métodos, la AOAC ha aceptado a los de Romer y de Holaday-Velasco (AOAC, 1984).

Con el fin de identificar y cuantificar de manera rápida las aflatoxinas, un gran número de métodos serológicos se han desarrollado; en México se están usando algunos de ellos, como el Aflatest y el Biocode.

c) Métodos de precisión; éstos son más laboriosos ya que algunos de ellos requieren cierto equipo sofisticado y por lo mismo aún no son aplicables en las actividades comerciales, donde se requieren métodos rápidos y baratos por la gran cantidad de muestras para analizar. Entre éstos, se están empleando diferentes sistemas de análisis con cromatografía de alta eficiencia (HPLC), algunos de los cuales permiten el uso de los extractos que han sido preparados para el análisis con cromatografía de capa fina (Hutchins y Hogler, 1983; Tomlins *et al.*, 1989).

A más de treinta años del descubrimiento de las aflatoxinas, el método más utilizado sigue siendo el de la cromatografía de capa fina (TLC), aun cuando es considerado semicuantitativo y no es muy rápido.

Cualquiera que sea el método de análisis, el uso de estándares de conocida concentración y pureza es de primordial importancia en la identi-

ficación y cuantificación de las aflatoxinas; para esto, la AOAC ha establecido los criterios y procedimientos para verificar la calidad de los estándares.

La confiabilidad del resultado de un análisis de aflatoxinas, y en general de cualquier micotoxina, depende en mayor o menor grado de varios factores, donde los más importantes son: el muestreo del producto por analizar, el método seleccionado para el análisis, este último con todo lo que implica, como son la calidad de los reactivos, equipo, estándares y por último, pero de gran importancia, los conocimientos y la destreza del analista.

DESCONTAMINACIÓN DEL GRANO DE MAÍZ

Se han desarrollado numerosas investigaciones en cuanto a la descontaminación del maíz, una vez que éste ha sido contaminado con las aflatoxinas. Sin embargo, lo más cercano a representar una ayuda para reintegrar el maíz contaminado a los canales comerciales de los granos forrajeros, es el uso del amoniaco, sea en forma de gas o líquido, como hidróxido de amonio. En algunos estados de los Estados Unidos de Norteamérica, se han instalado plantas para la descontaminación del maíz mediante el uso del amoniaco; respecto a esto, aun cuando ya se ha investigado, falta información respecto al efecto de los productos que se generan en el proceso de descontaminación, sobre la salud de los animales y finalmente sobre la del hombre que consuma los productos pecuarios derivados del ganado alimentado con maíz sometido al amoniaco.

PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL MAÍZ CON AFLATOXINAS

La prevención de la contaminación del maíz con los metabolitos tóxicos de *A. flavus* se logra al evitar que el hongo encuentre las condiciones propicias para su desarrollo y producción de las toxinas. Eso es relativamente sencillo si se trata de la contaminación que puede llegar a ocurrir en el maíz durante su almacenaje o transporte; pero bastante difícil en el caso de la producción de las toxinas en el campo.

Lo primero se logra evitando que el maíz se maneje con contenidos de humedad que permitan el desarrollo del hongo: actividad del agua superior al 0.85. En cuanto a la temperatura, ésta deberá ser lo más baja posible, sobre todo si la humedad es cercana al límite que permite el desarrollo del hongo.

En México, el problema más serio que se ha presentado con las aflatoxinas es el de la contaminación del grano de maíz en el norte de Tamaulipas. En esta región, la contaminación se lleva a cabo en dos etapas: la de campo y la de poscosecha. La contaminación de campo se ve favorecida

por el estrés a que se ven sometidas las plantas de maíz por las altas temperaturas que se presentan durante la formación de la mazorca y la escasez de agua que lleva a una condición de susceptibilidad que hace vulnerables a las plantas ante la invasión y colonización por el hongo productor de las aflatoxinas. Otro factor de gran importancia que propicia el desarrollo del hongo en la mazorca de maíz son los insectos que comúnmente la atacan durante su formación y maduración. En general se puede afirmar que todo factor que favorezca el debilitamiento de la planta de maíz favorecerá la contaminación con las aflatoxinas. Esta situación se debe a que el hongo es más agresivo cuando las plantas están débiles y en estrés por las altas temperaturas y falta de humedad en el suelo; la última condición tiene su origen en la no aplicación de los riegos de auxilio que requiere el maíz en el norte de Tamaulipas, y a las altas densidades de plantas por hectárea, que ocasionan una competencia entre plantas por el agua del suelo. Es importante señalar que también se ha observado que temperaturas nocturnas superiores a los 22°C, durante el desarrollo de los granos, favorecen la entrada del hongo y por consiguiente la producción de las toxinas.

La prevención de la contaminación del maíz en el campo estaría dada por las medidas que eviten que el hongo se establezca en los granos, y para ello se requeriría de plantas vigorosas que resistan el estrés por agua y temperatura. Lo anterior se debe a que el hongo es un patógeno débil y, como consecuencia, para poder colonizar a los granos de maíz, requiere que la planta se encuentre en un estado de estrés o debilitamiento. Plantas vigorosas se pueden obtener de las siguientes maneras: a) generando genotipos más vigorosos a través del fitomejoramiento tradicional y en un futuro a través de la ingeniería genética; b) tratar de evitar el debilitamiento de las plantas por falta de agua; c) desfasar el ciclo de vida de la planta de maíz para evitar las altas temperaturas durante la formación de la mazorca y a la vez evitar las altas poblaciones de insectos que atacan al maíz en ese mismo periodo. Los últimos dos puntos ya han sido recomendados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de la SAGAR, en Río Bravo, Tamaulipas. En cuanto a la generación de genotipos tolerantes al estrés por "temperatura y sequía", se hace necesario realizar programas específicos de mejoramiento genético, a través del fitomejoramiento tradicional o la ingeniería agrícola, tendientes a la obtención de híbridos que por sus características de tolerancia a esos factores no sean buenos sustratos para la producción de las aflatoxinas.

REFERENCIAS Y OBRAS CONSULTADAS

Association of Official Analytical Chemists (1984), *Official methods of analysis*, 14a. ed., Sydney Williams (ed.), Arlington, Virginia.

- Bhat, R. V. (1989), Risk to human health associated with consumption of groundnuts contaminated with aflatoxins. **En: Aflatoxin contamination of groundnut**, Proceedings of the International Workshop (1987), ICRISAT Center, Patancheru, India, pp. 19-29.
- Detroy, R. W. *et al.* (1971), Aflatoxin and related compounds. **En: Microbial Toxins**, Ciegler, S. Kadis y S. Ajl. (eds.), Academic Press, Nueva York, vol. 6. A, pp. 307-321.
- Diener, U. L. y N. D. Davis (1966). Aflatoxin production by aisolates of *A. Flavus*, *Phytopathology* **56**:1390-1393.
- _____ (1987), Biology of *A. flavus* and *A. parasiticus*. **En: Aflatoxin in maize**, M. S. Tuber, E. B. Lillehoj y B. L. Renfro (eds.), Proceedings of the Workshop CIMMYT (1986), El Batán, México.
- Hutchins, J. E. y W. M. Hogler (1983), Rapid liquid cromatography determination of aflatoxins in heavily contaminated corn, *J. of the Association of Official Analytical Chemists* **66**:1458-1465.
- Keyl, A. C. y A. N. Booth (1971), Aflatoxin effects in livestock, *J. Amer. Oil Chem. Soc.* **48**:599- 604.
- Kurtzman, C. P. *et al.* (1987), *Aspergillus nominus*: a new aflatoxin producing species related to *Aspergillus flavus* y *Aspergillus tamaritii*. Antonie van Leeuwenhoek, *J. Microbil. Serol.* **53**:147-149.
- Lillehoj, E. B. *et al.* (1986), Aflatoxin estimation in corn by measurement of bright greenish-yellow flourecence in aqueous extracts, *J. of Food Production* **49**:623-636.
- Moreno, M. E. *et al.* (1988), The influence of hermetic storage on the behaviour of maize seed germination, *Seed Science and Technology* **13**:285-290.
- Pier, A. C. (1991), The influence of mycotoxins on the immune system. **En: Mycotoxions and animal foods**, J. E. Smith y R. S. Henderson (eds.), CRC Press Inc., Boca Raton, pp. 489-497.
- Raisbeck, M. F. *et al.* (1991), Effects of naturally occurring mycotoxins on ruminants. **En: Mycotoxins and Animal Foods**, J. E. Smith y R. S. Henderson (eds.), CRC Press Inc., Boca Raton, pp. 647-677.
- Robinson, P. (1967), Infantile cirrhosis of the liver in India with special reference to probable aflatoxin etiology, *Clinical Pediatrics* **6**:57-62.
- Romer, T. R. *et al.* (1979), Minicolumn screening methods for detecting aflatoxin: state of the art, *J. Amer. Oil Chem. Society* **56**:795-797.
- Sauer, D. B. *et al.* (1992), Microflora. **En: Storage of cereal grains and their products**, D. B. Sauer (ed.), American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, pp. 313-340.
- Shotwell, O. L. y W. R. Burg (1986), Aflatoxin in airbomedusts from contaminated corn. **En: Proceedings of the International Conference on Mycoses**, Pan American Health Organization, Washington, D.C., pp. 59-71.

- Tomlins, K. *et al.* (1989), A bidirectional HPTLC development method for the detection of low levels of aflatoxin in maize extracts, *Cromatographia* **27**:49-52.
- Trucksess, M. W. *et al.* (1982), Aflatoxicol and aflatoxins B1 and M1 in the tissues of pigs receiving aflatoxin, *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* **65**: 884-887.
- Ueno, Y. (1991), Biochemical Mode of Action of Mycotoxins. **En**: *Mycotoxins and animal foods*, J. E. Smith y R. S. Henderson (eds.), CRC Press Inc., Boca Raton, pp. 437-453.
- Van Rensburg, S. J. (1986), Role of mycotoxins in endemic liver and oesophageal cancer. **En**: *Mycotoxins and Phycotoxins*, P. S. Steyn y R. Veglaar (eds.), pp. 483-501.
- Wyatt, R. D. (1991), Poultry. **En**: *Mycotoxins and Animal Foods*, J. E. Smith y R. S. Henderson (eds.), CRC Press Inc., Boca Raton, pp. 553-605.

TERCERA PARTE

ENERGÍA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

MEDICIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS RELEVANTES EN LA PRODUCCIÓN DE LA TORTILLA Y EL CONSUMO DE ENERGÍA A LO LARGO DEL PROCESO

F. Sánchez-Sinacio, M. E. Rodríguez,*
J. L. Martínez-Montes,** J. González-Hernández,**
M-Yáñez-Limón,** J. J. Alvarado-Gil,* H. Vargas,*
J. D. C. Figueroa,** F. Martínez-Bustos,**
M. D. Silva,*** L. C. M. Miranda****

INTRODUCCIÓN

La elaboración de tortilla de maíz constituye una actividad compleja de grandes proporciones. En particular podemos apuntar que la modernización de la transformación maíz-tortilla debe incluir entre otros puntos los siguientes:

1) La eliminación de procesos contaminantes. La industria de la masa y la tortilla es altamente contaminante ante el agua y el aire. El proceso tradicional usado en la fabricación de tortillas deja agua residual que requiere de un gasto alto en tiempo y dinero para potabilizarla nuevamente, independientemente del daño intrínseco que el nejayote cause a la red del drenaje. El uso de la red pública de drenaje para la eliminación de esta agua está prohibida por norma de la SECOFI. Por otra parte, recientemente (Nemecek, 1995), ha sido detectado que fugas en los sistemas de transporte de gas butano licuado del tanque al quemador usado para fines domésticos, causan el 10-20% de la contaminación del aire de la ciudad de México; sería conveniente mejorar la calidad del combustible, así como la condición de las redes tanque-quemador o eliminar el uso del gas para hacer el cocimiento de tortillas.

2) Mayor higiene. El manejo de la masa de maíz que se usa en la elaboración de tortillas debe ser mejorado para así conseguir un proceso higiénico. Es común que en numerosos casos se haga el transporte de la masa del molino de nixtamal a la tortillería en camiones donde la masa queda expuesta al medio ambiente de la calle.

* Programa Multidisciplinario en Ciencias Aplicadas y Tecnología Avanzada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN.

** Programa Multidisciplinario de Materiales Avanzados, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Querétaro, Qro., México.

*** Laboratorio de Sensores, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, S. P., Brasil.

3) Mejoría en el contenido alimentario de las tortillas. En el proceso tradicional de la nixtamalización (cocimiento alcalino) se remoja el maíz y en esta operación se separa el pericarpio del grano, así como algunos otros nutrientes. En la siguiente operación, que es la de enjuagado, se pierde la fibra, parte de la licina, vitaminas y algunas proteínas. Sería importante contar con un nuevo proceso que permita fabricar tortillas con harina integral, de tal forma que las propiedades mecánicas, de color, sabor y olor permanecieran inmutables, respecto a las preparadas en forma tradicional.

4) Ahorro de agua. Como se ha mencionado antes, en el proceso tradicional se desperdicia una gran cantidad de agua empleada en el remojo y enjuague para nixtamalizar el maíz. Es importante, para el ahorro de agua, contar con un proceso de transformación maíz-tortilla que use únicamente el agua que queda integrada a la tortilla.

5) Ahorro de energía. Para la nixtamalización del maíz es necesario calentar volúmenes de agua mayores que aquellos que se necesitarían si no existiese agua residual. Además, durante el molido del maíz nixtamalizado se usan máquinas susceptibles de ser mejoradas con el fin de aumentar su eficiencia y consecuentemente ahorrar energía. En el proceso de cocimiento de la masa para transformarla en tortilla, se usan máquinas donde la transferencia de energía es poco eficiente. Cuando se entra a una tortillería se tiene la impresión de que es necesario calentar todo el ambiente del cuarto de fabricación, para poder cocer una tortilla. Existen oportunidades para el diseño de procesos que permitan ahorrar energía.

La modernización de la elaboración de tortillas, por su complejidad, requiere de un profundo conocimiento de las propiedades fundamentales involucradas en la transformación maíz-tortilla. En este trabajo presentamos la medición de algunos parámetros de propiedades físicas de las tortillas, las cuales muestran la importancia que tiene la cal incorporada durante el proceso de cocimiento alcalino, y que además son relevantes en la estimación del gasto energético de algunos pasos de la transformación maíz-tortilla.

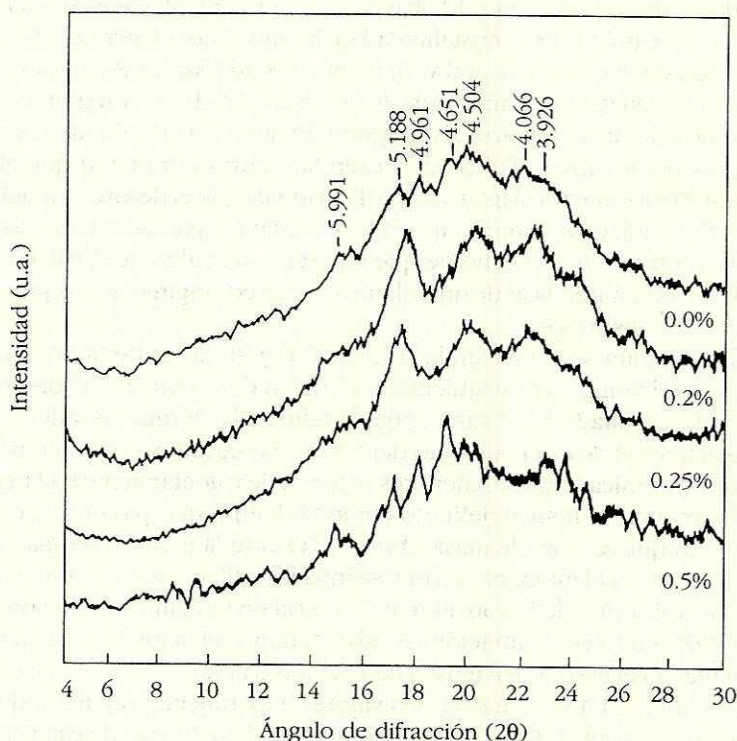
PROPIEDADES TÉRMICAS, DIELECTRICAS Y ESTRUCTURALES DE LA TORTILLA

En la medición de la conductividad térmica, difusividad térmica y calor específico de la tortilla de maíz se usaron técnicas fotoacústicas que han sido reportadas (Rodríguez G. *et al.*, 1995; Yáñez Limón *et al.*, 1995; Rodríguez G. *et al.*, 1995; Figueroa *et al.*, 1995). Los cambios estructurales en función del contenido de cal fueron seguidos mediante mediciones de difracción de rayos X. Estos estudios fueron suplementados con análisis espectroscópico en el infrarrojo, constante dieléctrica y textura.

En la figura 1 se muestran espectros de rayos X que indican la evolución de la cristalinidad de la tortilla en función del contenido de cal den-

tro de la matriz. El aumento en la resolución de los picos, a medida que se aumenta la concentración de cal, indica que la cristalinidad de la matriz está aumentando; la pérdida de la resolución refleja la disminución de la cristalinidad y aumento de la componente amorfa de la estructura.

FIGURA 1
EVOLUCIÓN DE LA CRISTALINIDAD DE LA TORTILLA EN FUNCIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO.
Los números arriba de los picos indican distancias interplanares
para el almidón



En la figura 2a, se muestran los valores del grado de cristalinidad, los cuales fueron calculados según procedimiento descrito en la tesis doctoral de Mario Enrique Rodríguez García Rodríguez. Se puede observar que la cristalinidad de las muestras aumenta proporcionalmente con el contenido de cal hasta llegar aproximadamente a 0.20%. Para valores mayores, la tortilla pierde cristalinidad y regresa a los valores que tiene la tortilla sin cal. El crecimiento de la cristalinidad puede estar asociado al hecho de que el calcio induce un agrupamiento que impide que los granos de almidón se

hinchon y se colapsen; por otra parte, en presencia de altas concentraciones de cal, la cristalinidad tiende a su valor inicial en la tortilla sin cal. Esto puede estar asociado con la interacción calcio-amilosa (Gómez *et al.*, 1992). Hay evidencias (Rodríguez *et al.*, 1995) de que el exceso de cal dentro de la matriz está presente en forma amorfa.

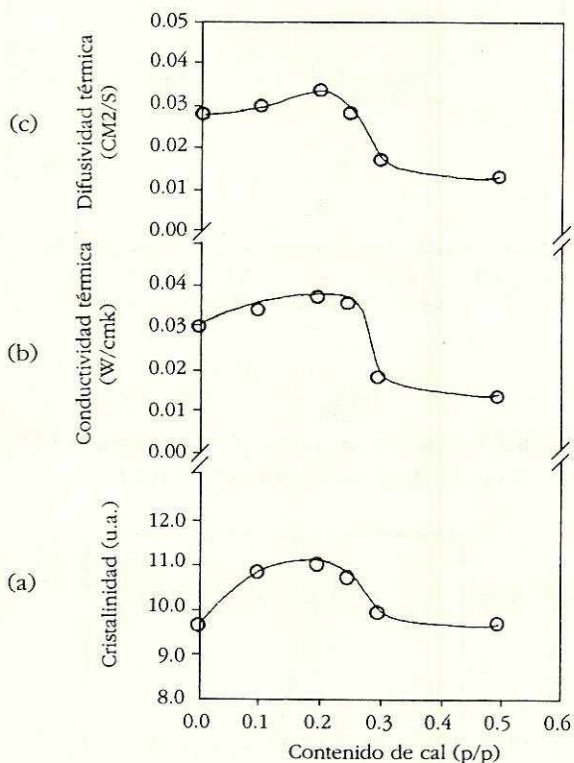
En la figura 2b se muestran los valores experimentales de la conductividad térmica de la tortilla en función del contenido de cal. El comportamiento es semejante al observado para la cristalinidad, excepto que en este caso, para concentración alta de cal, la conductividad térmica toma valores menores que los observados para el caso en que el contenido de cal es igual a cero. Este comportamiento es semejante al observado para la difusividad térmica como se puede observar en la figura 2c. Estas mediciones reflejan los cambios en la cristalinidad de las muestras; el incremento y disminución de la conductividad y de la difusividad térmica están asociados con el incremento y disminución de la cristalinidad. En la región de alto contenido de cal y contrario al comportamiento de la cristalinidad, la conductividad y la difusividad térmica caen hasta un valor menor que el observado en el caso de cal igual a cero. Esto indica que el desorden adicional está influyendo en el comportamiento de ambas propiedades térmicas. Podemos atribuir esto al hecho de que en esta región algo de la cal añadida se mantiene en una fase distinta dentro de la red original de los gránulos de almidón dispersos.

En la figura 3 se muestra la correlación existente entre la difusividad térmica y el tiempo de cocimiento en función de la concentración de cal. Éste es un resultado interesante, pues la difusividad térmica por definición mide el tiempo de calentamiento dentro de la muestra (valores altos de difusividad térmica implican menores tiempos de calentamiento). El tiempo de cocimiento lo hemos definido como el tiempo que pasa entre el momento en que se pone la masa troquelada sobre la plancha (comal en su caso) caliente y el momento en que se infla la tortilla. Por otra parte, nótese el papel relevante de la concentración de cal en el tiempo de cocimiento. A medida que la concentración de cal disminuye, el tiempo de cocimiento aumenta; en el caso de cal igual a cero, la tortilla prácticamente no se infla.

En la figura 4 se muestran los valores experimentales para la dureza y el calor específico de la tortilla en función del contenido de cal. Cuando la muestra aumenta su cristalinidad y rigidez, el calor específico presenta un pico (evidencia de que está aconteciendo una transición de fase en el material) al mismo tiempo que la dureza presenta un mínimo. Esto indica que la muestra en este punto es más rígida, es decir, menos elástica.

En la figura 5 se presentan los valores experimentales para la conductividad eléctrica y la constante dieléctrica de tortilla en función del contenido de cal. Se puede observar que existe una transición en ambas propiedades cuando se va de de bajos a altos contenidos de cal. El pico alrededor de 0.20% de cal es una discontinuidad en estas propiedades similar a la ob-

FIGURA 2A), B) Y C)
 % DE CRISTALINIDAD EN TORTILLA EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE
 HIDRÓXIDO DE CALCIO
 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA TORTILLA EN FUNCIÓN
 DE LA CONCENTRACIÓN DE CAL
 DIFUSIVIDAD TÉRMICA EN LA TORTILLA EN FUNCIÓN
 DE LA CONCENTRACIÓN DE CAL



servada en el calor específico, lo que puede estar indicando que está ocurriendo una transición estructural dentro del material. El valor de la constante dieléctrica en el pico es bastante cercano al del agua (del orden de 80). Esto sugiere que el hidróxido de calcio induce entrecruzamiento molecular (*crosslinking*) alrededor de esta concentración y simultáneamente se tiene una entrada de agua.

Los valores de la constante dieléctrica y de la conductividad ante una alta concentración de cal pueden ser debidos a un exceso de calcio no reactivo que forma una fase dispersiva separada.

En la figura 6 se muestra el comportamiento del coeficiente de absorción en el infrarrojo, de las bandas de infrarrojo características de absorción

FIGURA 3
CORRELACIÓN ENTRE LA DIFUSIVIDAD TÉRMICA (*) Y EL TIEMPO DE COCIMENTO (□) EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CAL

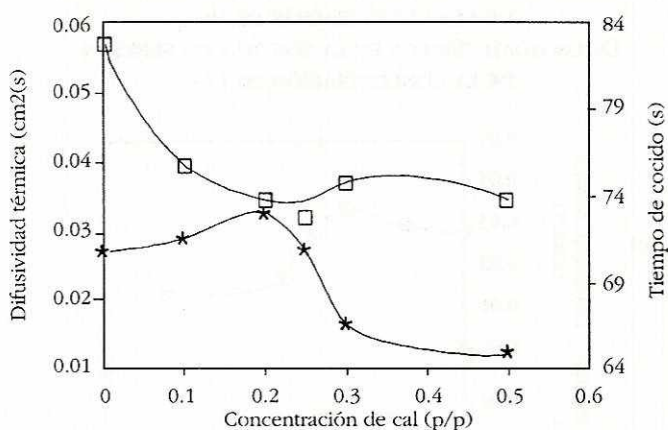


FIGURA 4
CALOR ESPECÍFICO Y RESISTENCIA AL CORTE PARA TORTILLA FRESCA EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CAL

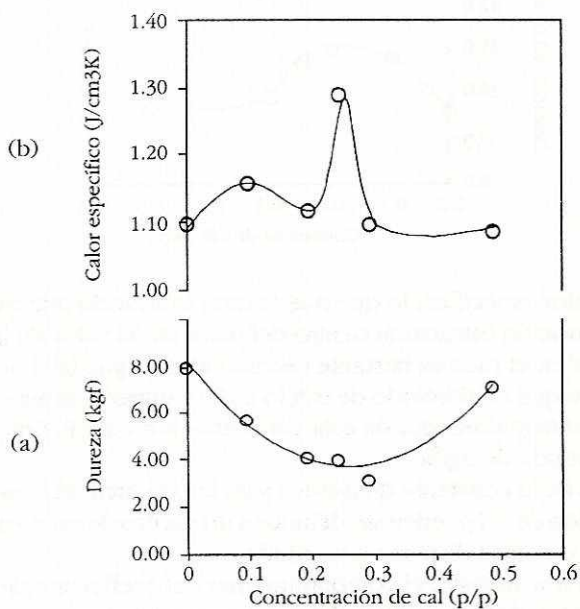
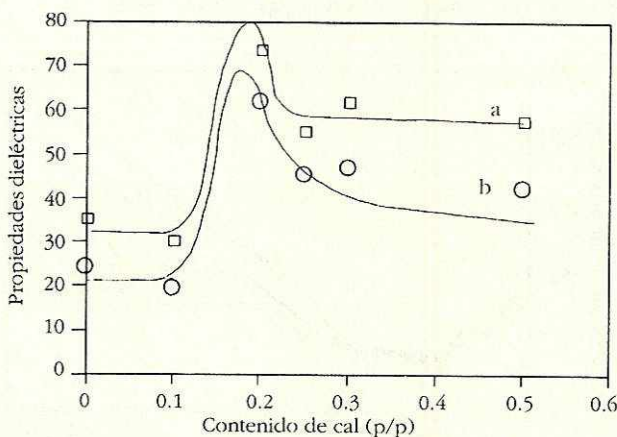


FIGURA 5
 CONSTANTE DIELECTRICA (A) Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA C.A. (B) A
 10.2 KHZ DE TORTILLA EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CAL



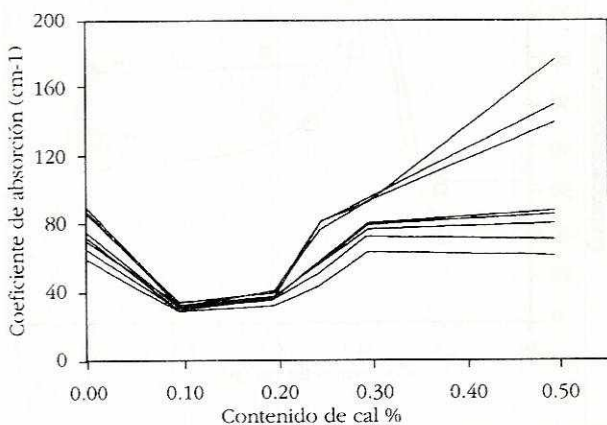
de las tortillas. Las bandas que presentan una mayor respuesta a los cambios de la concentración de hidróxido de calcio, dentro de la matriz son las 3350, 2925, 1161, 1458, 710 y 860 cm^{-1} . La banda en 3350 cm^{-1} corresponde a los alargamientos de los enlaces OH, y las bandas en 2925 y 1161 cm^{-1} son asignadas a los alargamientos de CH y CO de los grupos C-O-C y C-OH respectivamente. La banda 1458 cm^{-1} es atribuida a las deformaciones de los enlaces C-H₂ y la banda 710 cm^{-1} está asociada con las vibraciones de los enlaces C-H. La evolución del coeficiente de absorción en el infrarrojo, puede ser resumida como sigue: el coeficiente de absorción de todas las bandas pasa por un mínimo entre 0.1% y 0.3% de concentración de cal; para concentraciones mayores algunas de las bandas presentan una mayor actividad. Los modos de vibración relacionados con los estiramientos de los enlaces CO, CH y OH a 1161, 2925 y 3350 cm^{-1} respectivamente, presentan una mayor actividad en el coeficiente de absorción para concentraciones mayores a 0.30%.

El coeficiente de absorción correspondiente a los modos normales de doblamientos, en contraste, retorna a sus valores originales al incrementarse el contenido de cal de 0.30 a 0.50%. Considerando que:

1. Los modos normales de vibración propios del anillo del monómero, no se alteran debido a la adición de cal y que
2. el incremento en la absorción en los modos normales producidos por el alargamiento de los enlaces, sugiere que su coeficiente de extinción permanece constante; podemos suponer que para concentraciones de cal mayores a 0.30%, los iones de calcio interactúan con la matriz original (sin cal).

FIGURA 6

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN EN EL INFRARROJO EN TORTILLA EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CAL. LAS TRES CURVAS SUPERIORES A LA CONCENTRACIÓN 0.5 CORRESPONDEN A LAS BANDAS 3350, 2925 Y 3350 cm^{-1}



Si el coeficiente de extinción crece (aumenta el momento dipolar) implica que el sistema tiene mayor elasticidad (es decir, más amorfo). Es posible que la interacción con los iones de calcio sea con la superficie de los gránulos de almidón, en este caso disminuye la cristalinidad del sistema.

COMENTARIOS SOBRE EL CONSUMO OBSERVADO DE ENERGÍA A LO LARGO DEL PROCESO DE LA TRANSFORMACIÓN MAÍZ-TORTILLA

Como es ampliamente conocido por los especialistas en ciencias básicas e ingenierías, el concepto de la energía es de extraordinaria utilidad e importancia. Sin embargo, para los no especialistas, el entendimiento del significado del término energía puede ser confuso debido a la amplia utilización de la palabra energía en diferentes connotaciones. No pretendemos aquí sustituir la función de un libro de texto; nuestro propósito es dar ejemplos de ciertos consumos de energía que permitan al lector formarse una idea de los órdenes de magnitud al respecto y así poder evaluar con mayor amplitud los consumos de energía involucrados en el proceso de transformación maíz-tortilla.

En la tabla que se presenta a continuación se puede estimar en forma comparativa la energía gastada en la transformación maíz-tortilla. La unidad kwh no es relevante puesto que lo que nosotros deseamos resaltar son los valores relativos. Por otra parte, el kwh es importante porque nuestro recibo de la luz nos es cobrado sobre esta base

El alimento consumido diariamente por una persona en la dieta acep-

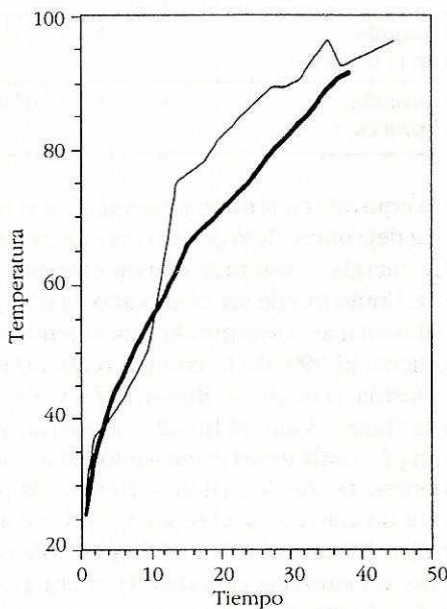
TABLA 1

Rendimiento energético	Cantidad de energía
Alimento consumido diariamente por una persona, equivale a:	2.9 kwh/día
Energía consumida diariamente por el hombre moderno	240.0 kwh/día
Energía contenida en la carne y cereales	2.0 kwh/kg
Energía contenida en la madera	6.0 kwh/kg
Energía contenida en el aceite	12.0 kwh/kg
Transformación maíz-masa: 1. (Energía <i>gastada</i> para calentar agua)	2.3×10^{-1} kwh/kg (maíz)
Transformación maíz-masa: 2. (Energía <i>perdida</i> en la transformación)	1.7×10^{-1} kwh
Transformación maíz-masa: 3. (Energía <i>útil</i> para cocer el grano)	0.6×10^{-1} kwh/kg (maíz)
Transformación masa-tortilla: 1. (Cálculo teórico)	0.6×10^{-1} kwh/kg (masa)
Transformación masa-tortilla: 2. (Energía <i>gastada</i> en el cocimiento)	4.0×10^{-1} kwh/kg (masa)
Transformación masa-tortilla: 3. (Energía <i>perdida</i> en el proceso)	2.6×10^{-1} kwh/kg (masa)
Transformación masa-tortilla: 4. (Energía <i>útil</i> en el proceso)	1.4×10^{-1} kwh/kg (masa)

tada de 2 500 kcal/día equivale en términos energéticos al mismo consumo que se tiene cuando se deja encendido permanentemente durante 24 horas un foco de 120W. La energía consumida diariamente por el hombre moderno es 240 kwh/día. Como puede ser observado, la energía que el hombre consume para alimentarse corresponde únicamente al 1% de sus requerimientos energéticos. El 99% de la energía requerida por el hombre se consume en la industria, transporte, iluminación y aire acondicionado y es la que permite la "buena vida" al hombre moderno ya que equivale a que cada ciudadano en condiciones primermundistas cuente como promedio con 100 sirvientes. De hecho, cuando frente a la luz verde de un semáforo aceleramos a un auto desde el reposo, equivale a tener 1 000 sirvientes que nos empujan. El consumo de un kilogramo de cereal o de carne proporciona al cuerpo humano una cantidad de energía de 2 kwh y el de frutas y vegetales es de 0.5 kwh. Por otra parte, si quemamos un kilogramo de madera o vegetación seca, podemos esperar tres veces más energía que la que el cuerpo extrae de los cereales. Quemando un kilogramo de aceite

(o alimentando el cuerpo con un kilogramo de aceite para ensalada) obtenemos dos veces la energía que obtendríamos si quemamos madera. Pasando ahora al consumo de energía en el proceso de transformación maíz-masa, vemos que las mediciones al respecto (Santin, C. H. y J. Segura-jauregi, 1987), indican que la eficiencia integral del proceso de nixtamalización, definida como la relación entre la energía útil para cocer el grano y el calor de combustión del petróleo, va de 13 a 27%. La energía perdida queda en gases de combustión, convección y radiación, exceso de agua que se calienta y no se utiliza y en el nejayote. El balance general del consumo de energía en los molinos de nixtamal indica que el 86% de la energía consumida proviene del combustible y el 14% restante de la energía eléctrica. Si se define la eficiencia integral del proceso de transformación masa-tortilla como la relación entre la energía útil y la energía obtenida con la combustión completa del gas usado en la transformación, se tiene que esta

FIGURA 7
TEMPERATURA DE LA TORTILLA DURANTE EL COCIMIENTO. EL TIEMPO ESTÁ MEDIDO EN SEGUNDOS. LAS CURVAS CORRESPONDEN A DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES



va de 24 a 41%. Por otra parte, teóricamente la energía necesaria en la transformación masa-tortilla es

$$M \times C \times T + L \times M$$

donde

M = masa = 1 kg, c = calor específico = 1.2 Joules / $\text{cm}^3 \text{K}$ [según parte II, este trabajo]

T = (100 - 25) K. Es importante mencionar que la temperatura de la tortilla fue medida durante el tiempo de cocimiento y el resultado puede ser observado en la figura 7, nótese que la tortilla nunca rebasa la temperatura de 100 °C.

L = Calor latente de vaporización del agua = 2.257×10^6 Joules / kg

Por lo tanto el valor teórico de esta transformación, suponiendo que se evapora el 10% del agua contenida en la tortilla, es

$$6.46 \times 10^{-2} \text{ kW-h / kg}$$

OBRAS CONSULTADAS

- Figuroa, J. de D. *et al.* (1995), The effects of calcium interactions in the quality of corn tortilla, *J. of Cereal Chem.*, en prensa.
- Gómez, M. H. *et al.* (1992), Corn starch changes during tortilla and tortilla chip processing, *J. of Cereal Chem.* **69**(3):275-279.
- Nemecek, Sasha (1995), When smog gets in your eyes. Cooking, not cars, may explain much of Mexico City's pollution, *Scientific American* **273**:20, julio.
- Rodríguez G., M. E. *et al.* (1995), The influence of slaked lime content on the processing conditions of cooked maize tortillas: changes of thermal, structural and rheological properties, *Z. Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, Springer Verlag, **201**:236-240.
- Rodríguez G., M. E. *et al.* (1995), Influence of the structural changes during alkaline-cooking on the thermal and dielectric properties of corn tortillas, *J. of Cereal Chem.*, en prensa.
- Rodríguez G., M. E. (1995), Aplicaciones de la espectroscopía al estudio de biopolímeros y semiconductores. Tesis doctoral, CINVESTAV-Departamento de Física, 151 p.
- Santin, C. H. y J. Segurajauregui (1987), Consumo y conservación de energía en la industria de la masa y la tortilla, *Revista de Tecnología de Alimentos* **22**(4):14.
- Yáñez Limón, M., *et al.* (1995), Photoacoustic measurements of thermal diffusivity and correlation with viscosity of instant corn dry masa flour, *Analyst* **120**:1953-1958.

LA TECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA DE LA MASA Y LA TORTILLA

*Carlos Sánchez-Armas Avelais**

ANTECEDENTES

Según las crónicas de Sahagún y Díaz del Castillo, tortilla es diminutivo de torta (pan de maíz), que es el alimento más característico, importante y básico de nuestro país.

La riqueza en cuanto a sus posibilidades de uso es muy grande en la industria de los alimentos. Han pasado muchos años desde el momento que empezaron a proliferar, en las grandes ciudades de México, sobre todo, en los inicios del siglo xx, los molinos de nixtamal y algunas tortillerías, que entonces apenas eran comales operados por mujeres que palmeaban el redondo comestible, hasta llegar a la mecanización de este tipo de negocios.

La historia señala diferentes momentos en el proceso de mecanización e industrialización de la tortilla, entre los que destacan:

- 1905 Aparece la tortilladora de aplastón que perdura todavía en hogares mexicanos.
- 1910 Se desarrolla la máquina tortilladora con cabeza de rodillos laminados y cortadores de alambre.
- 1915 Aparecieron las máquinas tortilladoras de cocimiento automático.
- 1947 La primera máquina CELORIO que producía mecánicamente el cocimiento tradicional de la tortilla, la cual usaba rodillos, alambres despegadores y troquelado.
- 1960 Se inventó la máquina tortilladora Verástegui.
- 1963 Surgió la máquina CELORIO, una máquina de tortillas completamente reformada con automática que amasa, hace tortillas, las cuece y las enfría.

* Presidente de la Unión de Crédito de Industriales de la Masa y la Tortilla, S. A. de C. V. (UCIMAT).

1903 a 1910 Se registraron 78 patentes de molinos de nixtamal, con lo que se sustituye así el metate tradicional.

En la década de los ochenta aparecen otras máquinas como la TORTEC.

La producción de tortilla en México ha ido evolucionando hasta un grado tal que ya no solamente no se contempla a este sector como artesanal, sino que presenta ya características eminentemente industriales. Por consiguiente, también el concepto mismo de la tortilla ha ido evolucionando con el fin de brindar una mayor comodidad, calidad y personalidad a los consumidores. La tecnología mexicana ha creado tortilladoras que son capaces de producir desde 50 hasta 600 tortillas por minuto.

La mayor parte del maíz en México se ha utilizado para la elaboración de tortillas, básicas en la dieta del mexicano, además de ser utilizado para elaborar otros productos de consumo generalizados.

La industria de la masa y la tortilla, maneja un quinto del Producto Interno Bruto, con ventas anuales de aproximadamente 4 000 millones de dólares (antes de la devaluación). El consumo per cápita es de 123 kg de tortilla anuales; del total de maíz producido en México, la industria de la tortilla consume el 54.3%, que representa 9 millones de toneladas, que al convertirse en tortillas, alcanzan unos 11.4 millones de toneladas anuales. Estos 11.4 millones de toneladas son producidos a través de masa de maíz nixtamalizado (72%) y harina de maíz (28%), distribuidos en más de 10 000 molinos y 40 000 tortillerías, así como 21 plantas productoras de harina de maíz, lo que genera más de 130 000 empleos directos en la cadena productiva del maíz.

En la década de los cincuenta, cuando se inicia en México la industrialización de este sector, se dan las primeras investigaciones científicas sobre aspectos fisicoquímicos y nutricionales de la tortilla. Además se efectuaron varios esfuerzos tendientes a mejorar el proceso tradicional de nixtamalización. Sin embargo, tan sólo cubrieron aspectos básicos del mismo, que dan origen a la creación de una de las industrias más importantes en la cultura del mexicano.

En la década de los años setenta se efectuaron investigaciones dirigidas a acelerar el proceso de nixtamalización, con el objetivo de acortar tiempos de procesamiento. En estas investigaciones se emplearon vapor de agua como fuente de calor, cocimiento a la temperatura de ebullición del agua y, en algunos casos, la eliminación del reposo. Estas condiciones aceleraron el proceso de nixtamalización, pero la calidad del producto final no resultó favorable. Los avances tecnológicos han sido destacados por:

- a) Plantas harineras como Gruma
- b) Maíz 3a Generación a través del IMIT
- c) Maíz precocido, por MINSA
- d) CINVESTAV

En México las harinas instantáneas han adquirido popularidad entre la población urbana debido a que eliminan las labores cotidianas, intensivas y tediosas del proceso tradicional y se pueden almacenar durante cierto periodo de tiempo.

Desde el punto de vista de la operación, algunos de los mayores problemas que enfrenta la industria molinera y tortillera, que utiliza el proceso tradicional de preparación de harinas instantáneas y masa de nixtamal, es su alto nivel de sólidos solubles, la demanda bioquímica de oxígeno y el gran volumen de nejayote de desecho.

El nivel de productividad de la industria de transformación del maíz en los últimos 30 años, se ha mantenido estático, lo que pone en claro que el método tradicional de nixtamalización, en el que se basa el proceso de harinas instantáneas, y los mercados, van imponiendo sus reglas de eficiencia.

En México, como el principal mercado de maíz y luego con la apertura del TLC, se impone un gran reto a los productores de harinas instantáneas y nixtamalizadas para elaborar tortillas. El proceso de sustitución o adecuación del método tradicional de nixtamalización y la elaboración de tortillas no puede ser ignorado ni ser abandonado a los tiempos de ajuste que defina el mercado. Diversos grupos de investigadores y empresarios se encuentran obstaculizados en la búsqueda de una tecnología más sencilla, menos contaminante y más eficiente que al mismo tiempo mantenga la calidad de nuestro producto.

El CINVESTAV ha integrado un grupo multidisciplinario de científicos en un programa que tiene como objetivo la modernización del proceso de nixtamalización para la producción de tortilla. Este grupo se encuentra investigando problemas de interés actual, tales como la eliminación de contaminación de afluentes de desechos de nejayote, reducción de tiempos de procesamiento, mejoramiento de calidad nutricional y sensorial de la tortilla, reducción en el consumo de agua, reducción de gastos de energía de procesamiento y aumento de rendimientos de productos, entre otros.

El CINVESTAV ha desarrollado un proceso continuo y un prototipo de equipo basado en extrusión para la producción de tortilla y harinas instantáneas con las características siguientes:

El proceso se inicia con polvo de maíz crudo transformando en masa fresca nixtamalizada en menos de 4 minutos. Este equipo tiene otros componentes como son la utilización de fuentes no convencionales de energía para el secado de la masa y cocimiento de las tortillas (radiación de alta frecuencia, ondas de radio y microondas)

Sus ventajas: proceso continuo, proceso sin contaminantes, equipo fácil de operar, tortilla de buena calidad, reducción de consumo de agua y tiempo, reducción en gasto de energía y aumento en más del 15% del rendimiento del producto; además de la obtención de otros productos.

Por lo anterior y de cara al siglo XXI, y ante una exigencia estricta y

poderosa, dadas las expectativas de la vida moderna, es el momento de prepararnos ante el gran reto socioeconómico, que sólo podrá enfrentarse dignamente en la medida en que nos capacitemos y convenzamos de que debemos crear una industria moderna y competitiva, misma que será factible con la suma de esfuerzos de productores, industriales y todo tipo de empresas del sector, considerando que el crecimiento y el desarrollo no se consiguen peleando por un mismo mercado, sino yendo a la conquista de un desarrollo equitativo que incluya desde el molino hasta las grandes industrias, que participen con una producción más llena de calidad en los productos que se ofrecen

La Unión de Crédito de Industriales de la Masa y la Tortilla, S. A. de C. V. (UCIMAT), pretende con su participación facilitar elementos suficientes a su sector, que compensen el atraso tecnológico, creando nichos de mercado que constituyan otras oportunidades, a través de la asesoría y financiamiento en los que se desenvuelvan todos y cada uno de los actores que participen en la cadena maíz-tortilla.

Tradicionalmente uno de los obstáculos observados en nuestra actividad, han sido las lagunas financieras, que han impedido nuestro acceso a la factibilidad de nuevos proyectos, planes e inversiones en el mediano y largo plazos. El compromiso de UCIMAT es abatir y erradicar este añejo problema, poniendo a su consideración una amplia gama de servicios, que permitan la reconversión total y nos lleve a alcanzar el desarrollo.

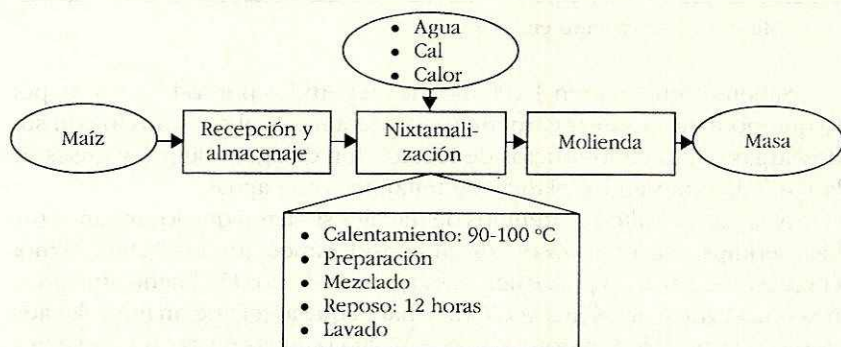
MANIX: SOLUCIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA PARA LOS MOLINOS

*José Ferrer Pujol**

PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LOS MOLINOS

Como se observa en el cuadro 1, los molinos producen la masa de nixtamal para lo que siguen un proceso tradicional. El primer paso de este proceso consiste en la recepción del maíz. En algunos casos, los molineros limpian el maíz; en otros, el maíz se almacena sólo estibándolo en los mismos costales o bultos. El segundo paso es el de la nixtamalización. Los molineros vacían el maíz en tinas, a las cuales agregan agua en una proporción de 1.3 m³ por tonelada de maíz y cal en unos 8 kg por tonelada de maíz. Una vez preparada la carga se procede a mezclarla por una o dos horas, y luego se deja en reposo por unas 12 horas; normalmente se prepara en la tarde y se deja reposando el nixtamal toda la noche. Al día siguiente, se lava el nixtamal usando 1.2 m³ por tonelada y se muele en varios lotes en molinos de piedras, con lo que se elabora así la masa de nixtamal y posteriormente se entrega a las tortillerías.

CUADRO 1
PROCESO DE PRODUCCIÓN TRADICIONAL



* Director técnico de Maíz Industrializado del Centro, S. A. de C. V.

En este proceso tradicional, en total se usan 2.5 m³ de agua por tonelada de maíz y se descarga en el drenaje público buena parte del líquido (1.2 m³ por tonelada), conocida como agua de nejayote, las que son muy contaminantes y altamente corrosivas por ser alcalinas y calientes; además no son biodegradables.

En un estudio, se analizaron los contenidos de las aguas residuales de 65 molinos en la ciudad de México y se encontró que ninguno de los molinos cumplía con las normas ecológicas y que, además, rebasaban con mucho las normas de la Dirección de Ecología del DDF. En sólidos sedimentables, la norma marca 5 ml/litro; las aguas contenían como promedio 107 y la máxima estadística ascendió a 366 ml/litro, lo que representa más de 73 veces por encima de la norma. En contenidos de aceites y grasas, 17 veces la norma. En la demanda química de oxígeno (DQO), 182 veces sobre la norma. En alcalinidad, 40% y en temperatura, 20% por arriba de la norma. Además, las aguas mostraron elevados contenidos de aluminio y plomo, del orden de 24 y 5 veces respectivamente sobre la norma ecológica.

CUADRO 2
DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

Contenidos	Unidad	NOM		Pruebas*			Exceso (veces)
		P	I	m	P	M	
Sólidos sed.	ml/L	5	10	0	107	366	73.2
Aceites y grasas	mg/L	60	100	29	366	1 021	17.0
DQO	mg/L	300	500	2 538	24 596	54 577	181.9
Alcalinidad	PH	6	9	10	11	12	1.4
Temperatura	°C		40	20	32	48	1.2
Aluminio	mg/L	10	20	9	96	246	24.6
Plomo		1	2	0	3	5	5.4
Cobre		5	10	0	2	8	1.6

* Muestra de 65 molinos en ZMCM.

Sabemos que existen 1 200 molinos repartidos por toda la ZMCM, por lo que podemos estimar el fuerte deterioro ambiental que causan con sus descargas, tanto en los ductos de recolección de aguas negras y grises de la ciudad, como en las plantas de tratamiento de aguas.

Además, los altos contenidos de metales sugieren que los molinos utilizan equipos viejos u obsoletos. Si consideramos que los 1 200 molinos cuentan con calderas para calentar el agua, podemos fácilmente imaginarnos que al grave problema ecológico, habrá que agregarle un muy elevado riesgo de operación, porque se tienen 1 200 bombas en potencia esparcidas por toda la ciudad de México.

CUADRO 3
ESTADO DE COSTOS DE MOLINOS DE NIXTAMAL

Concepto	\$/T	\$/mes	%
Ventas netas	730	41 561	100.0
Costos de maíz	309	17 603	42.4
Contribución marginal	421	23 958	57.6
Costos de operación			
• Nixtamalización	94	5 367	12.9
• Molienda	65	3 710	8.9
• Distribución	60	3 427	8.3
• Administración	62	3 552	8.5
Utilidad de operación	139	7 902	19.0
ISR y RUT	58	3 319	8.0
Utilidad neta	81	4 583	11.0
Inversión	612	34 867	13.1

Por otra parte, los molinos son microempresas que generan muy bajas utilidades. Como puede apreciarse en el cuadro 3, en el que se presenta un estado de resultados para un molino representativo de la industria, después de décadas de control de precios de la tortilla, la masa y el maíz, los molinos operan con bajos márgenes de utilidad. Por ello no cuentan con la capacidad económica para realizar las inversiones capaces de modernizar sus procesos de producción, mucho menos cuentan con el dinero suficiente para invertir en una nueva miniplanta de tratamiento de aguas, la cual cuesta unos \$ 378 000, más de 10 veces la inversión total en maquinaria y equipo del molino.

PROYECTO DEL MANIX

En el Grupo MINSA hemos desarrollado un proyecto para producir maíz nixtamalizado, al cual hemos nombrado Manix. Éste es un proyecto de escala industrial, el cual cuenta con un moderno proceso de producción que incluye tres etapas básicas.

La primera etapa es la recepción, prelimpieza, limpieza y almacenamiento del maíz. La segunda etapa es la nixtamalización, en la cual se vierte el grano en un cocedor, se le agrega agua y cal, se mezcla y se cuece y se deja en reposo. Posteriormente, el maíz nixtamalizado se pasa a un secador en donde se le reduce el contenido de humedad, se pesa y se ensaca para enviarlo a los molinos.

Una parte muy importante del proceso es una moderna planta de

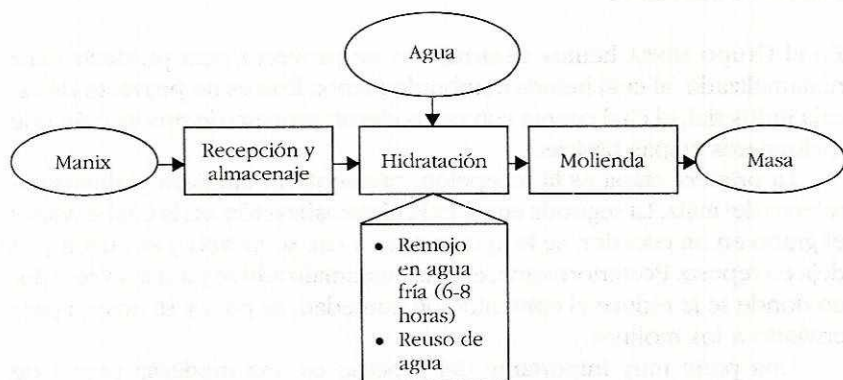
CUADRO 4
 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MANIX



tratamiento de aguas, con la cual recuperamos el agua residual para reusarla y los sólidos sedimentables para ser usados como complemento para alimentos balanceados. Así, esta planta no contamina.

El Manix se envía a los molinos, que siguen un proceso muy simple para elaborar la masa. El proceso consiste en tres etapas básicas. La primera etapa es la recepción y almacenamiento del producto; la segunda es la hidratación en la que se deja a remojar el Manix en agua fría durante un periodo de seis a ocho horas; la tercera etapa es la molienda del maíz nixtamalizado y rehidratado para elaborar la masa. El agua remanente de la hidratación puede volver a ser utilizada para hidratar otros lotes de Manix.

CUADRO 5
 PROCESO DE PRODUCCIÓN TRADICIONAL



El Manix ofrece muy importantes ventajas a los molinos: primero, les permite incrementar sus ventas al poder aumentar sus volúmenes de producción de masa que actualmente se encuentran limitados por "la congelación de las dotaciones" de maíz; segundo, genera un rendimiento superior (11%) de dos toneladas de masa por tonelada, mientras que el maíz rinde 1.8 toneladas de masa por tonelada.

El Manix genera importantes reducciones en costos a los molinos porque les ahorra todo el consumo de gas (no hay que calentarlo), elimina el costo de las mermas, ya que ofrece un rendimiento sobre el 100 % (el maíz se limpió en la planta), y elimina totalmente el uso de agua en el proceso de nixtamalización.

Los molinos generan utilidades incrementales con el Manix, ya que por tonelada, los molinos pueden vender la masa a \$ 811 y los costos directos son de \$ 672 por tonelada. Así, el Manix permite al molino generar una utilidad marginal de \$ 139 (ver cuadro 6).

CUADRO 6
VENTAJAS DEL MANIX PARA MOLINOS

Mayores ventas	<ul style="list-style-type: none"> • Mayores volúmenes de producción y ventas de masa (vs. dotaciones congeladas) • Mayor rendimiento (2.00 vs. 1.80)
Ahorro en costos	<ul style="list-style-type: none"> • Costo total de gas • Costo total de la merma del maíz (8.0%) • Costo total del agua de nixtamalización (1.5 m³/t)
Ahorro en inversiones	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión en equipo de nixtamalización • Inversión en planta de tratamiento de aguas

Elaborar masa utilizando maíz genera una mayor contribución marginal; sin embargo, si el molino considera los costos fijos por la depreciación, mantenimiento y el costo financiero (a una tasa del 20% real anual), del equipo de nixtamalización y de la planta de tratamiento de aguas, el molino sólo ganaría al procesar maíz \$ 74 por tonelada. Es decir, que si el molino cumple con las normas ecológicas al invertir en una miniplanta de tratamiento de aguas, con lo cual se acreditaría ante las autoridades para que le amplíen su dotación de maíz, generaría utilidades de \$ 74 por tonelada, mientras que con el Manix ganaría \$ 139 por tonelada y contribuiría a reducir la contaminación en la ciudad de México.

La planta de Manix ofrece importantes ventajas tecnológicas en el sector agroindustrial:

Primero, recupera como subproductos los residuos sólidos del agua de nejayote, los cuales se venden como base para alimentos balanceados. Segundo, genera ahorros en costos al reducir la merma de maíz (6% contra

el 8% de los molinos), así como al reducir los consumos de agua y cal. Tercero, la planta no contamina porque elimina las descargas de agua de nejayote en los drenajes de la ciudad.

Veamos ahora cómo el respeto ecológico puede ser importante (cuadro 7). En la planta de tratamiento de aguas, generamos dos importantes beneficios por recuperación de agua y venta de subproductos, los cuales representan \$ 14 por tonelada de maíz procesado. Por otro lado, tenemos los costos del elemento filtrante, el agua usada en el proceso, así como los intereses y la depreciación sobre la inversión en la planta, los cuales suman \$ 6.4 por tonelada; con ello se generan utilidades de \$ 7.6 por tonelada de maíz procesado. Como puede advertirse, el respeto a las normas ecológicas —que ante todo persiguen salvaguardar la salud ambiental y, por ende, humana— llega incluso a ser beneficioso en términos económicos.

CUADRO 7
BENEFICIOS Y COSTOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS

Concepto	Consumos	Precios unitarios	Valor \$/t
Ingresos			
Agua recuperada	1.2m ³ /t	8.0 \$/m ³	9.6
Subproductos	11 kg/t	0.4 \$/t	4.4
Beneficios totales			
Costos directos			
E. Filtrante	1.0 kg/t	2.4 \$/kg	2.4
Agua usada	0.3 m ³ /t	8.0 \$/kg	2.4
Intereses -20%	1.5 m ³ /t	8.1 \$/m ³	1.1
Depreciación -10%	1.5 m ³ /t	8.1 \$/m ³	0.5
Costos totales			6.4
Contribución directa			7.6

CONCLUSIONES

En resumen, el Manix puede ser una solución económica y ecológica para los molinos porque les permite:

1. Incrementar sus volúmenes de producción y ventas de masa.
2. Generar utilidades incrementales atractivas.
3. Eliminar costos e inversiones en equipos de nixtamalización y les evita tener que invertir en una planta de tratamiento de aguas.
4. Hacemos hincapié en que el tratamiento de aguas, en la escala industrial, es económicamente rentable.

LA CONTAMINACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA MASA Y LA TORTILLA

*María del Carmen Durán Domínguez**

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DEL SECTOR Y DE SUS POSIBLES SOLUCIONES

El maíz es el alimento básico de las culturas americanas y su procesamiento actual emplea todavía como base una tecnología desarrollada paralelamente con su domesticación en Mesoamérica: la *nixtamalización*. Esta palabra castellanizada del náhuatl significa maíz cocido con cal y define al proceso de cocción del maíz, previo a su molienda en los llamados molinos de nixtamal o a su secado y molienda en las fábricas de harina de maíz nixtamalizado (figura 1).

En ambos casos, molinos de nixtamal y fábricas de harina de maíz nixtamalizado, se generan aguas residuales con características muy contaminantes (figura 2), además de que el proceso consume mucha energía en sus diferentes operaciones unitarias y requiere de lapsos considerables para obtener productos sensorial y reológicamente aceptables. Es importante mencionar que estas características contaminantes de las aguas residuales se deben justamente a las pérdidas de material del propio grano de maíz (cascarillas ricas en fibra, parte del endospermo del grano, generalmente, porque los granos de importación son secados con aire caliente, lo que los hace muy frágiles y les provoca microrrupturas que, al contacto con la disolución caliente de cal y agua, solubilizan almidones y matrices proteínicas, ya que los maíces criollos no producen nejayotes tan concentrados en material soluble y en suspensión). Esta situación hace que el rendimiento molinero sea inferior al esperado, además de producir aguas más contaminadas. Estas aguas, además, salen calientes del sistema (entre 60 y 80°C) y con valor de pH altamente alcalino (entre 12 y 14).

* Investigadora del Grupo de Investigación en tecnologías más limpias y reaprovechamiento de esquilmos agroindustriales y residuos de las industrias de alimentos y biotecnológicas. Programa de Ingeniería Química Ambiental, Facultad de Química, UNAM.

FIGURA 1

PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN TRADICIONAL Y GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES, CONOCIDAS COMO NEJAYOTE (AMBAS PALABRAS PROVIENEN DEL NÁHUATL, *NEXTLI*=CENIZAS DE CAL, *TAMALI*=MASA DE MAÍZ COCIDO, *ÁYOH*=CALDO, *ATL*=AGUA)

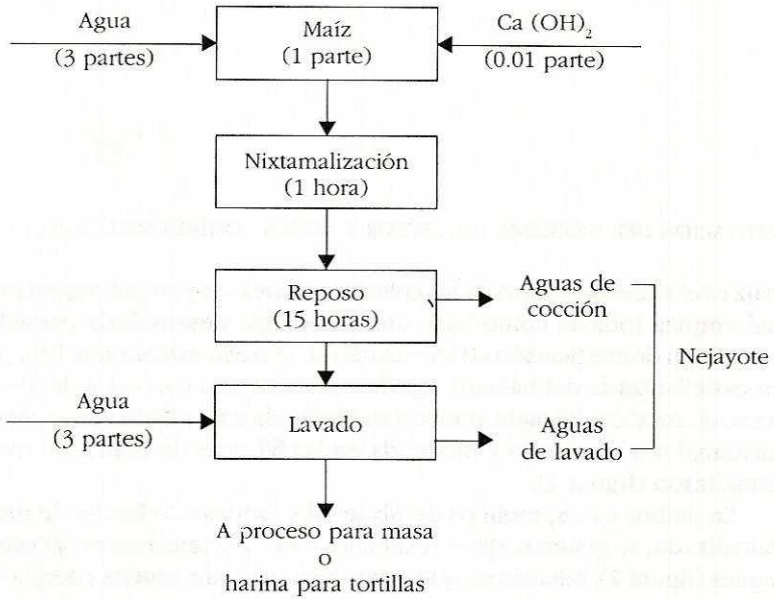
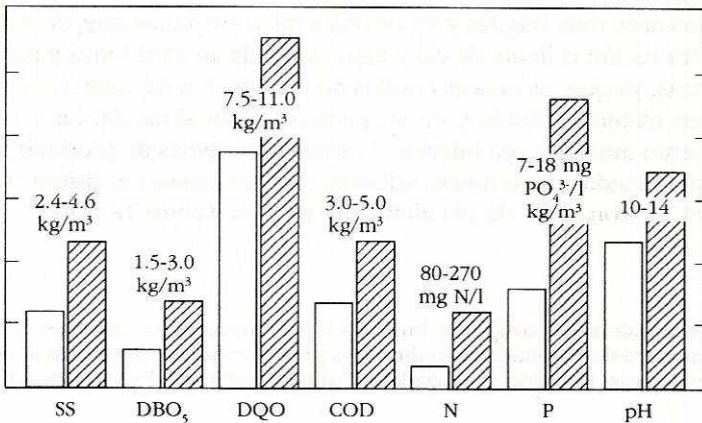


FIGURA 2

COMPOSICIÓN PROMEDIO DEL NEJAYOTE



Se presentó una opción tecnológica, desarrollada entre 1972 y 1975, para provocar las mismas reacciones químicas que ocurren en la nixtamalización tradicional, al emplear la extrusión en medio alcalino. Esta opción se patentó en 1978, tanto en México como en los Estados Unidos de América. La patente fue mejorada al incorporársele opciones adicionales para el procesamiento de otros granos en 1992, y fue finalmente concedida a la UNAM el pasado mes de julio de 1995 (Anónimo, 1989a, Bazúa *et al.*, 1976; Bazúa *et al.*, 1979; Bazúa y Guerra, 1980; Cabrera *et al.*, 1984; Durán de Bazúa, 1984; Durán de Bazúa, 1988; Durán, 1978a; Durán, 1978b; Guerra *et al.*, 1983; Pérez *et al.*, 1988; Rangel-Silva y Durán, 1992; Sánchez-Tovar *et al.*, 1993). En esta opción no se tienen pérdidas de material ya que todo el grano es molido previamente a la extrusión, lo que permite al producto final contener toda la fibra presente en el grano y lo torna más digerible para animales monogástricos, como el humano.

Sin embargo, los productores de masas frescas en molinos de nixtamal y en fábricas de harina de maíz nixtamalizado, acostumbrados a su metodología tradicional y sin ninguna presión por parte de las autoridades gubernamentales con respecto a la generación de aguas residuales, no se plantearon el cambio de tecnología sino que solamente solicitaron apoyo por parte de las instituciones de investigación y educación superior para buscar opciones de uso para esas aguas residuales, conocidas como *nejayote*, otra palabra de origen náhuatl que significa aguas o caldo de cal.

Sobre esta base se realizaron estudios de caracterización de dichas aguas residuales, revisando y entrevistando a otros especialistas ya que se sabía, aunque no se habían publicado formalmente, que se habían llevado a cabo algunos proyectos sobre el nejayote (desde principios de los setenta, en el laboratorio de investigación del doctor Casas Campillo [qepd], se habían estudiado cultivos a partir del nejayote como caldo nutrimental con el objeto de reaprovecharlos en la producción de microorganismos útiles o de metabolitos con valor comercial, como los antibióticos, pero el volumen que podía potencialmente ser consumido de estas aguas residuales era mucho menor que su generación anual por parte de molinos y fábricas). También se buscaron sistemas de reciclado, sobre todo en las fábricas, al eliminar el exceso de sales de calcio que tendían a crear problemas de incrustación en las tuberías de las fábricas de harina; pero el problema del material disuelto persistía. En 1978 se inició un proyecto de investigación en la Facultad de Química de la UNAM sobre su depuración, y se usaron sistemas biológicos aerobios y anaerobios. Se continuó en la República Federal Alemana, entre 1979 y 1981, y se consiguieron fondos por parte del Ministerio Federal de Investigación y Tecnología de dicha República y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente con sede en Kenya, Nairobi, para instalar una planta piloto en México que permitiera evaluar la tecnología desarrollada.

En 1984 se firmó un convenio de cooperación con la empresa para-

estatal Maíz Industrializado CONASUPO, para instalar la planta piloto donada por las entidades internacionales mencionadas. Adicionalmente, se obtuvieron fondos por parte del CONACYT para la realización de estudios paralelos, en el laboratorio, sobre la fase anaerobia y verificar la eficiencia de producción de gas y su riqueza en metano y los estudios de nutrición en especies de laboratorio (ratas Wistar) para corroborar la bondad de la biomasa aerobia obtenida.

La planta piloto se instaló en la fábrica de MICONSA en Guadalajara y operó durante dos años, que permitieron determinar las condiciones de operación y definir la estrategia para el tratamiento de las aguas residuales de fábricas de harina (figura 3). Este tratamiento incluye, por una parte, la depuración anaerobia, seguida por un pulimiento aerobio (figura 4); y por la otra, la recuperación del biogás rico en metano para reusarlo en la propia planta y la generación de biomasa rica en proteína para su uso en especies acuícolas, ya que dadas las características de la biomasa, su empleo es más adecuado para ellas. De hecho, con la biomasa obtenida, se hicieron pruebas con carpas barrigonas, para corroborar el efecto de la biomasa aerobia generada durante el tratamiento del nejayote en un reactor de biodiscos, en su desarrollo. Los resultados obtenidos permiten garantizar su uso, hasta en un 40%, en las dietas de estos peces.

En los laboratorios de la Ciudad Universitaria se llevaron a cabo experimentos con los efluentes de dos molinos urbanos de nixtamal con el fin de reafirmar también la estrategia para estas unidades comerciales. En este

FIGURA 3
REAPROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS GENERADOS DURANTE EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DEL NEJAYOTE

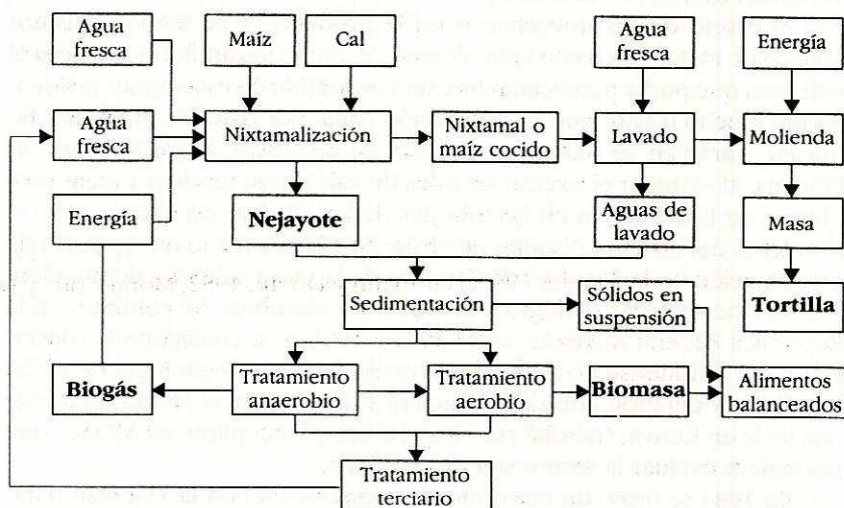
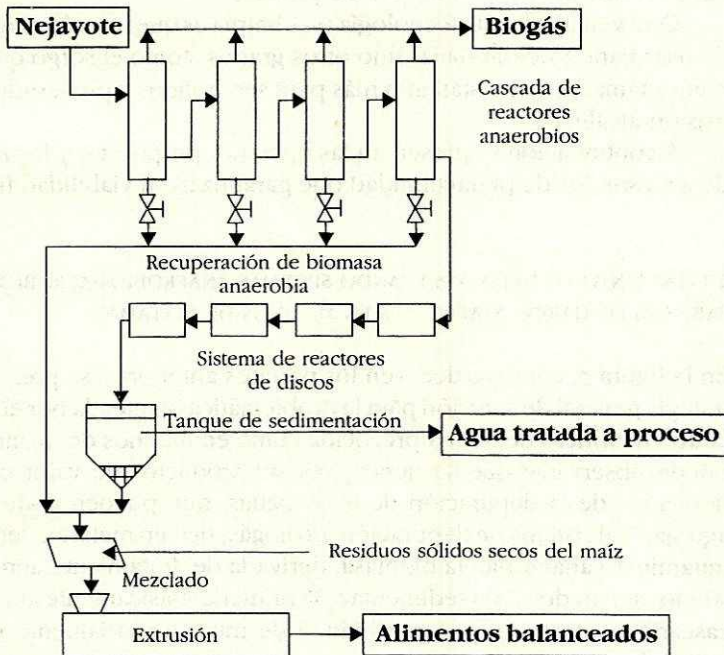


FIGURA 4

SISTEMA COMBINADO ANAEROBIO-AEROBIO PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA FÁBRICA DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO



caso, se plantea únicamente la depuración aerobia, tanto por los volúmenes manejados, como por las propias características de las instalaciones. La biomasa obtenida puede ser mezclada en fresco con el tamo y otros residuos sólidos del molino y venderse para alimento de animales de granja.

Con estos resultados, pudo ofrecerse al sector productivo, tanto molinero como de fábricas de harina, un paquete tecnológico para reaprovechar sus aguas de cocción y lavado del procesamiento del maíz (Anónimo, 1989b; Bazúa, 1982; Civit *et al.*, 1984; Durán de Bazúa, 1984a; Durán de Bazúa, 1984b; Durán de Bazúa, 1987; Durán de Bazúa, 1988a; Durán de Bazúa, 1988b; Durán de Bazúa, 1988; Durán de Bazúa, 1990; Durán y Hartmann, 1980; Durán *et al.*, 1991; Durán, 1987; González-Martínez *et al.*, 1985; Hartmann y Durán, 1981; Hartmann y Durán, 1982; Montesinos y Durán, 1986; Pedroza-de-Brenes y Durán, 1985; Pedroza-de-Brenes y Durán, 1986; Pedroza-de-Brenes y Durán, 1987; Pedroza-de-Brenes y Durán, 1990; Pedroza-de-Brenes y Durán, 1991; Valderrama *et al.*, 1991; Valderrama *et al.*, 1988).

Este paquete podría operar durante la vida útil de los equipos de los molinos y fábricas tradicionales, dejando la opción de la tecnología de extrusión alcalina para la siguiente etapa, en la que una vez desechados los equipos obsoletos que usan la tecnología tradicional, permitirán al sector

modernizarse y producir, tanto masas frescas como harinas precocidas, sin generar aguas residuales y reduciendo sus costos de producción, al reducir sus consumos energéticos y de agua (y obviamente de disposición de aguas residuales) y los tiempos de proceso.

Otra ventaja de esta tecnología más limpia es que no solamente se puede usar para procesar maíz, sino otros granos, como el sorgo que, por su menor tamaño, se prestan aún más para ser molidos y procesados por extrusión alcalina.

A continuación se presentan las opciones propuestas y los resultados de los estudios de prefactibilidad que garantizan su viabilidad financiera.

TRATAMIENTO DE NEJAYOTE USANDO SISTEMAS ANAEROBIOS-AEROBIOS EN FÁBRICAS DE HARINA Y AEROBIOS EN MOLINOS DE NIXTAMAL

En la figura 3, como se decía en los párrafos anteriores, se presenta la estrategia general de solución para la problemática planteada por el nejayote, tanto en fábricas de harina precocida como en molinos de nixtamal. Aquí puede observarse que se tienen tres subproductos de valor comercial, derivados de la depuración de estas aguas, que pueden darle un valor agregado al sistema de depuración: el biogás, rico en metano, derivado del tratamiento anaerobio, la biomasa, derivada del tratamiento aerobio y los sólidos separados de la sedimentación primaria (básicamente granos rotos, cascarillas, etcétera); y la posibilidad de tratar terciariamente el agua y reciclarla al proceso.

La figura 4 ofrece la opción idónea para fábricas de harinas de maíz nixtamalizado. Es pertinente mencionar que, cuando esta opción se estudió, los reactores anaerobios más promisorios eran los reactores empacados; pero, actualmente, a la luz de los avances realizados en este campo, los reactores anaerobios de lecho de lodos de flujo ascendente o RALLFA (conocidos en inglés como reactores *UASB*, *upflow anaerobic sludge blanket reactors*), podrían ser la más económica y efectiva para las condiciones de México. Una ventaja para el uso de los sistemas anaerobios como etapa previa a la depuración aerobia es que estos efluentes salen calientes del proceso, y con la etapa de sedimentación primaria en la que tendrían una fase de enfriamiento, entrarían al RALLFA con la temperatura óptima para la depuración en ese reactor, que está entre 35 y 45°C.

Asimismo, la enorme ventaja de los reactores de biodiscos sobre los sistemas convencionales de depuración aerobia, como las lagunas aeradas o los lodos activados, es que la biomasa generada en estos reactores de biopelícula, puede separarse fácilmente en un sedimentador secundario ya que no se forman *lodos hinchados*, sino flóculos grandes y fácilmente sedimentables. Además, no hay aerosoles que puedan ser arrastrados por el viento, ya que los sistemas de biodiscos están cubiertos (para proteger

el material plástico de la luz ultravioleta del sol), ni proliferación de insectos y otras especies nocivas.

En la figura 5 se presenta el perfil de aminoácidos de la proteína de esta biomasa aerobia, que garantiza su potencial como alimento para especies comestibles, como la carpa barrigona o los crustáceos como las poslarvas de camarón y langostino. En la figura 6 se dan los resultados obtenidos de los experimentos con las carpas, que permiten inferir que se puede adicionar esta biomasa hasta en un 40% a la dieta de estos animales cultivados en granjas acuícolas. Por otro lado, el contenido de sales de calcio ocluidas en la biomasa, permite su uso en dietas de crustáceos como las poslarvas de camarón. Estos experimentos se encuentran actualmente en su fase activa y pronto se definirá el porcentaje de biomasa que puede adicionarse a las dietas de estos crustáceos.

FIGURA 5
CALIDAD DE LA PROTEÍNA DE LOS DIFERENTES MATERIALES BIOLÓGICOS ESTUDIADOS DURANTE EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DEL MAÍZ COMPARADA CON EL PATRÓN FAO

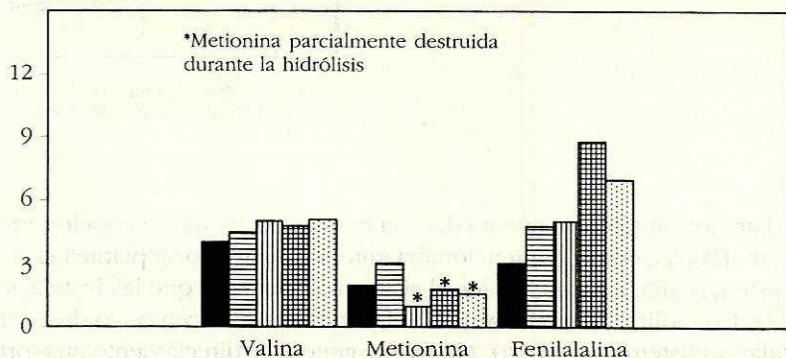
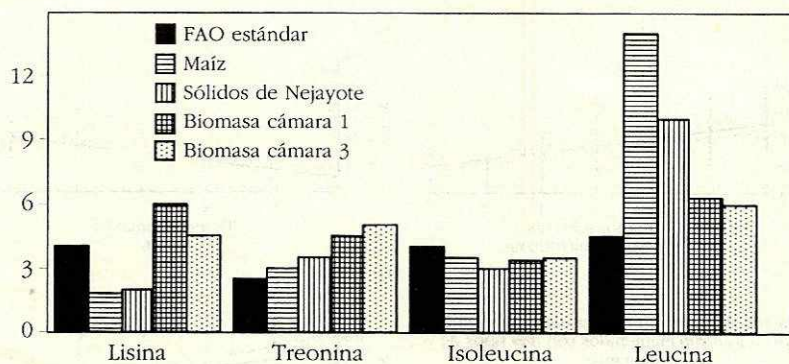
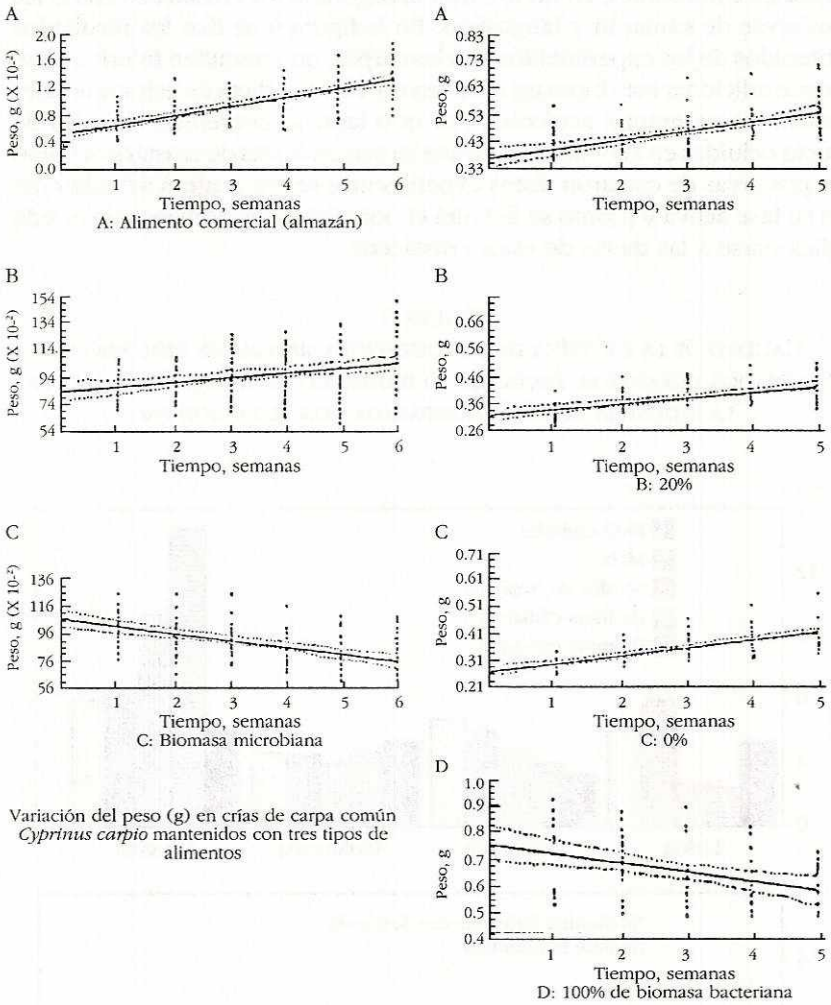


FIGURA 6

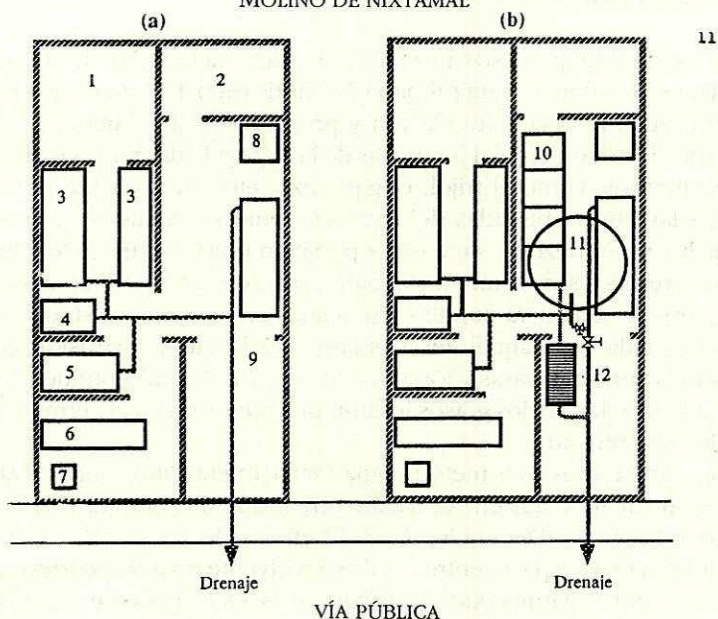
VARIACIÓN DEL PESO (G) EN CRÍAS DE CARPA COMÚN *CYPRINUS CARPIO* MANTENIDAS CON DIFERENTES PROPORCIONES DE BIOMASA BACTERIANA Y ALIMENTO BALANCEADO PREPARADO



Variación del peso (g) en crías de carpa común *Cyprinus carpio* mantenidos con tres tipos de alimentos

Para los molinos de nixtamal, en la figura 7 se presenta la opción propuesta. En ella, como se mencionaba anteriormente, no se plantea el uso de sistemas anaerobios, previos al sistema aerobio, ya que las instalaciones de los molinos y su cercanía con las tortillerías, hacen poco deseable instalar un sistema anaerobio. Allí puede generarse directamente una torta

FIGURA 7
MOLINO DE NIXTAMAL



- 1 Almacén de granos
- 2 Caldera
- 3 Tinas de nixtamalización
- 4 Depósito de agua para el lavado
- 5 Molino de piedras
- 6 Mostrador
- 7 Básculas
- 8 Depósito de agua
- 9 Almacén de cal y residuos de la limpieza del grano
- 10 Reactor biológico rotatorio (RBR)
- 11 Tanque de almacenamiento de nejayote y sedimentador
- 12 Filtro prensa

(a) Molino actual

(b) Posible modificación para tratar las aguas residuales generadas que incluye un tanque sedimentador, un RBR de cuatro cámaras, un filtro prensa para separar biomasa y sólidos primarios (para la venta de la torta prensada) y sistemas de bombeo y accesorios para enviar las aguas tratadas al drenaje.

de biomasa, la cual, mezclada con el tamo y otros subproductos de la limpieza del maíz antes de su cocción, puede directamente emplearse en las dietas de animales caseros.

Finalmente, en la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de prefactibilidad realizada que indican que las ganancias obtenidas de la venta de la biomasa pueden cubrir los costos de operación y de capital de los equipos de depuración.

EXTRUSIÓN ALCALINA DE SÉMOLAS DE MAÍZ EN EXTRUSORES DE PRODUCCIÓN NACIONAL (LLAMADOS DE BAJO COSTO)

La extrusión es un proceso utilizado en la industria harinera desde el siglo pasado, especialmente para preparar pastas de trigo. En los años cincuenta adquirió auge para la texturización y preparación de alimentos ricos en proteínas de origen vegetal (como las de la soya y de diferentes variedades de leguminosas como el frijol, el garbanzo, etcétera), ya que permitían orientar las fibras obtenidas del extrusor como sucedáneos de la carne. Asimismo, se empezó a usar a esta operación unitaria para cocer almidones de cereales, especialmente de maíz, arroz, entre otros; preparación de harinas precocidas para papillas empleadas en alimentos institucionales, ya que su vida de anaquel era más larga (dado que la extrusión genera reacciones entre las grasas y los almidones que reducen la rapidez de rancidificación de los ácidos grasos insaturados presentes en el germen de los cereales completos).

La extrusión es una metodología técnicamente muy simple ya que requiere de un tubo que encierra a un tornillo sinfín, conectado a un motor que lo hace girar. Dependiendo del tamaño de las partículas que se introduzcan en el espacio entre el tubo envolvente y los álabes del tornillo y del contenido de humedad de las partículas, es el grado de cocción que se obtiene a la salida del extrusor (figuras 8a y 8b).

La contribución de esta tecnología aplicada a la cocción del maíz es que permite que el grano se muele en crudo y conserve su fibra, germen, etcétera, y que se cueza en condiciones alcalinas, mediante la adición de

FIGURA 8A
EXTRUSOR DE BAJO COSTO, DISEÑADO Y CONSTRUIDO EN MÉXICO

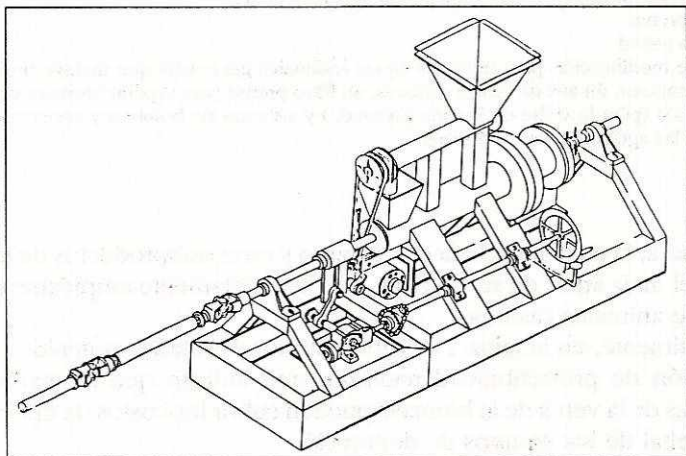
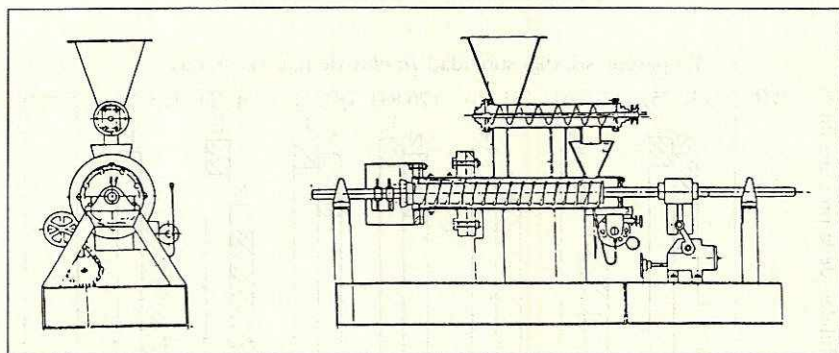


FIGURA 8B
DIAGRAMAS DE CORTE FRONTAL Y LATERAL DEL EXTRUSOR CIATECII



cal, dando a las masas resultantes las características de textura y sabor deseables, además de mantener la calidad nutricia de las masas de granos nixtamalizados e incluso superarla ligeramente (figuras 9 y 10).

En estos experimentos nutricios con ratas, que fueron financiados por la Organización de los Estados Americanos (OEA) entre 1986 y 1988, se usaron además granos de sorgo, tanto solos, como en mezclas con maíz. Estos granos de sorgo colorido, que fueron "perlados" para quitarles las cascarillas de color oscuro, pierden parte de su valor nutricional ya que en el proceso de abrasión se van con el "salvado", el germen y las capas de aleurona. Una opción atractiva en este caso es usar granos "blancos" híbridos que no requieren de la eliminación de la cascarilla.

Existe, además, la oportunidad de enriquecer con otros nutrientes las harinas extrudidas (como el caso de las harinas precocidas que, desde la década de los ochenta, se entregan a los albergues tarámuris —tarahumaras—, a través del gobierno del Estado de Chihuahua, con harinas extrudidas enriquecidas con 5% de harina de soya también extrudida y que no alteran las características de las tortillas, pero aumentan su contenido de proteínas).

En la figura 11 se muestran paralelamente los procesos de nixtamalización y extrusión alcalina para observar las diferencias, en términos de tiempos de proceso y consumos de agua y energía. Las figuras 12 y 13 presentan las opciones de extrusión de soya y de maíz y sorgo.

Finalmente, en la tabla 2 se presenta la evaluación económica en dólares norteamericanos para cubrir cualquier contingencia en términos de devaluación y poder comparar su costo con otras monedas.

FIGURA 9
COMPARACIÓN DE LAS DIGESTIBILIDADES *IN VITRO* E *IN VIVO* DE HARINAS
NIXTAMALIZADAS Y HARINAS EXTRUDIDAS

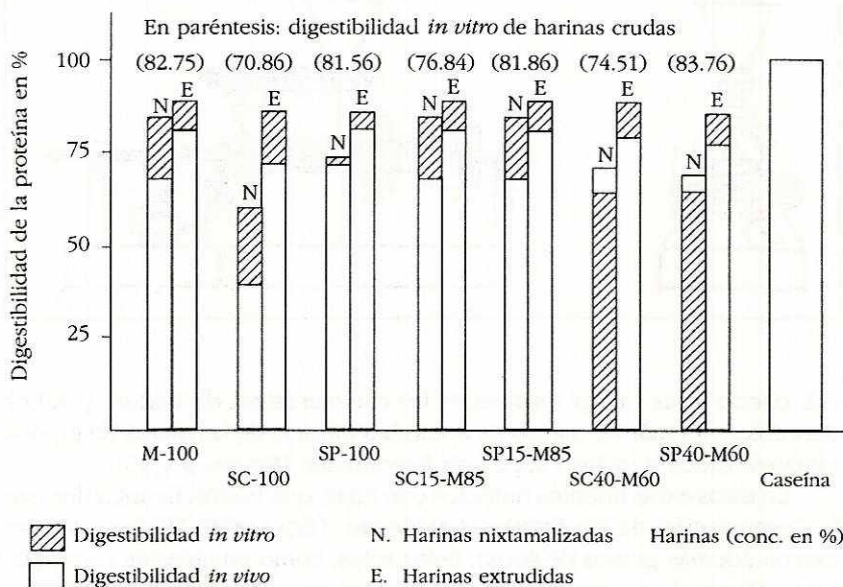


FIGURA 10
COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE REP EXPRESADOS
COMO PORCENTAJE DE REP DE CASEÍNA

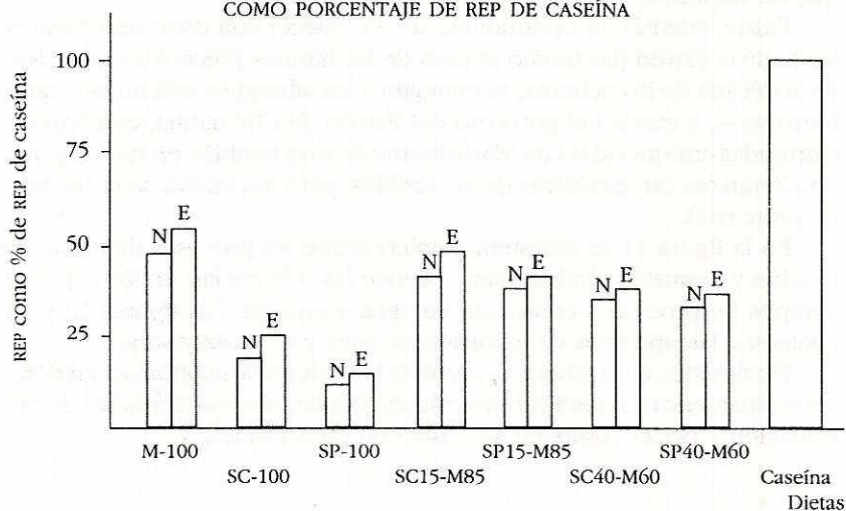
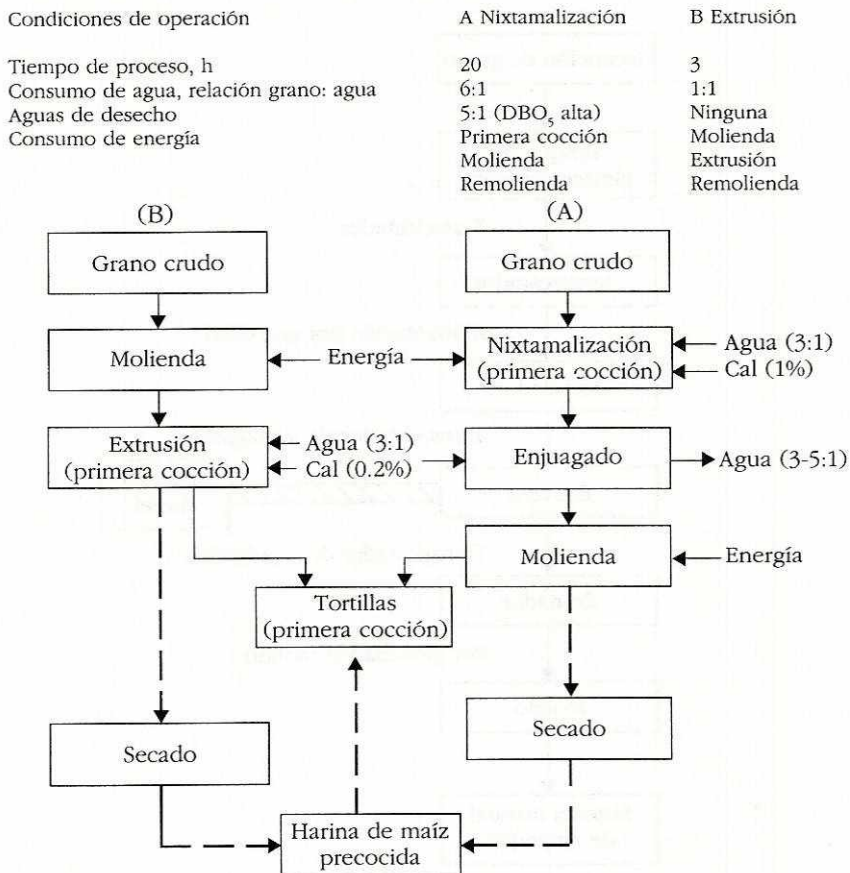


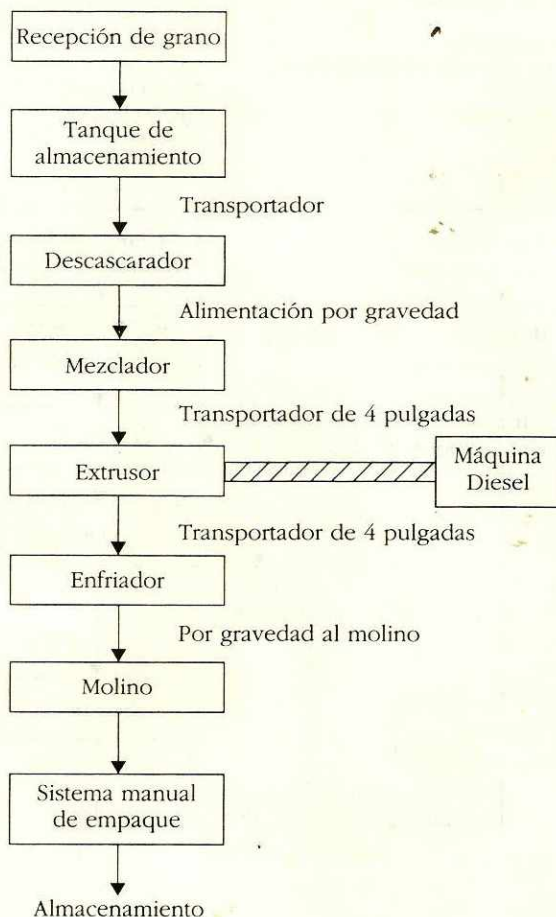
FIGURA 11
 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRUSIÓN
 Y NIXTAMALIZACIÓN DEL MAÍZ



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con la información vertida en los párrafos anteriores, puede verse que existen opciones técnica y económicamente viables para la industria del nixtamal, tanto para producir masas frescas como harinas precocidas. La primera alternativa, que se refiere a la depuración y reuso de las aguas residuales, puede representar una opción temporal hasta la obsolescencia del equipo actual, lo que dejaría la entrada lista para la segunda, en la que el nuevo equipo ya plantea el uso de una tecnología más limpia.

FIGURA 12
 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL SISTEMA DE FABRICACIÓN
 DE HARINA DE SOYA ENTERA



Sería altamente recomendable que los industriales de la masa y la tortilla, así como los de la harina precocida, estudiaran estas opciones para, en el corto plazo, responder constructivamente al reto planteado por la sociedad de proteger el ambiente y ser más productivos, llevando a cabo su actividad industrial en el marco del desarrollo sustentable. Simplemente, los ahorros representados por no tener pérdidas de maíz en las aguas de cocción y lavado y por no tener que tratar éstas para cumplir con las legislaciones ambientales vigentes, dan la pauta para modificar la operación a tecnologías más limpias.

FIGURA 13

PROCESOS TÉRMICO-ALCALINOS PARA OBTENER LOS PRODUCTOS DEL MAÍZ, SORGO, SORGO PERLADO Y MEZCLA DE MAÍZ Y SORGO PERLADO (PARA LA EXTRUSIÓN SE MODIFICA SOLAMENTE LA PROPORCIÓN DE CAL)

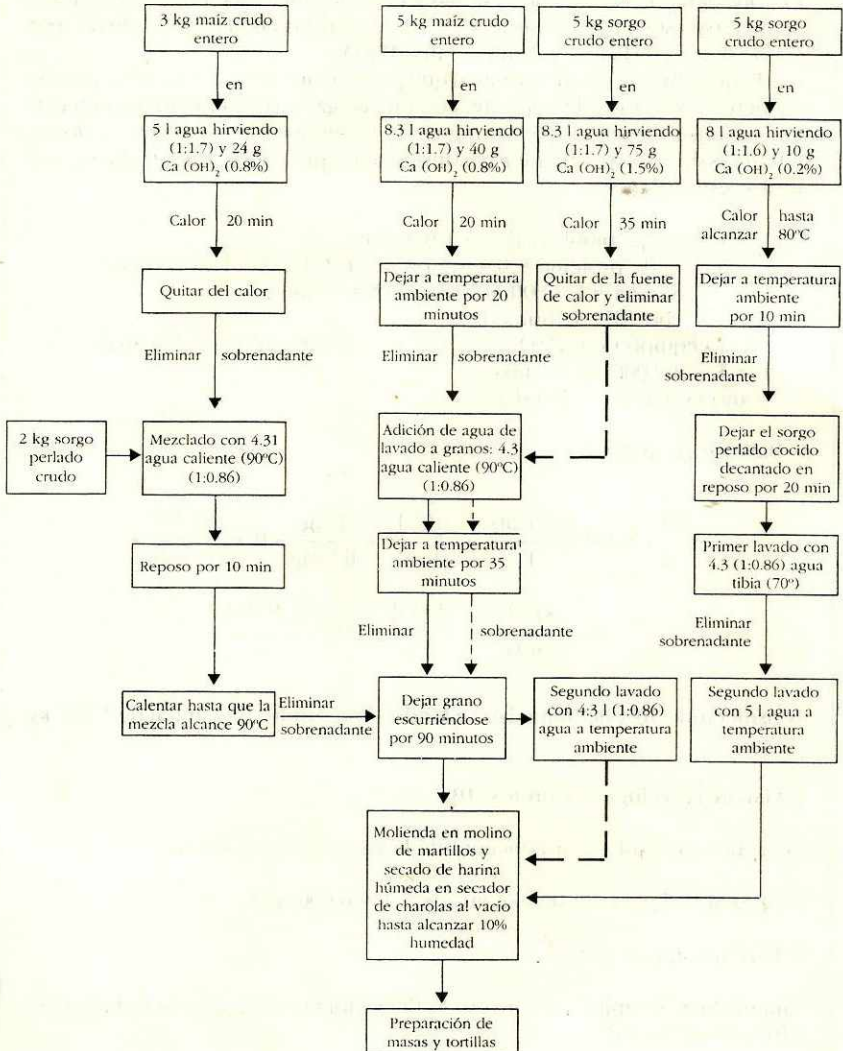


TABLA 1
EVALUACIÓN ECONÓMICA PRELIMINAR

En general, en la industria química se definen, para las evaluaciones económicas preliminares, las tasas internas de retorno (TIR). Esto significa, *grosso modo*, considerando las ganancias brutas y el capital total invertido, cómo puede recuperarse este último. En este sector industrial, las tasas internas de retorno van de 0.2 a 1.0 (Peters y Timmerhaus, 1981).

Para un monitoreo de nixtamal que procese una tonelada de maíz por día y genere 3 m³ diarios de nejayote, con una carga orgánica medida como carbón orgánico disuelto de 5 000 mg COD/l se tendrían los siguientes valores, obtenidos de los experimentos (y considerando precios de 1983, fecha en que se hizo este balance):

Y = 0.5 mg de biomasa B (b.s.)/mg COD

Contenido de proteína = 0.4 mg proteína P/mg biomasa B (b.s.)

Precio proteína = \$ 1 800 M.N./kg proteína húmeda PH

(b.h. con 10% de humedad)

Precio equipo (RBR-2500 y sus accesorios, construido en México):

E = \$ 2 500 000 mexicanos.

1 año de trabajo = 300 días

1. Balance de materia

$$3 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 5\,000 \frac{\text{mg COD}}{1} \cdot \frac{10^3 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \cdot 0.5 \frac{\text{kg B}}{\text{kg COD}} \cdot 0.4 \frac{\text{kg P}}{\text{kg B}} \cdot \frac{300 \text{ d}}{1 \text{ a}} = 900 \frac{\text{kg P (b.s.)}}{\text{a}}$$

Considerando 10% de humedad se tendría una producción anual de 1 000 kg PH/año

2. Ganancias o ingresos brutos (IB)

Las ganancias brutas por concepto de la venta de la PH serían:

$$\$ 1\,800 \text{ M.N./kg PH} \times 1\,000 \text{ kg PH/a} = \$ 1\,800\,000/\text{año}$$

3. Evaluación económica

Para evaluar el capital total invertido (T) se toman el capital de trabajo (CT) y los costos fijos (CF):

$$T = CT + CF$$

Los costos fijos son la suma de los costos directos (CD), indirectos (CI), de planeación e ingeniería (CP) y los de contingencias (C):

$$CF = CD + CI + CP + C$$

TABLA 1
(CONTINUACIÓN)

Para el cálculo de los costos directos e indirectos, cuando no se tienen datos reales, se toman porcentajes de acuerdo con el tipo de equipo y materiales que se manejan. En el texto de Peters y Timmerhaus (1981), para una planta que procesa sólidos y fluidos, se presenta la metodología de evaluación de estos costos como una función del costo total del equipo, E.

TABLA 2
COSTOS DE MANUFACTURA
(HARINA DE MAÍZ PRECOCIDA BAJO CONDICIONES ALCALINAS)*

A. Costos directos de producción	
Materia prima (maíz y cal)	1 385.00
Materiales de empaque	750.00
Mano de obra	121.90
Electricidad	41.40
Mantenimiento	32.05
Gastos generales	5.75
Costos de transporte	70.00
<i>Costos directos totales de producción</i>	<i>2 406.10</i>
B. Costos directos de manufactura	
Gastos fijos por concepto de nómina	18.40
Costos de laboratorio	5.80
<i>Costos directos totales de manufactura</i>	<i>24.20</i>
C. Costos indirectos de manufactura	
Depreciación	47.80
Interés sobre préstamos de capital	139.00
<i>Costos indirectos totales de manufactura</i>	<i>186.80</i>
COSTOS TOTALES DE MANUFACTURA	2 617.10

* Los costos están expresados en pesos/hora.

Síntesis de las consideraciones económicas del sistema de producción de harina de maíz precocida por extrusión bajo condiciones alcalinas

I. Capital requerido	
Costos totales-capital de trabajo	1 615 389.10
Capital de trabajo	959 585.90
<i>Total</i>	<i>2 575 425.00</i>

TABLA 2
(CONTINUACIÓN)

II. Costos de manufactura (pesos/h)	
Costos directos de producción	
Materia prima	1 385.00
Materiales de empaque	750.00
Mano de obra	121.90
Otros	140.20
Costos de manufactura	211.00
<i>Total</i>	<i>2 617.10</i>
Velocidad de producción (kg/h)	500.00
Valor del producto (pesos/kg)	5.20
Evaluación económica	
COSTOS DE CAPITAL	
A. Equipo adquirido (incluyendo transportación)	
Molino	9 200
Extrusor	9 500
Máquina diesel	3 600
Equipo p/aplicación agua-cal	200
B. Contingencias (20%)	4 500
<i>Total</i>	<i>27 000</i>
COSTOS DE MANUFACTURA*	
A. Costos directos de producción	
Materias primas	
Maíz (\$ 110/t)	44 000
Cal (\$ 40/t)	32
Materiales de empaque	
bolsas de polietileno (10 kg a \$ 0.60/bolsa) 40 000 bolsas	24 000
Mano de obra	
Dos operadores a \$ 1.25/h	2 000
Servicios	
Diesel, 20 l/h (\$ 0.10/l)	1 600
B. Costos indirectos de manufactura	
Depreciación (10%)	2 700
Intereses sobre el capital prestado (23% anual)	6 210
<i>Total</i>	<i>80 542</i>

* Producción anual: $(4\ 000\ \text{kg/día}) (100\ \text{días}) / (1\ \text{año}) = 400\ 000\ \text{kg/año}$. Costo por kilogramo procesado: \$ 0.2014 dólares norteamericanos.

Fuente: Guerra *et al.* 1983.

REFERENCIAS

- Anónimo (1989), Obtención de harina de maíz y/o de sorgo precocida para tortillas, *Noticiero de desarrollo tecnológico en alimentos*, UNAM-PUAL, México, marzo-abril, s.p.
- _____ (1989), Tratamiento biológico de aguas residuales de molinos de nixtamal y fábricas de harina, *Noticiero de desarrollo tecnológico en alimentos*, UNAM-PUAL, México, mayo-junio, s.p.
- Bazúa, C.D. *et al.* (1976), High-lysine corn traditional Mexican products. **En:** Proceedings of the First International Congress on Engineering and Food, agosto, University of Massachusetts, pp. 231-233.
- Bazúa, C.D. (1982), Desagües de la industria alimentaria: fuente de biomasa para el enriquecimiento de dietas y de biogás como combustible barato para la industria, *Tecnología de Alimentos (Méx.)* **17** (6):22.
- _____ (1979), Extruded corn flour as an alternative to lime-heat corn flour for tortilla preparation, *J. Food Sci.* **44**(3):940-941.
- _____ y Guerra, R. (1980), Los centros de investigación y educación superior y el desarrollo de agroindustrias. Dos problemas tipo. Parte II: Nuevos productos agrícolas procesados, *Tecnología de Alimentos (Méx.)* **15**(6):4-16.
- Cabrera, E. *et al.* (1984), Kinetics of water diffusion and starch gelatinization in cooked corn. **En:** *Food engineering*, B. MacKenna (ed.), Applied Science Pub. Co., Londres, pp. 117-125.
- Civit, E. *et al.* (1984), Anaerobic treatment of maize processing wastewater (nejayote) in a packed bed reactor cascade, *Environmental technology letters* **5**(2):89-93.
- Durán de Bazúa, C. (1984), Uso de la extrusión para sustituir métodos tradicionales de cocción. **En:** Memorias de la Primera Reunión Panamericana de Extrusión de Alimentos, Pub. CONACYT-CIATECH. Chihuahua, CHIH, México, pp. 84-89.
- _____ (1984), Proyecto de un paquete tecnológico para reaprovechar los efluentes y desechos sólidos de la industria del maíz (nixtamal). **En:** Memorias de la Primera Reunión Regional de Ecología, Delegación Regional de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Santa Cruz, TLAX, México, mayo, pp. 131-142.
- _____ (1984), Suplementación de alimentos con proteína microbiana obtenida a partir de los desagües de molinos de nixtamal, *Tecnología de Alimentos (Méx.)* **19**(4):14, México.
- _____ (1987), Effluents of the food industry in Mexico. Environmental impacts on soil and water resources and possible solution using the biotechnological approach. Case problem: The corn industry. **En:** *Biotechnology applied to environmental problems. Global*

bioconversions, CRC Press Inc., Boca Raton, vol. II, cap. 2, pp. 75-119.

- _____ (1988), Recycling of corn processing wastes [Aprovechamiento de efluentes de la industria del maíz]. Final project report/informe final de proyecto (1987), UNAM-UNEP-Impresora Azteca, México, 93 p.
- _____ (1988), Una nueva tecnología para la extrusión alcalina de maíz y sorgo, *Monografía tecnológica 2*, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, OEA, UNAM-Proyecto Multinacional de Tecnología de Alimentos, Eón Eds., México, 71 p.
- _____ (1988), Tratamiento de aguas residuales de la industria alimentaria, un reto para los países en vías de desarrollo, *Rev. IMIQ* **30**(3):3-13.
- _____ (responsable global) (1990), La biotecnología, aplicaciones a la industria de alimentos y en el tratamiento de aguas residuales. **En:** *Alimentos y biotecnología*, Cuadernos de posgrado, **2**(4):4-31, UNAM-Facultad de Química, México.
- _____ y L. Hartmann (1980), Wissenschaftliches Abschlussbericht 15 Sem. Intl. Universität Karlsruhe, Karlsruhe, RFA, pp. 214-232.
- Durán Domínguez, C. (1978), Procedimiento para cocer maíz por extrusión: Registro de patente: abril 7, 1978. Dirección General de Inventiones y Marcas, Departamento de Patentes, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, México.
- _____ (1978), Procedure for cooking corn by extrusion. Pend. Pat. Patent and Trademark Office, Department of Commerce, USA, August 1978, Washington, D.C.
- Durán Domínguez, M.C. *et al.* (1991), Producción de alimentos para peces. Utilización de subproductos del tratamiento de aguas residuales. **En:** Premio Nacional Serfin al Medio Ambiente, José Juan de Olloqui (ed.), Futura Eds., Villa Nicolás Romero, México, pp. 79-106.
- Durán Domínguez de Bazúa, M. C. (1987), Die biologische Behandlung and Verwertung von Abwässern der Maisverarbeitung in Mexiko, *Fortschritt Bericht Reihe 15: Umwelttechnik, Nr. 51*, VDI-Verlag. Düsseldorf, RFA, 162 p.
- González-Martínez, S. *et al.* (1985), Treatment of the wastewater from the alkaline-cooking of maize (Indian corn) in an RBC-System. **En:** Proceedings of the 1985 Speciality Conference on Environmental Engineering, ASCE, O'Shaughnessy (ed.), Northeastern University, Boston, MA, julio 1-5, pp. 606-613.
- Guerra, R. *et al.* (1983), High-Lysine corn traditional Mexican products from extruded cornmeal, *Trans. ASCE*, **26**(2):618-623.
- Hartmann, L. y Durán-de-Bazúa, C. (1981), Produktion von Biomasse aus hochkonzentrierten Abwässern der Lebensmittelindustrie. *Wissenschaft und Umwelt* **3**:141-145.
- _____ (1982), Biological treatment of effluents of the maize industry in batch and continuous laboratory tests. **En:** Proceedings of the 2nd

- World Congress of Chemical Engineering, Montreal, Canadá, pp. 601-605.
- Montesinos, M.A. y Durán de Bazúa, C. (1986), Comportamiento de un reactor biológico rotatorio a escala piloto. Problemas de arranque y alcance de condiciones de régimen estacionario. **En:** Proceedings of the First International Seminar of Experts on Biological Wastewater Treatment of Industry Effluents, C. Durán de Bazúa (ed.), UNEP-BMFT-UNAM, México, pp. 25-38.
- Pedroza de Brenes, R. y Durán de Bazúa, C. (1985), Producción de proteína unicelular de desechos (PUCD) a partir de efluentes de la industrialización del maíz para consumo humano, *Tecnología de Alimentos (Méx.)* **20**(6):3-10.
- _____ (1986), Laboratory performance of a rotating biological contactor (RBC) for nejayote (corn processing wastewater) biological degradation. **En:** *Food engineering and process application* **2**(29):345-355.
- _____ (1987), RBC Characteristics for nejayote aerobic treatment, *Environmental Technology Letters* **8**(11):579-588.
- _____ (1990), Aerobic treatment of maize processing wastewater in a 50-Liter rotating biological reactor, *Biological Wastes* **32**:17-27.
- _____ (1991), La biotecnología y el desarrollo agroindustrial, *Umbral XXI* **5**:50-53.
- Pérez, R. *et al.* (1988), Extrusión de mezclas de harinas de maíz y sorgo: condiciones óptimas de proceso empleando como parámetro de evaluación las características sensoriales de tortillas elaboradas con dichas harinas *Rev. IMIQ* **30**(1):5-11.
- Peters, M. S. y K. D. Timmerhaus (1981), Plant design and economics for chemical engineers. 3a. ed., Mc Graw-Hill Intl. Book Co. Tokyo, Japan, cap. 5.
- Rangel-Silva, M. y Durán de Bazúa, C. (1992), Sistema mecánico para procesar semillas gramíneas. Registro de patente: septiembre 18, 1992. Aprobación: junio 23, 1995. Dirección General de Invenciones y Marcas, Departamento de Patentes, Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, México.
- Sánchez-Tovar, S. A. *et al.* (1993), Extrusión alcalina de maíz blanco y amarillo, evaluaciones reológicas y sensoriales de masas y tortillas, UNAM-Facultad de Química, México, vol. 1 (Serie: Tecnologías Limpias), 184 p.
- Valderrama, S. B. *et al.* (1991), Biomass recovery in wastewater treatment plants. Chemical and microbiological analyses. *AGROfoodINDUSTRYbiotech.* **2**(5):33-35.
- _____ (1988), Evaluación químicobiológica de lodos (biomasa microbiana) obtenidos de un reactor de biodiscos. **En:** Memorias del VI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiente, Querétaro, Qro., Mexico, secc. III, p. 5.

