

# CIENCIAHOY

Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy

## El pan nuestro de cada día

M. Lucrecia Álvarez y Rubén H. Vallejos

Centro de Estudios Fotosintéticos y Bioquímicos (CEFOBI). CONICET - Fundación Lillo, Universidad Nacional de Rosario

De cómo los métodos provistos por la ingeniería genética permiten mejorar la calidad de la harina de panificación.

El uso de la harina de trigo para la elaboración del pan es una de las formas de biotecnología más antiguas de la humanidad, ya conocida desde hace más de 4000 años en el antiguo Egipto (véase la figura 1). El pan se convirtió luego en el alimento



común de los griegos y, más tarde, de los romanos, quienes utilizaban hornos públicos, controlados por los ediles, en donde se realizaba la cocción. En la Edad Media la panificación se convirtió en una actividad privada, ya que cada señor poseía su horno y molino propios. En esta época empezaron a producirse diversas clases de pan: el blanco era privilegio de los ricos, mientras que el negro estaba reservado para los pobres. Posteriormente, con la aparición de los municipios o comunas, y de los artesanos independientes agrupados en corporaciones, la técnica de la panificación experimentó un gran desarrollo. Sin embargo, no fue sino hasta mediados del siglo XVIII que se realizaron las primeras tentativas con máquinas amasadoras, la primera de las cuales se utilizó en París en 1810. Desde entonces la técnica de elaboración del pan fue progresando paulatinamente, gracias al empleo de máquinas que ofrecen mayor garantía de higiene y calidad.

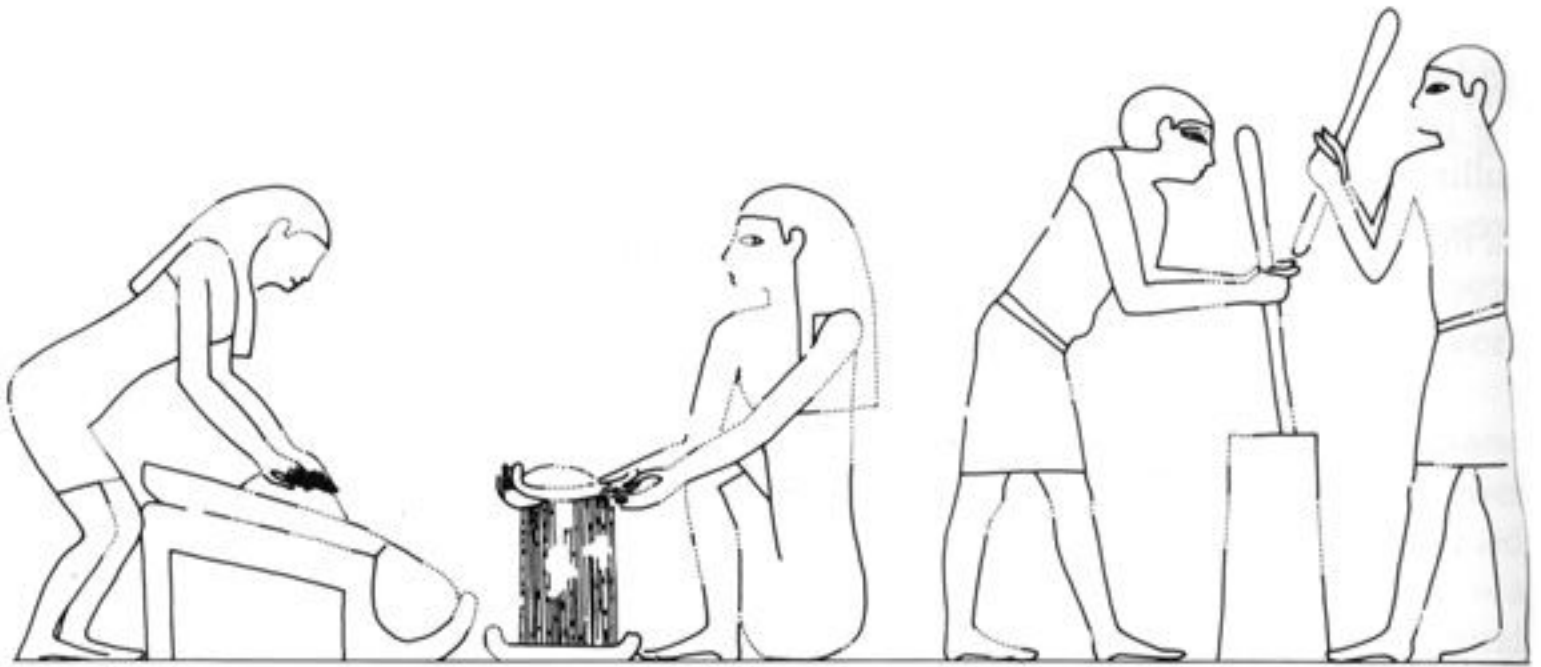


Figura 1. Elaboración del pan en el antiguo Egipto, según una representación hallada en la tumba del faraón Intef-inker, de la dinastía XII, en Tebas. A la derecha dos hombres están rompiendo los granos de trigo con pilones en un mortero. En el centro se observa una mujer tamizando el producto obtenido y, a la izquierda, otra mujer realizando una molienda fina con un molinillo de mano en forma de silla de montar.



Aunque la elaboración del pan constituye su utilización primordial, el trigo también está implicado en la fabricación de pastas, tortas, galletitas, pizzas, etcétera. Los productos derivados del trigo se adecuan a los usos y costumbres de los pueblos, y han adquirido una gran importancia económica, nutricional y hasta religiosa en muchas partes del mundo.

Se cree que el trigo es originario de Asia Menor, desde donde se habría extendido a la cuenca del

Mediterráneo y a algunos países asiáticos. Posteriormente se difundió al resto de Europa y luego –casi inmediatamente después de su descubrimiento–, a América y Oceanía. En la actualidad, el trigo es uno de los cereales más cultivados del mundo, ya que constituye el cultivo más adaptable a distintas condiciones agrícolas; representa una de las principales fuentes de alimento para el consumo humano y animal. Tanto en volumen como en valor, este cereal constituye el rubro más importante del comercio externo de productos agrícolas. La superficie mundial ocupada con cultivos de trigo es de

aproximadamente 220 millones de hectáreas anuales; la producción total del grano, durante la campaña 1998-99, ascendió a 594 millones de toneladas (figura 2). El valor anual de la producción supera los 60.000 millones de dólares.

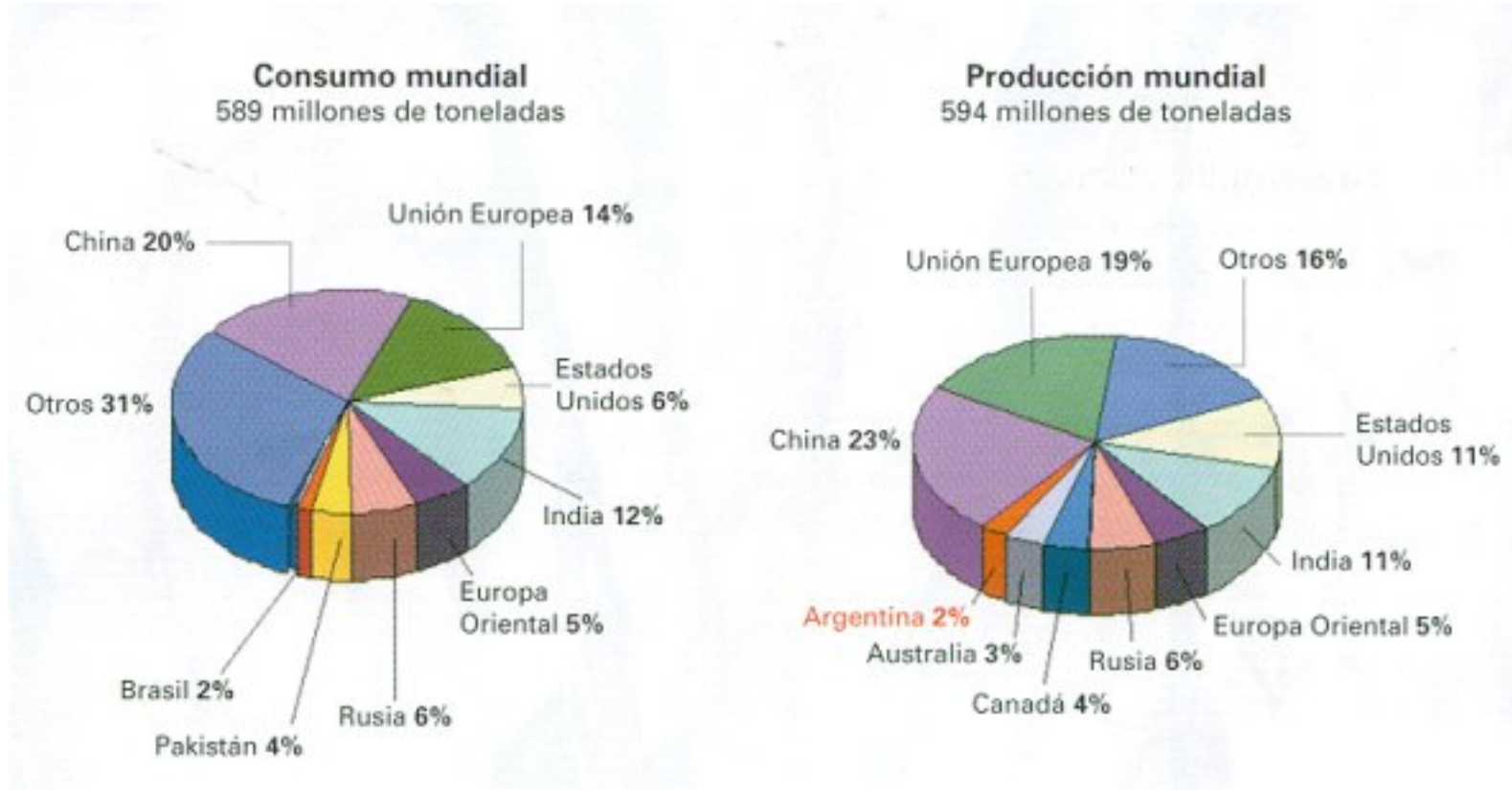


Figura 2. Consumo y producción mundial de trigo. Se consideró el promedio de las tres últimas campañas



**trigo en la Argentina**

A diferencia del maíz, que es originario de América, el trigo fue “importado” por los conquistadores. De acuerdo con referencias históricas, Gaboto fue el primero en introducirlo en el Río de la Plata, en 1527, cuando fundó el fuerte Sancti Spiritus en la desembocadura del río Carcarañá. Durante tres siglos y medio se lo siguió cultivando en pequeñas parcelas, en los alrededores de las aldeas. En esa época el consumo interno era muy limitado, dado que la población era reducida y que su alimento básico era la carne vacuna. Recién hacia 1870 se produce una verdadera expansión del cultivo, cuando las colonias agrícolas comenzaron a extenderse por las provincias de Santa Fe, Córdoba, La Pampa y Entre Ríos, atrayendo sucesivas oleadas de inmigrantes. La exportación de gran parte de la producción de trigo convirtió a la Argentina en “el granero del mundo” y contribuyó a ubicar al país en un lugar destacado en el concierto de las naciones. El trigo fue el cultivo fundador de la colonización agrícola de la región pampeana, por lo que la historia del trigo en el país es paralela a la de la agricultura argentina, con todas sus implicaciones económicas, financieras, políticas y sociales.

En los últimos años, la superficie total sembrada osciló entre 4,7 y 7,3 millones de hectáreas por año, ocupando principalmente las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. El rendimiento de las cosechas se ha mantenido entre los 1900 y 2600kg/ha, mientras que la producción total varió de 9 a 16 millones de toneladas anuales (véase la tabla 1). En general, una parte de los granos se destina al consumo interno –aproximadamente 5 millones de toneladas– y el resto se exporta (tabla 1).

**Tabla 1. Oferta y demanda de trigo en la Argentina (1995-1999)**

<b>TRIGO</b>	<b>1995/96</b>	<b>1996/97</b>	<b>1997/98</b>	<b>1998/99</b>
Área sembrada (miles de hectáreas)	5088	7367	5919	4770
Producción (miles de toneladas)	8450	15.904	15.800	11.200
Rendimiento (kg/ha)	1936	2241	2596	2309
Exportación (miles de toneladas)	4200	10.500	9000	6100
Forrajes (miles de toneladas)	150	150	150	150
Consumo total(miles de toneladas)	4700	5000	5200	5000

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la República Argentina.

La Argentina es uno de los principales países exportadores de trigo, junto con Australia, Canadá, Estados Unidos y la Unión Europea (figura 3), mientras que los países compradores más importantes del trigo argentino son Brasil, Perú, Chile, Paraguay, Egipto, Irán e Indonesia. De todos ellos se destaca Brasil, que compra alrededor del 70% del total del saldo exportable argentino.

El trigo no es un producto homogéneo, ya que existe una marcada diversidad de clases o tipos. Si bien se conocen unas quince especies, las cultivadas son principalmente dos: *Triticum aestivum* L. o “trigo pan”



Figura 3. Principales exportadores de trigo.

y *Triticum durum* o “trigo pasta”. El “trigo pan” es el más difundido y, como indica su nombre, el más apto para panificación. Dentro de esta especie existe una muy amplia gama de variedades que difieren en cuanto a su calidad panadera, ya sea por la dureza del grano, el contenido de proteínas o las características del gluten.

De acuerdo con la dureza del grano, los trigos se clasifican en *duros* y *blandos*. En los primeros la contextura del grano es

firme, contiene entre 10 y 17% de proteínas, y un gluten más “fuerte” o sea, más elástico; estos son los trigos que reúnen las mejores condiciones para panificación. Los trigos blandos tienen menor consistencia, contienen 7 - 10% de proteínas y un gluten poco elástico, o “débil”, lo que los hace más aptos para la elaboración de galletitas y tortas.

Los trigos considerados como duros se clasifican en *correctores* y de *panificación directa*. Debido a la cantidad de gluten que poseen, los primeros son empleados en gran medida para efectuar cortes o mezclas para mejorar la calidad panadera en los países en cuya producción predominan los trigos blandos, por ejemplo los países del oeste de Europa y el Brasil. Los trigos de panificación directa son aquellos cuya harina puede emplearse directamente en la panificación, sin mezclas o cortes previos. Las variedades actualmente difundidas en nuestro país, especialmente en la región centro-norte, pertenecen a este tipo. Son los trigos que solicitan los países que casi no tienen producción propia.

### Calidad panadera

La *calidad panadera* del trigo está determinada por la cantidad y propiedades de dos proteínas del grano, las *gliadinas* y las *gluteninas*, las cuales están presentes en el *endosperma* –tejido nutritivo de la semilla– para proveer los aminoácidos para la germinación. Cuando el endosperma es molido y la harina resultante es mezclada con agua, estas proteínas de almacenamiento se unen para formar una red proteica llamada *gluten*. Se obtiene entonces una masa que es el resultado de una adecuada combinación de dos propiedades físicas: *elasticidad* y *extensibilidad*, cruciales para la elaboración del pan. Las proteínas del gluten no son solo responsables de estas propiedades de la masa, sino también de su habilidad para retener el gas *dióxido de carbono* –CO<sub>2</sub>–, producido por las levaduras durante la fermentación. Esto permite que la red de gluten se expanda, resultando en una estructura liviana, porosa y desmenuzable, la cual es fijada por cocción (véase en la figura 4 una microscopía electrónica de barrido de una rodaja de pan).

Las gliadinas y gluteninas son proteínas pertenecientes al grupo de las *prolaminas*, llamadas así porque contienen una elevada proporción de los aminoácidos *prolina* y *glutamina* (véase el recuadro “[La estructura de las proteínas](#)”, Ciencia Hoy, 60: 24-26, 2000). Se caracterizan por su solubilidad en mezclas de alcohol y agua, aunque poseen propiedades fisicoquímicas diferentes. Así, mientras que las gliadinas son *monoméricas* –o sea que están compuestas por cadenas polipeptídicas simples–, las gluteninas son *poliméricas*, es decir que están formadas por la yuxtaposición de subunidades de bajo y alto peso molecular. Estas subunidades se ensamblan en polímeros gigantes –son las proteínas más grandes que se conocen en la naturaleza– estabilizados por puentes disulfuro que las mantienen físicamente unidas entre sí (véanse en la figura 5 los dos modelos de estructuras que han sido propuestos).

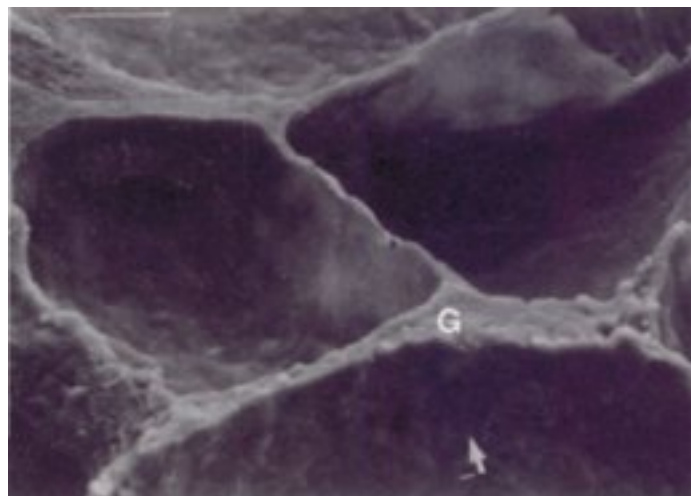


Figura 4. Microscopía electrónica de barrido de una rodaja de pan blanco que muestra la red de gluten (G) y las paredes cóncavas de los poros (indicados por una flecha). La barra de la escala corresponde a 50µm.

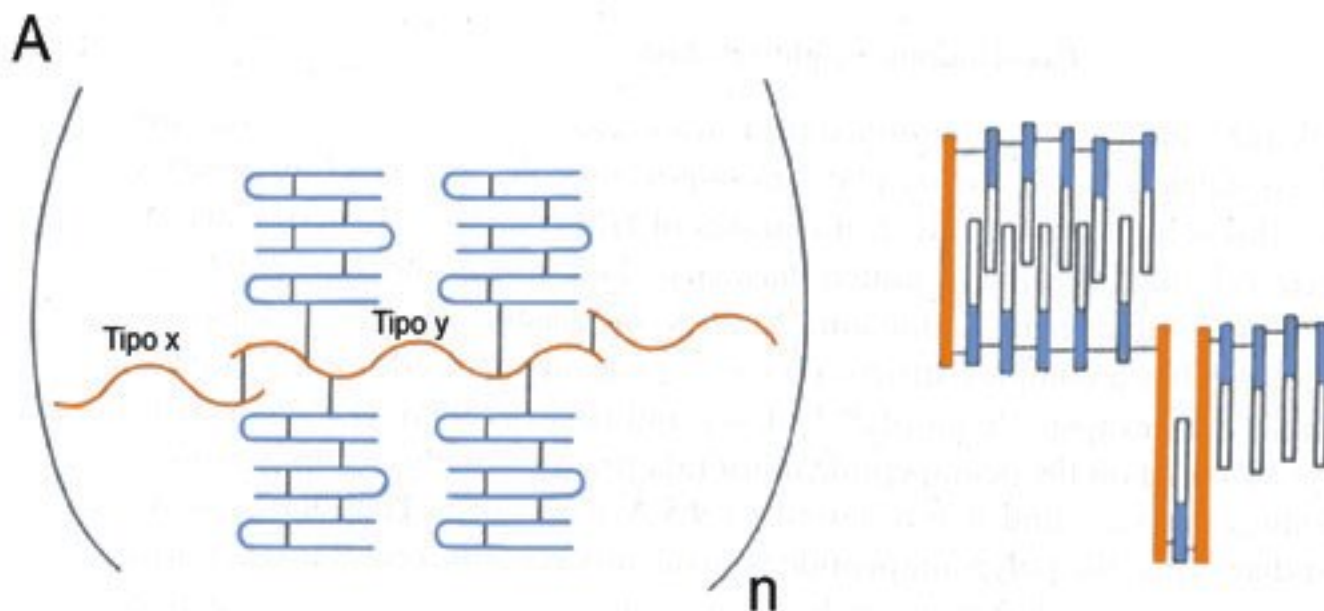


Figura 5. Modelos propuestos para explicar la formación de los polímeros de glutenina.

A) Modelo de Graveland. Se representan en naranja las subunidades de gluteninas de alto peso y en celeste las de bajo peso molecular; las líneas negras serían los puentes disulfuro intra e intercadenas.

B) Modelo de Kasarda. En anaranjado las subunidades de glutenina de alto peso y en celeste y blanco las de bajo peso molecular. Líneas negras: puentes disulfuro intercadenas.



Figura 6. Masa elaborada con harina de trigo. Sus propiedades físicas están determinadas por los dos tipos principales de proteínas que contiene: las gliadinas que le otorgan extensibilidad –la masa se estira sin cortarse– y las gluteninas, que le confieren elasticidad, o sea que la masa recupera su forma y tamaño original luego de haber sido estirada.

Las prolaminas confieren diferentes propiedades a la masa. Las gliadinas son viscosas y le otorgan *extensibilidad*, lo que permite que la masa pueda estirarse, sin cortarse, al aumentar de tamaño durante la fermentación. En cambio, las gluteninas le confieren *elasticidad* –o sea la capacidad de retornar a su forma y tamaño original luego de haber sido estirada–, lo cual evita que la masa se extienda demasiado y colapse, ya sea durante la fermentación como en la etapa de cocción (véase la figura 6).

La elasticidad del gluten se conoce también como *fuerza de la masa*. Como mencionamos anteriormente, se ha demostrado que las llamadas “masas fuertes” son requeridas para la elaboración de pan y pastas, mientras que los glútenes menos elásticos –o “débiles”–, pero con buena extensibilidad, son preferidos para la fabricación de tortas y galletitas.

Aunque todas las prolaminas del trigo contribuyen en alguna forma a las propiedades funcionales del gluten, las subunidades de glutenina de alto peso molecular constituyen los principales determinantes de la

elasticidad del gluten, propiedad que se correlaciona directamente con la calidad panadera de la harina. Estas subunidades contienen repeticiones de secuencias cortas de aminoácidos que adoptan una estructura tridimensional particular conocida como *giro-b reverso*. En la figura 7 se representa un modelo de una subunidad típica, la cual se asemeja a un resorte; los múltiples giros-b reversos constituyen la explicación molecular de la elasticidad intrínseca que caracteriza a estas proteínas.

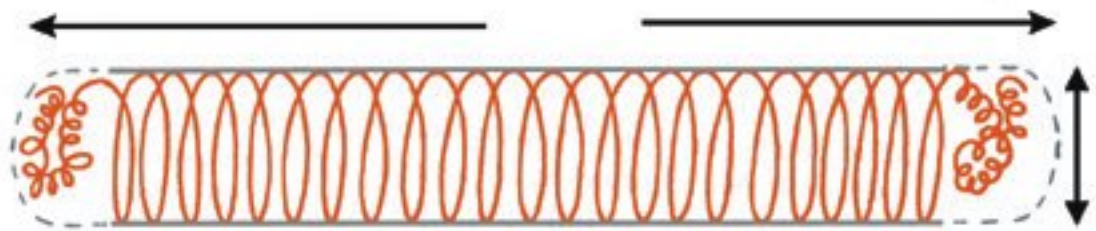


Figura 7. Modelo de la posible estructura de una subunidad de glutenina de alto peso molecular.

En varios laboratorios se han llevado a cabo estudios detallados de estas proteínas, tanto desde el punto de vista genético como bioquímico o

molecular. Como ejemplo se presenta en la figura 8 el análisis por microscopía electrónica de barrido de una subunidad de glutenina de alto peso molecular y su análisis con *software* de simulaciones moleculares. Como se muestra en la figura 5, estas subunidades pueden ser de dos tipos: una de mayor tamaño, llamada “x”, y otra menor, denominada “y”. Dentro de cada tipo hay varias subunidades distintas (véase la figura 9) y, además, cada variedad de trigo tiene una composición de subunidades característica, que difieren en número –pueden ser 3, 4 o 5 subunidades diferentes–.







Figura 8.

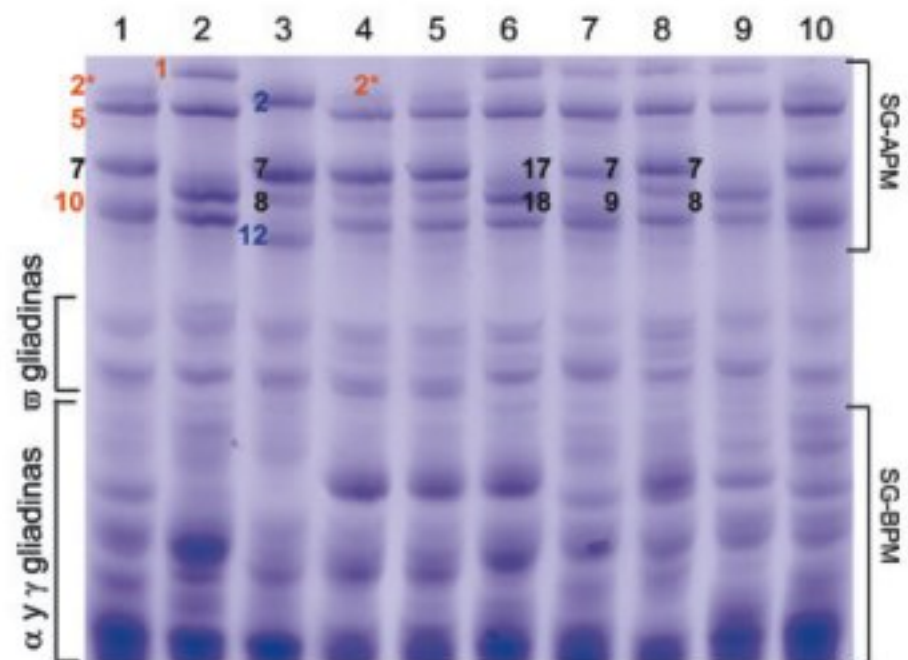
A) Microscopía electrónica de barrido de una subunidad de glutenina depositada sobre un sustrato de grafito.

B) Análisis de la subunidad 5 con software de simulaciones moleculares. Se distingue claramente una zona central que toma la forma de una estructura espiralada, mientras que los extremos son ricos en  $\alpha$ -hélice.

Hemos dicho que la calidad panadera de las distintas variedades de trigo se correlaciona con las diferencias en el número y clase de las subunidades de glutenina de alto peso molecular. Es decir que existe un *efecto cualitativo* de estas proteínas sobre la calidad panadera, ya que la presencia de determinadas subunidades se asocia a una mejor calidad. Como se observa en la figura 9,

las distintas subunidades pueden ser separadas e identificadas según su movilidad cuando son sometidas a *electroforesis* en geles de poliacrilamida. La electroforesis es una técnica ampliamente utilizada para la separación de moléculas de acuerdo con su carga eléctrica y tamaño; al aplicar una corriente eléctrica, las proteínas se acomodan en el gel generando bandas que son reveladas por medio de colorantes.

Existe también un *efecto cuantitativo* de las subunidades de alto peso molecular, ya que cuanto mayor es su proporción en una variedad de trigo, mejor es la calidad panadera del mismo. Esta observación implica que, empleando técnicas de ingeniería genética, podrían lograrse importantes mejoras en la calidad panadera del grano con solo incrementar el contenido total de esta clase de proteínas mediante la introducción de unas pocas copias de sus genes específicos (para recordar el concepto de



“gen”, véase el recuadro “[Del ácido nucleico a la proteína](#)”).

El mejoramiento genético de los cultivos ha sido practicado durante miles de años con gran éxito, mediante la selección de las variedades más adecuadas y, más recientemente, por el desarrollo de elegantes esquemas de cruzamiento de plantas para introducir una determinada característica de interés agronómico (véase “[La revolución genética y la agricultura](#)”, en las páginas 22 a 34 de este mismo número de Ciencia Hoy). Gracias a ello el rendimiento de cultivos como el trigo y el maíz, por ejemplo, se ha incrementado constantemente en los últimos 60 años. Sin embargo, los métodos clásicos de mejoramiento de plantas son lentos y tienen limitaciones. Para introducir un gen o un grupo de genes por los métodos convencionales se requiere un cruzamiento sexual entre dos líneas, y luego repetidas retrocruzas entre la descendencia del híbrido y uno de los padres, hasta obtener la planta con las características deseadas. Esta técnica está restringida a plantas que pueden cruzarse sexualmente y, además, en algunos casos se transfieren también genes indeseables junto con el gen de interés.

La ingeniería genética de plantas supera algunas de estas limitaciones, ya que se introducen genes específicos –tal como el que promueve la resistencia a patógenos– en los cultivos. No se requiere la cruce entre dos plantas para introducir una característica determinada, por lo que la compatibilidad sexual se torna irrelevante. Esta nueva tecnología permite la creación de nuevas variedades vegetales, denominadas *transgénicas*, que pueden contener genes procedentes no solo de otras especies vegetales, sino también de animales o de microorganismos. Se obtienen así cultivos con nuevas propiedades de interés agrícola y agroindustrial, y es también posible obtener nuevos insumos o principios activos de origen vegetal –tales como proteínas con valor terapéutico–, más baratos y en mayor cantidad.

La incorporación de genes en las plantas puede basarse en la utilización de *Agrobacterium tumefaciens* o realizarse por el denominado *método biolístico* o de *bombardeo con microproyectiles* (para una explicación detallada véase la figura 2 de “La revolución genética y la agricultura”, en la página 27 de este número de Ciencia Hoy). En este segundo método se utilizan micropartículas metálicas, aceleradas en el vacío a alta velocidad, para transportar el ADN que contienen los genes de interés al interior de células intactas. De esta forma es posible introducir ADN en células embriogénicas, tejidos u órganos, permitiendo la obtención de plantas transgénicas (véase “La pistola génica”, Ciencia Hoy, 12: 6-9, 1991). En nuestro laboratorio fueron desarrollados dos dispositivos, en los que las partículas son aceleradas sea por la explosión de una carga de pólvora (figura 10 A) o por helio comprimido (figura 10 B), los cuales permitieron la introducción de genes en maíz, alfalfa, algodón y trigo.

Figura 9. Subunidades de glutenina de alto peso molecular (SG-APM) y de bajo peso (SG-BPM) en distintas variedades de trigos argentinos. Los números al lado de cada banda indican la subunidad correspondiente; los que están en rojo señalan las SG-APM asociadas con buena calidad panadera, mientras que los azules marcan las SG-APM de mala calidad.



Figura 10. Dos modelos de aceleradores de micropartículas o “pistolas génicas”, desarrolladas en nuestro laboratorio. En el de la izquierda (A) se usa la explosión de pólvora para provocar la aceleración, mientras que en el de la derecha (B) se utiliza helio comprimido.

## Obtención de trigo transgénico con mejor calidad panadera

Un ejemplo de lo que se puede lograr para mejorar la calidad panadera del trigo por ingeniería genética se muestra en la figura 11. En este caso se introdujo en trigo un gen que codifica para la subunidad 5 –una subunidad de la glutenina de alto peso molecular asociada con buena calidad panadera– utilizando la pistola génica que se muestra en la figura 10 B. Se obtuvieron diferentes plantas transgénicas, las cuales producían distintas cantidades de la subunidad 5. La caracterización de las plantas se realizó mediante el análisis de las proteínas totales de sus granos utilizando la electroforesis descrita en la figura 9. Como ejemplo se muestran los datos obtenidos para diferentes granos de una misma planta transgénica (véase la figura 11). Se observa claramente que todos los granos presentaron un aumento en la intensidad de la banda proteica correspondiente a la subunidad 5 –indicada por una flecha–, al ser comparada con el control. Como la intensidad de cada banda es proporcional a la cantidad de proteína presente en el grano, se realizó un *análisis densitométrico* de las bandas proteicas, que consiste en medir la intensidad relativa de las bandas que aparecen en el gel. En la figura 12 se representan los resultados obtenidos. Cada color corresponde a una subunidad diferente, y la altura de cada columna es proporcional al contenido total de la subunidad indicada. Pudo por lo tanto determinarse que, gracias a la introducción de copias extras del gen que codifica para la subunidad 5, se logró incrementar la cantidad de dicha subunidad en un 140%, más del doble de los valores hallados en los controles.

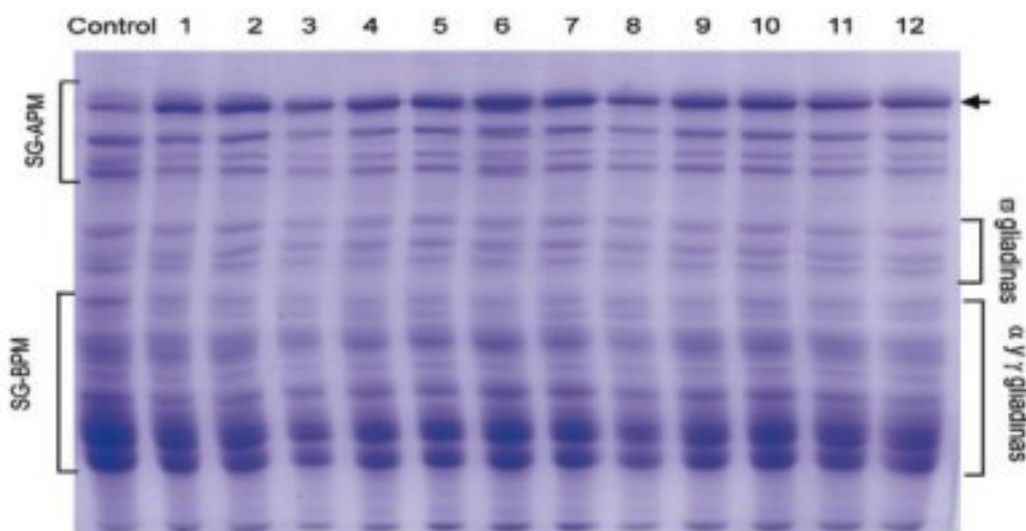


Figura 11. Análisis electroforético de los extractos proteicos de 12 granos de trigo procedentes de una misma planta transgénica en la que se logró incrementar el contenido de la subunidad 5 en comparación con el control, que es una semilla de una planta no transformada. SG-APM: subunidades de glutenina de alto peso molecular. SG-BPM: subunidades de glutenina de bajo peso molecular. La flecha indica la subunidad sobreexpresada (subunidad 5).

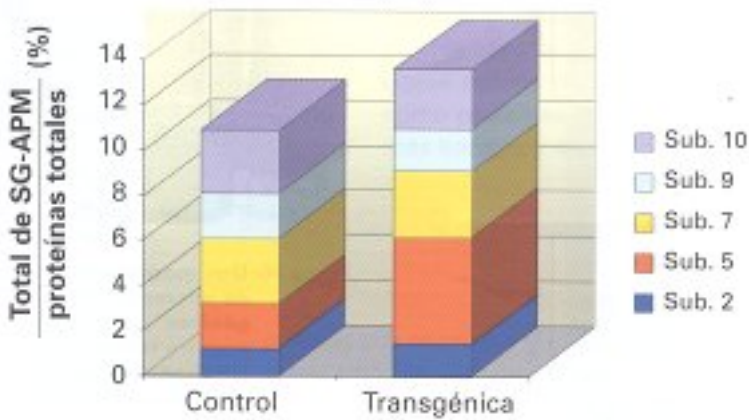


Figura 12. Porcentaje de subunidades de glutenina de alto peso molecular (SG-APM) con respecto a las proteínas totales en semillas control y transgénicas. Cada color representa el aporte de cada subunidad al total de SG-APM.

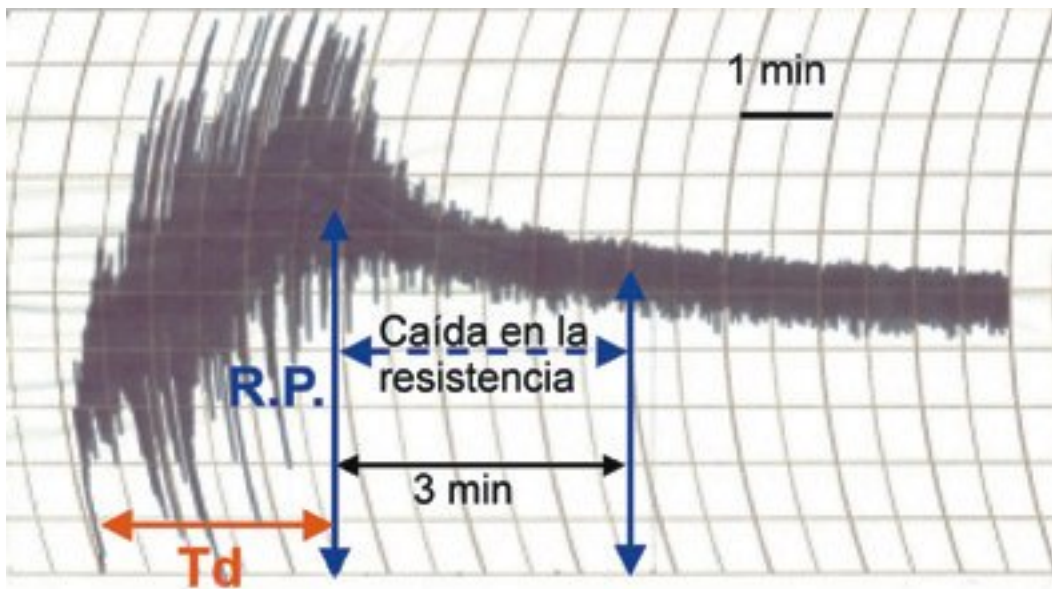
Para evaluar la calidad panadera de la harina procedente de este trigo transgénico se empleó un aparato llamado *mixógrafo* (véase la figura 13), el cual simula la acción de las mezcladoras comerciales de alta velocidad. El mixógrafo consta de un brazo agitador y tres agujas que giran alrededor de otras tres fijas, todo lo cual se introduce en un recipiente donde se deposita la muestra de harina con el volumen óptimo de agua para la elaboración de la masa. La resistencia que opone la masa al movimiento del brazo agitador tiende a aumentar hasta alcanzar un máximo, lo cual queda registrado en un gráfico, denominado *mixograma*. En el análisis de estos gráficos debe tenerse en cuenta:

Figura 13. Mixógrafo de Swanson, el cual permite estudiar la calidad panadera de las harinas puesto que simula la acción de las mezcladoras comerciales. La flecha indica el recipiente donde se coloca la muestra de harina junto con un volumen óptimo de agua. La resistencia que opone la masa al movimiento del brazo mezclador –el que se encuentra en el



interior del recipiente— queda registrada en un gráfico denominado mixograma (véase la figura 14).

Figura 14. Mixograma tipo en el que se indican los diferentes parámetros que deben ser analizados. Td: tiempo de desarrollo de la masa. R.P.: resistencia en el pico. Caída en la resistencia: porcentaje de caída entre la altura en el Td y pasados los tres minutos.



- **El tiempo de desarrollo:** es el tiempo –en segundos– para el cual se alcanza la máxima resistencia al amasado. También es denominado *tiempo óptimo de mezcla*, porque es el tiempo requerido para que la masa alcance una consistencia óptima. Cuanto mayor es el tiempo de desarrollo, mayor es la fuerza de la masa y mejor la calidad panadera de la harina utilizada para elaborarla.
- **Resistencia en el pico:** es la altura máxima de la línea del mixograma –expresada en centímetros–, o sea la resistencia en el tiempo óptimo de la mezcla.
- **Caída en la resistencia:** porcentaje de caída entre la altura de la línea media del mixograma, en el tiempo óptimo de mezcla, y la misma después de tres minutos. Cuanto menor es esta caída –es decir, menor es la pendiente de la curva del mixograma luego de haber alcanzado el tiempo de desarrollo–, mayor es la estabilidad de la masa y mejor es la calidad panadera de la harina utilizada para elaborarla.

En la figura 14 se muestra como ejemplo un mixograma en el que se indican los diferentes parámetros

que deben ser analizados. Las harinas más adecuadas para la elaboración del pan son las que tienen mayores tiempos de desarrollo (Td), lo que indica una mayor fuerza y elasticidad, y una menor caída en la resistencia, lo que se traduce en una mayor estabilidad de la masa.

El mixógrafo permitió analizar la calidad panadera de la harina procedente del trigo transgénico que contenía niveles elevados de la subunidad 5. En la figura 15a se muestra el mixograma de una harina control, y en la 15b, el de la harina transgénica, donde una flecha indica la posición aproximada donde se encontraría el pico del mixograma, o tiempo de desarrollo. De la comparación de ambos mixogramas surge que dicho parámetro aumentó de 210 segundos en el control (15a), a 480 segundos en la harina transgénica, o sea, más del doble. Luego se realizaron mezclas de harinas controles con un 25 y un 50% de harinas transgénicas, y se obtuvieron los mixogramas de las figuras 15c y 15d, respectivamente. Del análisis de estos mixogramas se desprende que, a medida que aumenta el porcentaje de harina transgénica en la mezcla, se incrementa el tiempo de desarrollo en forma lineal (graficado en la figura 15e). Este resultado es particularmente importante, ya que indica que mediante la introducción por ingeniería genética de copias extras del gen que codifica para la subunidad 5 se logra un incremento proporcional del tiempo de desarrollo y, por lo tanto, aumenta la elasticidad de la masa y la calidad panadera de la harina. Además, se observa claramente que la pendiente de la curva del mixograma después del pico –la caída de la resistencia–, es menor en las harinas transgénicas, lo que implica también un aumento de la estabilidad de la masa.

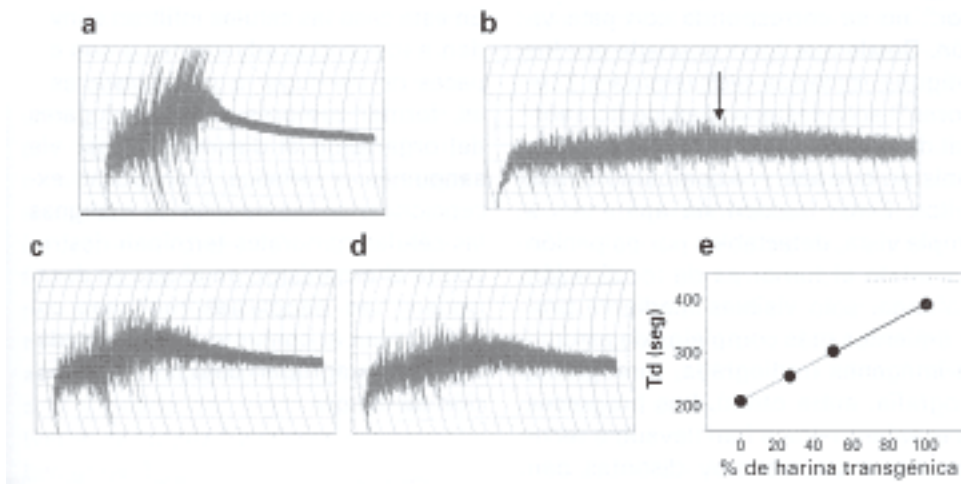


Figura 15. Mixogramas de harinas control (a), transgénica (b), mezcla de 75% control + 25% transgénica (c), mezcla de 50% control + 50% transgénica (d) y regresión lineal del tiempo de desarrollo de la masa, Td (e). La flecha en (b) señala la posición aproximada en la que se encontraría el pico de la curva del mixograma.

En resumen, mediante la introducción de copias extras del gen que codifica para una subunidad de glutenina de alto peso molecular se logró incrementar los niveles de dicha proteína en el grano de trigo. Al analizar las propiedades de esta harina pudo determinarse que la fuerza o elasticidad de la masa

aumentó, así como también su estabilidad. Este incremento en la fuerza de la masa de una variedad comercial argentina –considerado “trigo de panificación directa”– lo convierte en un “trigo corrector o de fuerza”. Estos trigos, como ya se mencionó, son los utilizados para fortificar, por mezclado, aquellos considerados como débiles o de mala calidad panadera. Es importante destacar que los trigos correctores o de fuerza son los más requeridos por Brasil, nuestro principal comprador, de allí la importancia de la obtención de esta variedad transgénica con propiedades únicas de gran fuerza.

El pan sigue siendo un componente básico en la alimentación de una parte considerable de la población humana. La ingeniería genética es una herramienta muy útil con la cual no solo se puede mejorar la calidad panadera del trigo, sino también la nutricional, incrementando los niveles de los aminoácidos esenciales en los que el grano es deficiente.

## **Agradecimientos**

*Rubén Vallejos es investigador superior del CONICET. María Lucrecia Álvarez es becaria de la Fundación Antorchas y ex becaria del CONICET. Los autores agradecen a la Fundación Antorchas y al CONICET por el apoyo brindado a sus investigaciones.*

## **Lecturas sugeridas**

COSCIA, A., 1984, Economía de Trigo, Hemisferio Sur, Buenos Aires.

CUNIBERTI, M., 1999, “Factores que influyen en la calidad panadera del trigo”, Trabajo especial realizado por el INTA en la Estación Experimental Marco Juárez. Revista CREA (Consortio Regional de Experimentación Agrícola), N° 224, 38-44.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA), SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASA) y SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGPyA), 1999, Trigo Argentino, Informe institucional sobre su calidad, Cosecha 1998/99.

TOMBETTA, E. y CUNIBERTI, M., 1994, “Utilización del mixógrafo de Swanson para la evaluación de la calidad en los programas de mejoramiento de trigo pan”, Informe Técnico N° 105, págs. 1-17. INTA centro Regional Córdoba.

