Revista del Instituto Politécnico Nacional

No. 33 SEPTIEMBRE 2004

conversus

• Donde la ciencia se convierte en cultura

CECYM
33

Tips para estudiar robótica

Mundo de robots

Robots a la Mexicana

Mario Molina en campaña pro Kerry • Biópolis, la ciudad de la ciencia

ISSN - 1665 -2665

Instituto Politécnico Nacional

Dr. José Enrique Villa Rivera
Director General
Dr. Efrén Parada Arias
Secretario General
Dra. Yoloxóchitl Bustamante Díez
Secretaria Académica
Dr. Óscar G. Escárcega Navarrete
Secretario de Extensión y Difusión
Ing. Manuel Quintero Quintero
Secretario de Apoyo Académico
Dr. Jorge Verdeja López
Secretario Técnico
C. P. Raúl Sánchez Ángeles
Secretario de Administración
Dr. Jorge Antonio Mirón Reyes
Abogado General
Dr. Luis Humberto Fabila Castillo
Coordinador General de Posgrado e Investigación
Mtro. Eduardo Meza Olvera
Coordinador General de Vinculación Académica y Tecnológica
M. en C. María Dolores Sánchez Soler
Coordinadora General de Modernización Institucional
Fernando Fuentes Muñiz
Coordinador General de Comunicación Social y Divulgación
Ing. Sergio Viñals Padilla
Director del Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología

Conversus

Director Editorial
Jesús A. Mendoza Álvarez

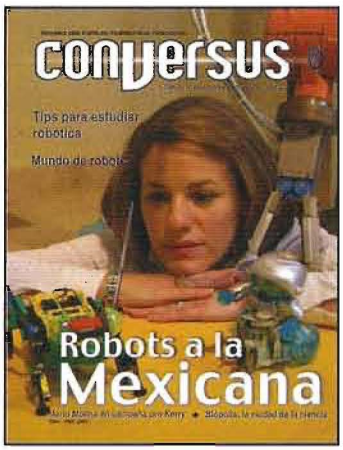
Comité Editorial
José Antonio Arias Montaño, Rosendo Bolívar Meza, José Gerardo Cabañas Moreno, Guillermo Carvajal Sandoval, Sergio A. Estrada Parra, Luis Humberto Fabila Castillo, Jorge González Claverán, Clemente R. Morales Dávila, Ricardo Mota Palomino, Efrén Parada Árias, Octavio Paredes, Ofir Picazo Picazo, Radu Gheorghe Racotta Poulieff, Onofre Rojo Asenjo, Michael Shapiro Fishman, Joaquín Tamariz Mascarúa, María de los Ángeles Valdés Ramírez, Miguel Ángel Valenzuela Zapata, José Enrique Villa Rivera.

Encargado de Información
Lic. Octavio Plaisant Zendejas
Encargado de Redacción
Lic. José Luis Carrillo Aguado
Reporteros
Lic. Jorge Rubio Galindo,
Ing. Claudia Loaiza Escutia,
Lic. Lucía Pérez-Moreno
Diagramación y Formación
Lorena Elizabeth Quintana Ortega
Ilustración
Eduardo C. Mendoza Gutiérrez
L. Elizabeth Quintana Ortega
Cuidado de la edición y corrección de estilo
Mónica Pineda Robledo
Captura de Textos
Guadalupe Cantú Morales

Impresión: Impresora y Encuadernadora Progreso, S.A. de C.V.
San Lorenzo Tezonco No. 244 Col. Paraje San Juan, Delegación Iztapalapa, C. P. 09830, México D. F.

Conversus
Es una publicación mensual (Septiembre 2004), con excepción de los meses junio-julio y diciembre-enero, del Instituto Politécnico Nacional, editada por el Centro de Difusión de la Ciencia de la Secretaría de Extensión y Difusión. Los artículos firmados son responsabilidad exclusiva de su autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando se cite explícitamente la fuente. Domicilio de la publicación: Av. Zempoaltecas esq. Manuel Salazar, Col. Ex-Hacienda El Rosario. Deleg. Azcapotzalco. C.P. 02420
Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2001-100510055600-102. Número de Certificado de Licitud de Título 11836. Número de Certificado de Licitud de Contenido 8437, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Número ISSN 1665-2665. Editor responsable: Jesús A. Mendoza Álvarez. Tel.: 5729 6000, ext. 64818 D.e.: jmendoz@ipn.mx Tiraje: 5000 ejemplares.

contenido



Fotografía: Karina Ocaña

3 Mensaje del Director General

Fronteras

4 Cámara que evitará la exploración quirúrgica mamaria
Liz Clark

5 El aluminio convierte la chatarra de acero en una superaleación
Stanniforth Webb

6 Banco virtual de pruebas para automóviles de carreras
Michael Boyd

Observatorio científico

8 Mario Molina encabeza comité científico pro Kerry
Jesús Mendoza Álvarez

10 Singapur recluta científicos de todo el mundo para Biópolis
Jesús Mendoza Álvarez

Investigación hoy

12 La ciencia del nixtamal
Jorge Rubio Galindo

18 De la fábrica al quirófano
Lucía Pérez-Moreno

22 Robots con sentidos
Jesús Mendoza Álvarez

Paideia

26 Robótica industrial
José Luis Carrillo Aguado

30 Robots avanzados
Octavio Plaisant Zendejas

Punto crítico

36 Robots humanoides
Claudia Loaiza Escutia

40 Robots actuales
Rodolfo Romero Herrera y Jesús Yaljá Montiel Pérez

46 ¿Quiere conocer un robot?
Lucía Pérez-Moreno

Soluciones

48 La otra muerte transfronteriza
Laura Beltrán García y Guillermo Román Moguel

Sucesos

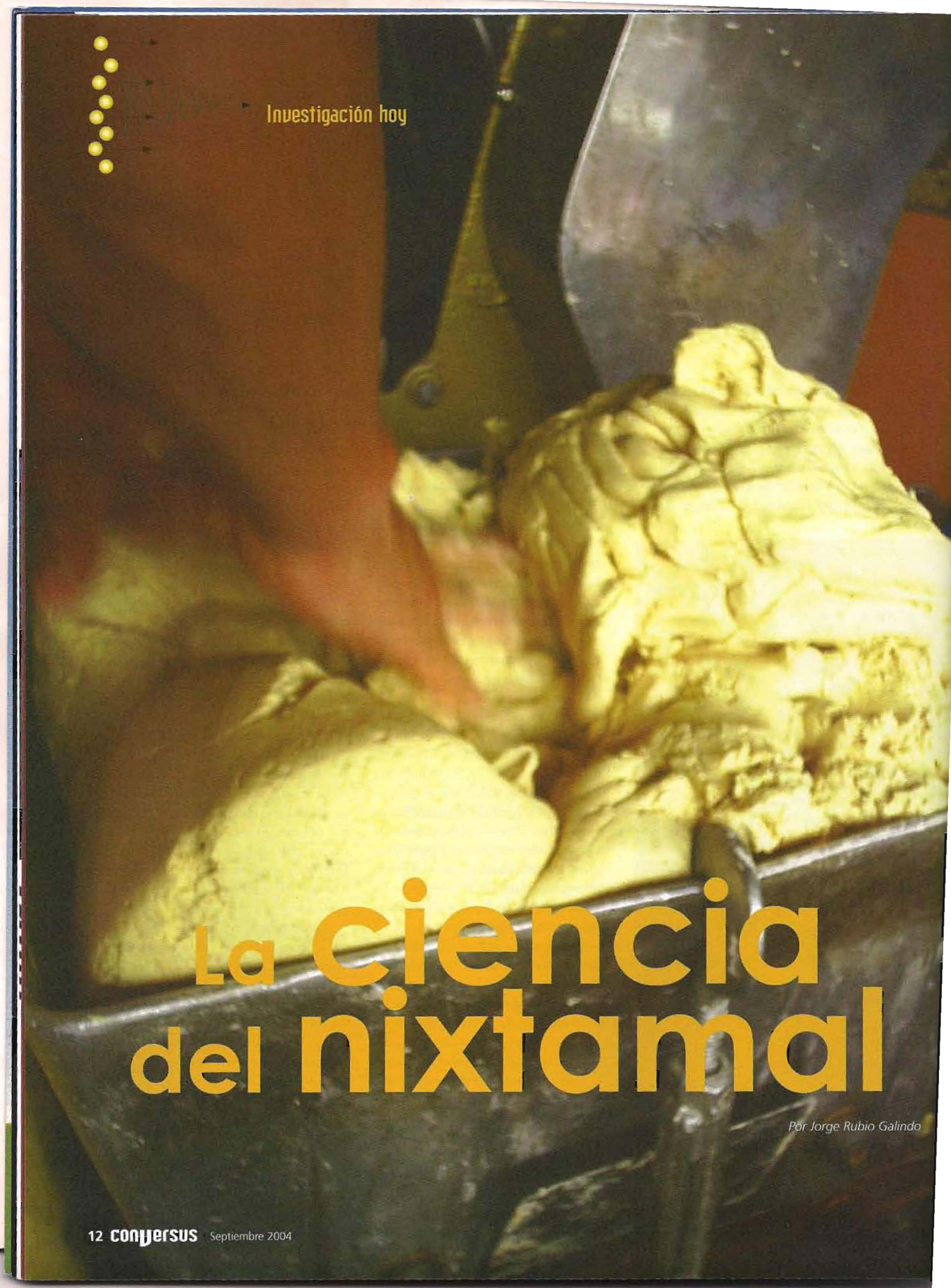
52 Lo mejor del periodismo científico
José Luis Carrillo Aguado

53 Nuevo coordinador del Foro Consultivo Científico y Tecnológico
Claudia Loaiza Escutia

54 Crean el Instituto Nacional de Medicina Genómica
Octavio Plaisant Zendejas

Otra voz... La visión del joven investigador

56 Fusión: fuente alternativa de energía
Víctor Barrera Figueroa



La ciencia del nixtamal

Por Jorge Rubio Galindo

El escritor Salvador Novo describió el proceso tradicional del nixtamal de la cultura náhuatl de esta manera: "El maíz se había reblandecido toda la noche en un *barreño*, en el agua con *tequesquitl*. La mujer lo molió —como *Quilaztli*, la germinadora— según la leyenda— molió los huesos del padre de *Quetzalcoatl*, en el *metatl*. Bajó con el metlapil las oleadas de nixtamal —espuma blanquísima deslizada sobre el mar negro y firme del *metatl*— una y otra vez, hasta la tersura, mientras la leña chisporroteaba en el *tecuitl*, bajo el *comalli*. Luego, con las pequeñas manos húmedas, cogió el *testal* para irlo engrandeciendo a palmadas rítmicas, adelgazando, redondeando hasta la tortilla perfecta que acostó, como a un recién nacido, sobre el *comalli* sostenido en alto en tres piedras rituales por *Xiuhtecuhtli*, el dios viejo del fuego. La tortilla se inflaría como si hubiera cobrado vida, como si quisiera volar, ascender; como si *Ehecatl* [dios del viento] la hubiera insuflado. Era el momento de retirarla dulcemente del *comalli*; cuando ya tuviera, sobre la carne de nuestra carne, de nuestro sustento, otra delicada epidermis. El momento de ponerlas una sobre otra, como otros tantos pétalos de una flor comestible, en el *tenate*"[1].

El proceso tradicional del nixtamal del maíz (en adelante, PTNM) para elaborar la tortilla es un aporte prehispánico de la cultura mexicana al mundo. El PTNM integra químicamente las cadenas de almidón y de aceite, reduce la acidez propia del grano, aumenta la elasticidad de la composición de la masa, mejora los sabores propios y desdobla los valores alimenticios de los alimentos combinados. Además, por su contenido de calcio protege la salud contra enfermedades como la pelagra y la osteoporosis.

Este conocimiento, transmitido empíricamente de generación en generación, ha comprobado su eficacia y valor nutricional para la elaboración de la tortilla y otros productos de maíz, en un proceso perfeccionado durante miles de años.

El proceso tradicional consta de dos fases: en la primera, el grano de maíz se somete a un cocimiento térmico de agua con cal (hidróxido de calcio) y, en la segunda, se deja reposar en su agua de cocción. Después del tiempo de reposo se lavan los granos para remover los compuestos orgánicos (cascarilla) y el exceso de calcio —en esta parte del proceso se puede volver a agregar la cascarilla para preparar una harina integral—. Posteriormente se muelen en el molino para elaborar la masa, y se deshidratan cuando se necesita obtener harina instantánea.

Un alimento tradicional y nutritivo

De acuerdo con las investigaciones que realiza el equipo dirigido por el doctor José Luis Fernández Muñoz en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), Unidad Querétaro del Instituto Politécnico Nacional (IPN), la tortilla de maíz elaborada siguiendo el proceso del nixtamal aporta 48.2 por ciento de calorías, 38.8 por ciento de proteínas y 49.1 por ciento de calcio a nuestro organismo, además de sabor, aroma y textura. No obstante, durante la industrialización de este alimento se pierden algunas propiedades por lo que es necesario establecer una norma industrial

Glosario

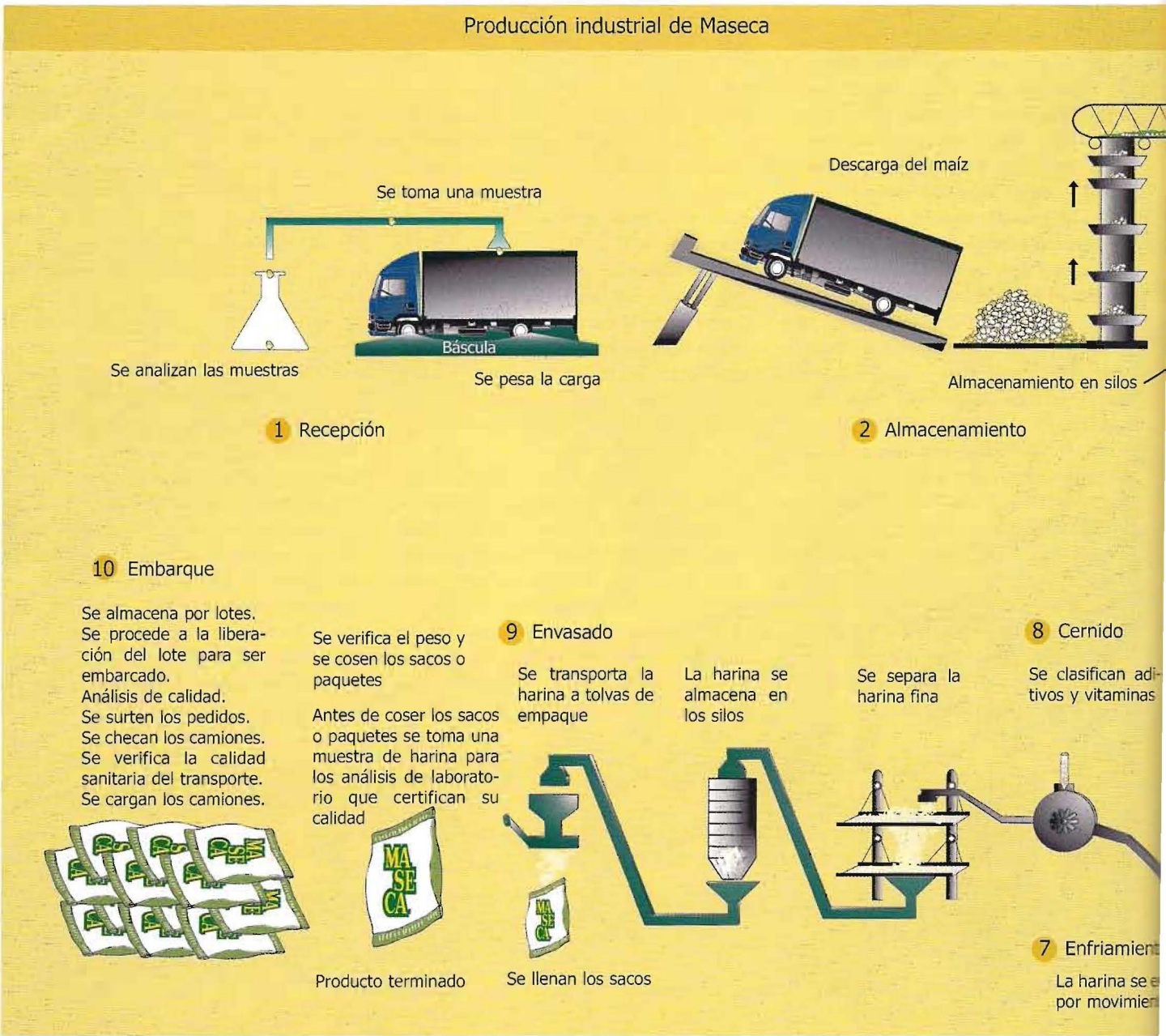
Barreño. Vasija de barro.
Comalli. Disco de barro utilizado para cocer las tortillas.
Metatl. Metate, piedra rectangular que en México sirve para moler el maíz.
Metlapil. Pieza cilíndrica de piedra con que se muele el maíz en el metate.
Tamalli. Tamal, bola de masa de harina de maíz rellena de diferentes condimentos, envuelta en hoja de maíz o plátano y cocida al vapor.
Tecuitl. Hornillo de piedra y leña para cocer la comida.
Tenate. Canasto de fibras de palma o carrizo utilizado para poner las tortillas.
Tequesquitl. Tequezquite, carbonato de sosa natural, salitre.
Testal. Porción de masa que cabe dentro de la mano; amasada y aplanada forma la tortilla cruda.

La pelagra es la incapacidad del organismo para absorber la *niacina* (una de las vitaminas del complejo B) y el *triptófano* (un importante aminoácido proteico). Se manifiesta por úlceras cutáneas escamosas en la piel, diarrea, transtornos mentales e, incluso, la muerte. Está asociada al consumo de grandes cantidades de maíz sin seguir el proceso del nixtamal. El PTNM libera la niacina enlazada y el triptófano y los vuelve biodisponibles para la digestión.

que garantice una tortilla de calidad a los consumidores.

En opinión del doctor Fernández Muñoz, el proceso tradicional tiene gran relevancia como estándar de calidad para la producción de harinas y masa para tortillas de maíz, debido a que preserva las propiedades en el producto final con sus características físicas y sensoriales. Dicho estándar, reconocido por investigadores estadounidenses y europeos como indispensable para elaborar una tortilla de maíz de calidad, desafortunadamente no se aplica como una norma en los procesos de industrialización de la tortilla en nuestro país.

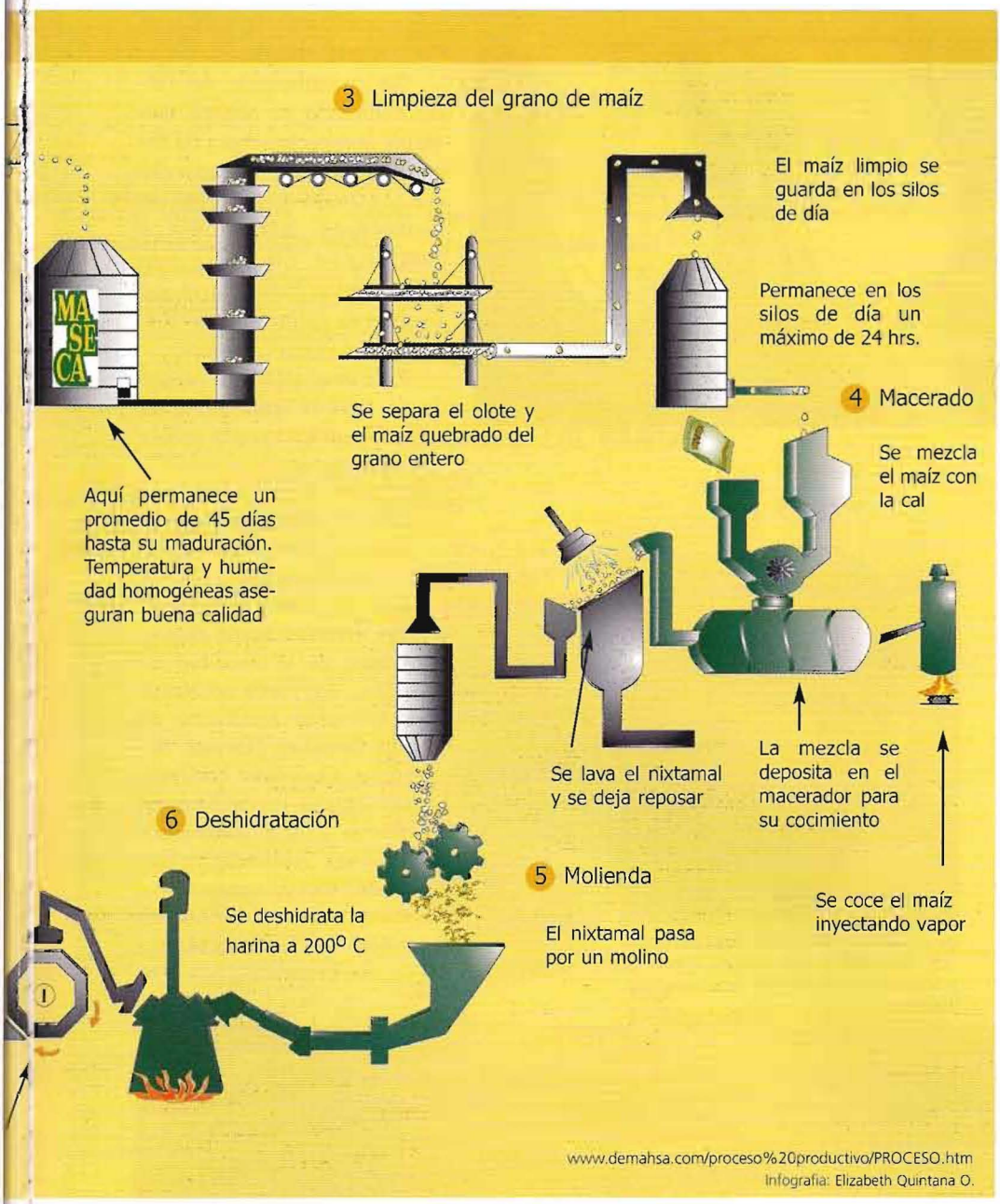
Como consumidores —agrega el investigador— percibimos la falta de una norma de producción de calidad en sus características propias de textura, sabor, olor y facilidad para enrollar la tortilla y así formar el taco. Esto nos permite confirmar la importancia del PTNM en la elaboración de este alimento básico en la



dieta y el bolsillo de millones de hogares mexicanos, centroamericanos y estadounidenses. Mercado en el que el Grupo Industrial Maseca, principal productor de harinas de maíz en el mundo, reportó ventas por 2 050 millones de dólares, solamente el año pasado.[2]

La industria harinera de maíz de nixtamal comenzó en nuestro país en 1948 con el procesamiento de 12 000 toneladas anuales en Cerralvo, Nuevo León, con la idea de facilitar la elaboración de la tortilla y así evitar que el ama de casa tuviera que preparar y moler el maíz diariamente.[3] Sin embargo, de acuerdo con el investigador del CICATA, estos procesos no ofrecen un producto con las características de sabor, olor y textura de las tortillas tradicionales por la falta del conocimiento científico profundo de lo que ocurre con el grano de maíz al contacto con el agua y el calcio.

La tortilla de maíz elaborada siguiendo el proceso del nixtamal aporta 48.2 por ciento de calorías, 38.8 por ciento de proteínas y 49.1 por ciento de calcio a nuestro organismo



El doctor Fernández Muñoz considera que hasta la fecha la investigación realizada sobre el PTNM, no ha sido suficiente para encontrar un proceso alternativo que reduzca la contaminación y el consumo de agua, y que pueda aplicarse industrialmente para producir tortillas de calidad.

UNA INVESTIGACIÓN A FONDO

Para comprender a fondo la manera en que el calcio se incorpora al grano y sus efectos en la textura, olor y sabor del maíz durante el proceso del nixtamal y, al mismo tiempo, desarrollar conocimientos que puedan utilizarse en la estandarización de los procesos industriales, el equipo de investigadores, coordinado por Fernández Muñoz, realizó la investigación "Cuantificación de la difusión de los iones de calcio en las diferentes partes (pericarpio, endospermo y germen) del grano de maíz durante el proceso tradicional del nixtamal", de marzo de 2003 a febrero de 2004, auspiciada por la Coordinación General de Posgrado e Investigación (CGPI) del IPN. Este trabajo permitió que los investigadores politécnicos comprobaran que la calidad de la tortilla está directamente relacionada con el cocimiento, la cantidad de calcio que se agrega al agua y el tiempo de reposo al que es sometido el grano durante el PTNM. También observaron que diferentes cantidades de calcio afectan las propiedades físicas de elasticidad, calentamiento y textura del grano de maíz,[4] y que al incrementar el tiempo de reposo varía el contenido de calcio en las harinas instantáneas.

UNA COMPROBACIÓN VISUAL

Para comprobar la difusión del calcio (forma en que gradualmente se integra el calcio al grano de maíz durante el proceso del nixtamal), se solicitó el apoyo del doctor Reynaldo Pless Elling, investigador del Departamento de Ingeniería Genética de Plantas del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), Unidad Irapuato. El investigador agregó calcio radioetiquetado (calcio radiactivo [Ca_{45}]) al proceso para visualizar su incorporación al grano de maíz durante las

etapas de calentamiento y de reposo. Después tomó algunas muestras del maíz, las rebanó y las colocó en una película negativa sensible a los rayos X, donde quedó impresa la absorción del calcio radiactivo en las partes del grano.

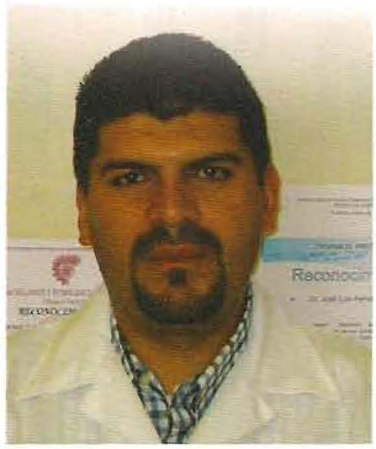
ANTECEDENTES

En esta investigación se consultaron los resultados de otras investigaciones y a partir de éstas se encontró que durante la fase de cocimiento y de reposo de 0 y 12 horas disminuye la proteína y la fibra cruda; mientras se incrementan las cenizas del calcio.

En otra experiencia se utilizó maíz comercial en una proporción maíz-agua de 1 y 3, 1 por ciento de calcio, un tiempo de cocimiento de 20 minutos, a 83° C y un tiempo de reposo de doce horas. De ella se observaron los siguientes cambios estructurales que sufre el maíz al convertirse en masa: debilitamiento alcalino de la pared celular que facilita la remoción del pericarpio y del endospermo, así como una modificación de la estructura del almidón y de los cuerpos proteicos.

MÉTODOS EMPLEADOS Y OTRAS CONTRIBUCIONES RESULTANTES

Para realizar la investigación se utilizaron varios métodos: el modelo matemático llamado curva logística que obtiene una gráfica en forma de *s* donde cuantifica la incorporación y la pérdida de calcio en la cascarilla (pericarpio) y en el interior del grano (endospermo). La curva logística permite establecer dos momentos en que se alcanza la máxima saturación de calcio en el grano: durante el calentamiento y el reposo.



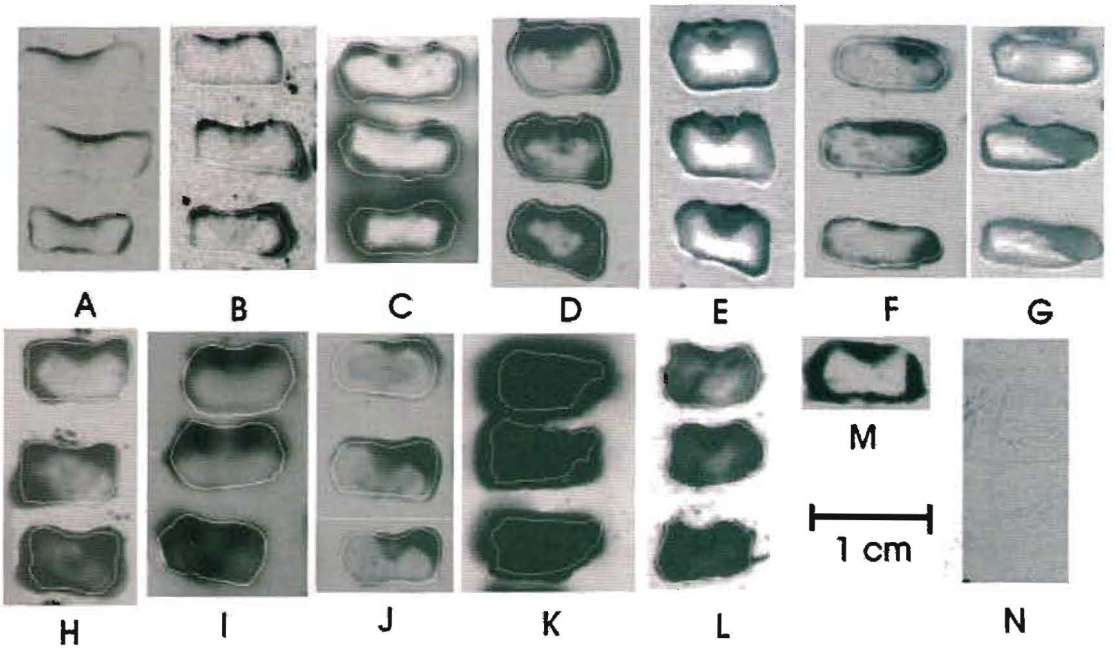
De acuerdo al investigador José luis Fernández percibimos la falta de una norma de producción de la tortilla por su textura, sabor y aroma

Para el método experimental se utilizaron las siguientes variables en el proceso del nixtamal: maíz criollo tipo *Toluca*, una proporción de dos contenidos de agua por uno de maíz, 20 gramos de calcio [$Ca(OH)_2$] por un kilogramo de maíz; a temperatura de cocimiento de 72° C y dos tiempos de cocimiento: de 72 y 100 minutos. Además diferentes tiempos de reposo (de 0 a 24 horas). Se obtuvieron diversas muestras, se analizaron y, finalmente, todas se lavaron, molieron y deshidrataron para convertirlas en harinas instantáneas.

La cuantificación del calcio contenido se obtuvo mediante la espectroscopia de absorción atómica, de acuerdo con el método de medición estandarizado AOAC 968.08 1988 Analyst, con un aparato 300 de Perkin Elemer, en el que se observó un incremento sustancial del calcio contenido.

Esta investigación generó cuatro tesis de licenciatura, un artículo publicado en la revista con arbitraje internacional *Cereal Chemistry* y otro más en proceso de dictamen para su publicación, cuatro ponencias en foros internacionales y diez en nacionales. Se contó, además, con la participación de investigadores de diversas Instituciones: Isela Rojas Molina, de la Facultad de Ciencias Naturales, licenciada en Nutrición por la Universidad Autónoma de Querétaro; M. L. González Dávalos, Facultad de Ciencias Químicas, con posgrado en Química por la UNAM; Myriam Leal, M. E. Valtierra y M. E. Rodríguez, del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, UNAM, campus Juriquilla, Querétaro, y Ganaderos Asociados de Querétaro y E. San Martín Martínez del CICATA, Legaria.

Durante la fase de cocimiento y reposo de 0 y 12 horas, hay una disminución de la proteína de 11 por ciento a 10.6 por ciento y de la fibra cruda de 2.3 por ciento a 2 por ciento, y un aumento de las cenizas de 1.7 por ciento a 2.3 por ciento y de calcio de 0.0076 por ciento a 0.1230 por ciento.



Película negativa sensible a los rayos X, donde quedó impresa la absorción del calcio radioactivo de segmentos de granos de maíz nixtamalizado, en $Ca(OH)_2$. Cocinado por el metodo de Kernels a 85º C por 30 min. (A) y 75 min. (B), y subsecuentemente dejados a secar por 2 h. (C), 4 h. (D, E, F, G), 8 h. (H), 10 h. (I), y 24 h. (J, K, L)

Actualmente, el equipo del doctor Fernández Muñoz trabaja en tres líneas de investigación sobre la calidad de la tortilla: desarrollo de la viscosidad, propiedades de cristalinidad y comportamiento del proceso de difusión con variaciones de calcio.

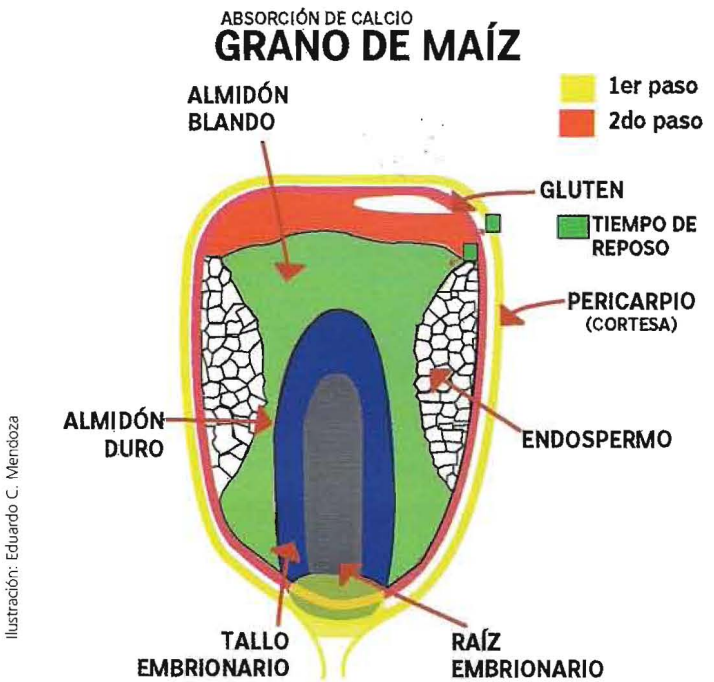


Ilustración: Eduardo C. Mendoza

En un maíz sin el PTNM, el contenido de calcio es de 0.024 por ciento, pero después del cocimiento con calcio, es de 0.146 por ciento. Lo cual demuestra la incorporación del calcio al grano de maíz con el PTNM.

NOTAS

[1]Salvador Novo, *Cocina mexicana o Historia gastronómica de la ciudad de México*, México, Editorial Porrúa, 1976, p. 7.

[2]En <http://mx.invertia.com/noticia/noticias.asp?idNoticias=200405241659_RTI_1085417945nN2>, consultada el 26 de mayo de 2004.

[3]En <http://www.cnmaiz.com.mx/industria/index.htm>, consultada el 8 de junio de 2004.

[4]A. C. Zazueta, *et al.*, "A Radiosotopic Study of the Entry of Calcium Ion into the Maize Kermel During Nixtamalization", *Cereal Chemistry*, vol. 79, núm. 4, 2002, pp. 500-503.