

## El germen desgrasado de maíz: materia prima potencial para la industria de alimentos

Marisa Guerra <sup>(1)</sup>, Marisela Granito <sup>(2)</sup>, Emperatriz Pacheco <sup>(3)</sup>, Mercedes Schnell <sup>(4)</sup>, Alexia Torres <sup>(5)</sup>, Juscelino Tovar <sup>(6)</sup>

**RESUMEN.** Se presentan algunas características fisicoquímicas, nutricionales y funcionales del germen desgrasado de maíz (GDM) y su efecto sobre la respuesta glicémica. Se proponen aplicaciones como sustituto parcial del maíz y el trigo. El germen nativo tiene alto contenido de grasas (15-30%), proteínas (10-18%), carbohidratos (50-60%) y fibra dietética total (FDT, 32-33%), principalmente insoluble. Del germen obtenido por molienda se extrae aceite de maíz, y se generan grandes cantidades de GDM en forma de torta desgrasada. Esta se procesa comercialmente obteniéndose una fracción fina (30% del GDM, de granulometría mayor de 70 mesh, 21% de FDT), y la gruesa (70% del GDM, menos de 70 mesh y 26% FDT). Ambas fracciones contienen minerales en mayor cantidad que la harina de trigo. El GDM es una materia prima potencial para la industria por ofrecer un suministro continuo todo el año, ser de bajo costo y tener valor nutricional superior al del endospermo de maíz. Las propiedades funcionales permiten proponer el uso de la fracción fina como agente espesante y como sustituto parcial de la harina de maíz precocida, así como del trigo o en la elaboración de pan, galletas y pastas. Se ha estudiado la factibilidad de utilizarla para obtener derivados de almidones y proteínas. La fracción gruesa podría utilizarse para empanizar, elaborar pastas, galletas integrales y embutidos. El contenido de almidón y de FDT del GDM lo ubica como ingrediente energético rico en carbohidratos complejos, que provocan una respuesta glicémica moderada. *An Venez Nutr 1998; 11(1):12-20.*

**Palabras clave:** Germen desgrasado de maíz, respuesta glicémica, aplicación industrial, fibra dietética, almidón.

### Introducción

El germen desgrasado de maíz (GDM) es el subproducto, de la molienda seca del maíz para la obtención de las harinas precocidas y de la molienda húmeda para la obtención de almidones. De ambos procesos se obtiene el germen que se usa en la extracción del aceite de maíz, quedando como residuo industrial, el germen desgrasado que al fraccionarlo origina una fracción fina (mazina o germenarina), que se comercializa como ingrediente de algunos alimentos y una fracción gruesa, la cual se usa principalmente en fórmulas para alimentación animal.

El germen desgrasado es una materia prima potencial para la industria de alimentos con una serie de ventajas con relación a otros subproductos, debido a que ofrece un suministro seguro durante todo el año, es de bajo costo, ya que representa el valor agregado de la comercialización del aceite y de la harina de maíz precocida. Además tiene un valor nutricional superior al endospermo de maíz en cuanto a su contenido de proteína, calidad de ésta, y en algunas vitaminas y minerales. Este último aspecto, abre las posibilidades de incorporarlo en diferentes alimentos para consumo humano, a los fines de bajar costos, disminuir importaciones y aumentar el valor nutricional. Por ello es de sumo interés dar a conocer las propiedades nutricionales y funcionales del GDM, para lo cual

se expondrán las experiencias de algunas aplicaciones y desarrollos tecnológicos, así como sus efectos fisiológicos en animales de experimentación y humanos, a los fines de motivar a los investigadores e industriales para aprovechar mejor este recurso subutilizado hasta el presente.

1. Profesor Titular, Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Universidad Simón Bolívar.
2. Profesor Agregado, Departamento de Tecnología de Servicios, Sede del Litoral, Universidad Simón Bolívar.
3. Profesor Titular, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay.
4. Profesor Asociado, Cátedra de Fisiología Normal, Escuela de Medicina L. Razetti, Facultad de Medicina. IME, Universidad Central de Venezuela
5. Profesor Asistente, Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Universidad Simón Bolívar.
6. Profesor Titular, Instituto de Biología Experimental, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.

Solicitar copia a: Prof. Marisa Guerra. Universidad Simón Bolívar, Dpto. Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Apartado Postal 89000, Caracas 1080-A, Venezuela. Teléfono: (2)9063970, Fax: (2) 9063971.

Se presentan las investigaciones realizadas en las universidades nacionales, en la mayoría de los casos apoyadas por la industria interesada en diversificar el uso del germen desgrasado. Los objetivos planteados son: divulgar las ventajas competitivas, funcionales y nutricionales del GDM; plantear diferentes aplicaciones del mismo como sustituto parcial de la harina de trigo y del endospermo de maíz; evaluar su efecto fisiológico y analizar el potencial que tiene la industria de alimentos para utilizar el germen desgrasado de maíz como una materia prima alternativa.

### Composición del germen de maíz

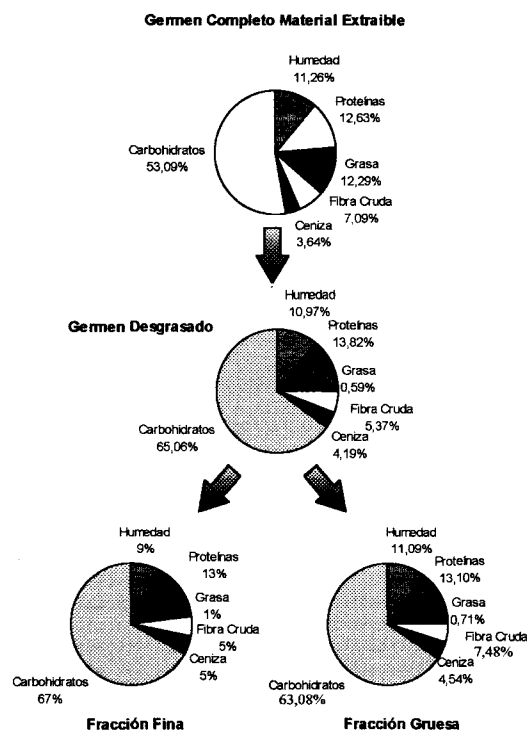
El germen de maíz constituye del 10 al 14% en peso del grano de maíz y es un material con alto contenido de grasas (15-30%), proteínas (10-18%) y carbohidratos (46-50%), de los cuales el almidón es el principal componente (1), además contiene sales minerales y algunas vitaminas (2). El aceite del germen de maíz tiene un alto contenido de ácidos grasos insaturados y es de un gran valor nutricional y comercial. Las proteínas son de mejor calidad que las del endospermo de maíz y están constituidas principalmente por albúminas y globulinas con un buen balance de aminoácidos (3).

Industrialmente, el germen constituye la materia prima para la extracción de aceite de maíz, produciéndose anualmente 38.880 toneladas de aceite, lo que deja como residuo 285.120 toneladas de germen desgrasado de maíz (4). Este proviene del procesamiento del grano por molienda seca y húmeda, procesos que se aplican para la obtención de harina de maíz precocida y almidones, respectivamente.

De acuerdo a los datos reportados en las Tablas de Disponibilidad de Alimentos y Nutrientes de Venezuela 1989-1994 (5), la oferta de harina de maíz precocida para 1994 fue de 742.898 TM; de estos altos niveles de demanda y producción se derivan aproximadamente 30.000 TM/mes de germen de maíz desgrasado las cuales se han utilizado principalmente para alimentación animal. En la actualidad se producen 23.760 TM por mes (4), volumen considerablemente alto, aunque se observa una disminución con relación al año 1994. Esta producción es muy significativa y representa un potencial nutricional, por lo que se están haciendo diferentes estudios para diversificar su uso tanto a nivel de consumo animal como humano.

Las harinas de maíz blanco representan el mayor volumen de harinas precocidas, en consecuencia mediante el degerminado del grano de maíz para separar el endospermo, se obtiene la mayor cantidad del germen integral o material extraíble, por lo tanto se tomó su composición promedio para representarlo en el Gráfico 1. En este se observa que la grasa representa el 12,29%, la cual al ser extraída permite que se distribuya la mayor relación porcentual entre carbohidratos y proteínas, que son los principales componentes del germen desgrasado. Estos, para su utilización, se han concentrado por fraccionamiento, etapa que se introdujo en el proceso de obtención tradicional que a continuación se explica.

**Gráfico 1**  
**Composición proximal del germen de maíz, germen desgrasado de maíz y de las fracciones fina y gruesa**



### Obtención del germen desgrasado

El GDM se obtiene del "material extraíble" al separar el aceite con solventes, tostarlo y molerlo. El subproducto obtenido está constituido por una mezcla de pericarpio, germen y fracciones de endospermo, presentándose como un producto heterogéneo, de baja solubilidad y granulometría variable desde 10 hasta 80 mesh. La composición de este material se presenta en el Gráfico 1, donde se observa que tiene un alto contenido de carbohidratos (65%), por lo que representa una fuente calórica importante. Con relación a los carbohidratos, éstos son principalmente almidones disponibles (43,8% base seca)(Cuadro 1), además de fibra dietética (32,5%), la cual es básicamente insoluble; este alto valor de fibra limitó su uso en algunos productos para consumo humano, ya que el sabor y la textura de los alimentos resultan poco apetecibles. Las proteínas (13,82%), son de buena calidad biológica (Cuadro 2), la cual medida a través de la relación de eficiencia proteica (PER) tiene un valor promedio de 2,1 lo que la hace comparable a la proteína de la soya, por lo que el germen de maíz se considera un suplemento proteico natural para el endospermo del maíz (6). Por otra parte el GDM es rico en minerales como el fósforo, magnesio, hierro y zinc. A los fines de obtener un material homogéneo, se desarrolló a nivel

de laboratorio un proceso que permitió obtener una fracción fina, con un tamaño de partícula menor de 180µm, y una fracción gruesa (7). Al aplicarlo se obtuvo un rendimiento de 57%, e industrialmente el rendimiento fue de 50% (8). Este estudio sirvió de base al que se aplica en la actualidad a nivel industrial, que consiste en una molienda y un tamizado, que separa el germen desgrasado y tostado en dos fracciones, una fina y una gruesa (Gráfico 2).

**Cuadro 1**  
**Composición de carbohidratos del germen desgrasado de maíz y sus fracciones**

Carbohidratos	Germen desgrasado de maíz	Fracción fina	Fracción gruesa
Almidón Disponible*	43,80	43,81	41,01
Almidón Resistente**	0,10	0,10	0,12
Almidón Total***	43,90	44,43	41,48
Fibra insoluble	-	-	20,48
Fibra soluble	-	-	5,50
Fibra dietética total	32,50	21,36	25,98
Azúcares	3,12	5,17	3,14

Valores en g/100g

\* almidón disponible enzimáticamente

\*\* almidón resistente por retrogradación (AR3)

\*\*\* almidón total = almidón disponible + almidón resistente

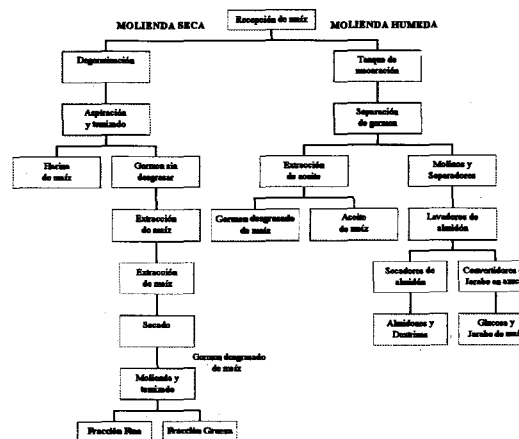
**Cuadro 2**  
**Contenido y calidad de las proteínas del germen desgrasado de maíz y sus fracciones**

	Germen desgrasado de maíz	Fracción fina	Fracción gruesa
Proteínas (g/100g)	13,82	12,86	12,86
NPR	3,33	2,41	2,58
Digestibilidad (in vivo)	88,20	97,53	97,27
Lisina (g aa/100g prot.)	2,50	3,84	3,13
PER	1,90-2,60	2,62	2,55
Triptofano	0,63	-	-

**Caracterización de las fracciones**

La fracción fina obtenida industrialmente, constituye un 30% de la torta desgrasada y el volumen mensual disponible es equivalente a 7.128 toneladas. Esta fracción, comercialmente se denomina “Mazina” (Promasa) y “Germarina” (Remavenca) y comprende a todo el material retenido en los tamices mayores de 70mesh. Esta fracción es una harina de color blanco cremoso, que tiene un ligero sabor a maíz tostado, que al no ser resaltante, permite incluirlo en diferentes alimentos como extensor (9-13).

**Gráfico 2**  
**Diagrama de flujo del proceso de obtención del germen desgrasado de maíz**



La fracción fina del germen desgrasado (Mazina y Germarina), tiene una composición proximal similar al germen desgrasado, con un ligero aumento del contenido de carbohidratos (Gráfico 1). En ambas la calidad de la proteína, medida como PER, es superior a la harina de maíz precocida (Cuadro 2). También se elevó la digestibilidad considerablemente al separar el pericarpio y disminuir el contenido de fibra.

La fracción gruesa constituye el 70% de la torta desgrasada, lo que representa 16.632 ton/mes y es el material retenido en los tamices menores de 70 mesh. Constituye una mezcla de material heterogéneo, formada principalmente por el pericarpio, parte de la aleurona y almidones, los cuales provienen del endospermo. La presencia de fibra proveniente del pericarpio origina un color más intenso y una sensación de aspereza en la boca. El contenido de fibra dietética en esta fracción es de 25,98%, el cual es superior al de la fracción fina (21,36%) y es mucho mayor al de la harina de trigo, de tan solo 3,25% (10,13,14).

Las fracciones fina y gruesa presentan un alto contenido de minerales, de los cuales se destaca la cantidad de fósforo, potasio y magnesio, como se puede observar en el Cuadro 3; éstos a su vez son mayores que los encontrados en la harina de trigo.

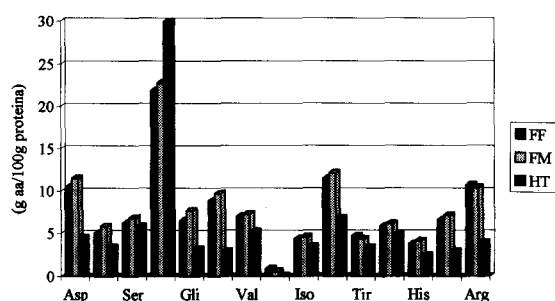
**Cuadro 3**  
**Contenido de minerales en el germen desgrasado de maíz**

Minerales (mg/ 100g)	Fracción fina	Fracción gruesa	Harina de trigo
Ca	13,33	13,18	27,68
P	758,31	605,73	111,76
K	517,59	474,38	58,98
Mg	511,65	339,77	55,03
Fe	9,82	7,04	2,00
Zn	7,57	6,18	2,01
Cu	0,57	0,98	0,28

Por otra parte, ambas fracciones del germen presentan composiciones de aminoácidos similares (Gráfico 3) que, aunque son deficientes en algunos aminoácidos esenciales, aportan mayor cantidad que la harina de trigo.

En cuanto al color (Cuadro 4), las medidas instrumentales presentan valores de L (blancura o luminosidad) mayores para la fracción fina, en la cual las partículas son de menor tamaño por lo que la harina es más brillante o blanca.

**Gráfico 3**  
**Contenido de aminoácidos de las fracciones del GDM y la harina de trigo**



FF: fracción fina  
FM: fracción gruesa  
HT: harina de trigo

**Cuadro 4**  
**Color instrumental de las fracciones fina y gruesa del germen desgrasado de maíz**

Muestra	L	a	b	% Blancura
Harina de trigo	90,76±0,60	0,59±0,01	16,15±0,01	97,70
Fracción gruesa	77,05±0,02	5,14±0,42	22,91±0,05	83,00
Fracción fina	82,51±0,19	3,52±0,05	22,42±0,16	88,88

En el Cuadro 5 se presentan algunas propiedades funcionales de estas fracciones. Los valores obtenidos para la capacidad de retención de agua en la fracción fina permiten pensar en su uso en productos donde el almidón pueda ser utilizado como espesante para dar consistencia y textura, mientras la fracción gruesa, puede ser usada para empanizar productos cárnicos y elaboración de pastas entre otros.

**Cuadro 5**  
**Propiedades funcionales del germen fracción fina y gruesa**

Muestra	Indice de absorción de agua	Indice de solubilidad	Retención de agua*
Germen desgrasado de maíz	3,02	2,92	-
Fracción fina	3,53	3,27	1,10
Fracción gruesa	3,49	11,9	2,70
Harina de trigo	6,70	13,3	0,60
Harina de maíz precocida	4,06	2,34	-

\* Determinado a pH 6 y 40°C

#### Aplicaciones tecnológicas de las fracciones del germen

Al utilizar el germen de maíz desgrasado en diferentes fórmulas de alimentos, se busca diversificar el uso de este ingrediente empleándolo como fuente energética, proteica, de fibra dietética, minerales, etc. Pero un objetivo primordial es bajar costos, lo cual sería de gran interés social, si se tradujera en ahorro para la población de escasos recursos. Dicho objetivo podría lograrse mediante la aplicación del GDM en un producto industrial de consumo masivo, con la intención de beneficiar también al consumidor.

La fracción fina se ha utilizado como sustituto parcial del maíz en harinas precocidas de maíz y productos extruidos y como sustituto del trigo en panes, pastas y galletas (6,8,14).

El germen de maíz desgrasado es el componente ideal cuando se trata de mejorar la calidad nutricional del endospermo de maíz o de producir harinas integrales de maíz. Sin embargo estos productos deben ser estables, para lo cual se debe disminuir o eliminar la grasa. Este principio se ha tomado como base para diferentes estudios y para la producción de algunos productos comerciales (6,8,14).

Guerra y Hernández (7), encontraron que era posible incorporar germen desgrasado de maíz hasta 20% sin alterar la aceptabilidad de las arepas, en cuanto al sabor, pero que eran rechazadas por el color relativamente oscuro que genera la sustitución, en las arepas de maíz blanco, lo que no se percibía en las arepas de maíz amarillo. Con esta sustitución se logro un aumento considerable de la calidad de las proteínas de la mezcla con lo que se alcanzó un valor de PER de 1,13 a 2,6. Hernández (8), continuó el estudio del uso del GDM en la elaboración de arepas y encontró que aquellas preparadas con 6% de germen desgrasado fueron de mayor preferencia que las de harina de maíz precocida. Con este nivel de sustitución la

calidad de la proteína de la arepa sigue siendo baja (PER=0,53), pero es muy superior a la de la arepa de harina de endospermo (PER=0,14).

Correa (15), elaboró extruidos de harina de maíz sustituidos con germen, los cuales tuvieron buena apariencia, aceptación y menor costo que los extruidos no sustituidos. Pacheco y Vasquez (16), continuaron el estudio de esta alternativa, formulando extruidos con la fracción fina del germen, recomendando sustituciones menores de 15%, ya que niveles mayores afectan la textura y densidad. Pero sustituyendo al 10% se obtienen extruidos de buena aceptación y contenido de fibra dietética.

En cuanto a la sustitución de la harina de trigo por las fracciones de germen, tanto fina como gruesa, previamente se realizaron estudios reológicos (10), fisicoquímicos y funcionales a las mezclas (17). Se encontró que la fracción fina del germen de maíz desgrasado afecta el comportamiento reológico de las mezclas con harina de trigo. Se incrementó la capacidad de absorción de agua y el tiempo de desarrollo de la masa; sin embargo, la estabilidad y la fuerza disminuyeron. En general, se demostró que es factible sustituir 5 y 10% de harina de trigo por la fracción fina de germen desgrasado, aumentando en 12,28% la cantidad de agua añadida a las mezclas para formar las masas.

Respecto a las características funcionales, se encontró que la fracción gruesa (Cuadro 5), presentó una mayor capacidad de retención de agua, en las condiciones estudiadas, que la fracción fina y ésta mayor que la harina de trigo, probablemente por su alto contenido de fibra dietética (Cuadro 1). Todos estos resultados permitieron sugerir la utilización de las fracciones fina y gruesa como extensores del trigo, capaces de aportar aproximadamente un 13% de proteína de buena calidad, minerales (principalmente fósforo, potasio, magnesio y zinc) y fibra dietética (de 36 a 24%) a través de la elaboración de productos horneados. Adicionalmente y en base a sus propiedades de retención de agua, las fracciones del germen de maíz podrían ser utilizadas en la preparación de embutidos.

Rebolledo (11) desarrolló galletas sustituyendo parcialmente el trigo por la fracción fina, en tanto que Blanco (18) formuló una galleta con alto contenido de fibra y proteína sustituyendo parcialmente el trigo por la fracción gruesa del germen desgrasado del maíz, soya texturizada y avena. Se encontró que una galleta con 18% de germen de maíz, aportaba 8,7% de proteínas, 5,9% de fibra dietética y un cómputo aminoacídico de 86,6%, que es un valor superior al de galletas de trigo que se expenden comercialmente.

Granito y Guerra (19), por su parte, utilizaron la fracción fina y gruesa del germen de maíz en la elaboración de panes, resultando de mejor aceptación los elaborados con harina sustituida al 10% con la fracción fina de germen desgrasado. De esta investigación se concluyó que la fracción fina es un sustituto potencial para la elaboración de panes porque se obtuvo un producto que no difirió en peso específico, color, sabor y textura de los panes elaborados con 100% de harina de trigo. También se realizaron pruebas de panificación con

mezclas de harina de trigo y niveles de sustitución de 10 y 15% de germen desgrasado de maíz, donde el aditivo bromato de potasio fue sustituido por ácido ascórbico y gluten. Además del efecto sinérgico observado entre los aditivos, se encontró que la calidad panificable y el proceso de envejecimiento de los panes con 10% de sustitución, sigue patrones similares al de los panes de 100% de harina de trigo, por lo que es factible la sustitución.

Granito y col (20), desarrollaron pastas donde la sémola fue sustituida por 5, 10, 15 y 25% de fracción fina. Encontraron que las pastas con 10 y 15 % de sustitución no diferían, de una pasta comercial, en lo que a pruebas de cocción se refiere.

Rodríguez (12), evaluó la factibilidad tecnológica de incorporar 25% de fracción fina de germen de maíz, en la fabricación industrial de pastas cortas, logrando una pasta de buena calidad y sensorialmente aceptable.

La fracción gruesa, se ha utilizado como fuente de fibra, en granolas (21) y cereales de desayuno y de proteínas e hidrolizados proteicos (22). La fracción fina se ha usado para la obtención de derivados hidrolíticos de almidones tales como maltodextrinas y jarabes glucosados (23).

Pacheco (14) obtuvo concentrados proteicos con un 59% de proteínas, a partir de la fracción gruesa del germen desgrasado de maíz, por un proceso de extracción alcalina. Al evaluar las propiedades funcionales de estos concentrados se encontró, que contiene una alta capacidad de absorción de agua, aceite y propiedades emulsificantes lo que permite que puedan ser incluidos en galletas, panes y productos cárnicos. Posteriormente, Rivas (22) estudió la factibilidad de obtener hidrolizados proteicos por digestión enzimática del germen desgrasado de maíz fracción gruesa, obteniéndose hidrolizados que presentaron entre 9,1% y 34,4% de proteínas, valores equivalentes de dextrosa en un rango de 31,6 a 36,5 y una digestibilidad proteica entre 89,28 y 95,73% lo que permite indicarlos como productos potenciales para ser utilizados con fines nutricionales.

Gil (13), estudio el efecto de la extrusión en la composición de la fracción gruesa del GDM con la finalidad de incrementar las posibilidades de ser utilizada como ingrediente en la elaboración de productos mejorados para la alimentación animal, mientras que Aldana (23), elaboró materiales glucosados a partir del germen desgrasado de maíz (fracción fina) mediante una conversión enzimática, obteniendo jarabes con índices de conversión de almidón a glucosa desde un 77 hasta un 94%.

### EFECTOS FISIOLÓGICOS

El elevado contenido de almidón y fibra dietética del GDM lo ubica como una fuente energética rica en carbohidratos complejos, por lo que se han realizado diferentes estudios para conocer la digestibilidad de éste almidón.

Cummings y col (24) y Cummings y Englyst (25) demostraron que parte del almidón puede no ser digerido en el intestino delgado. En el hombre hasta el 30% del almidón puede ser resistente a la digestión en dicho segmento intestinal

(26). En los almidones digeribles, la velocidad de amilolisis intestinal dependerá de la fuente y procesamiento del almidón en estudio (27-29) y de la composición del alimento en cuestión (25,29). La presencia de proteínas puede modificar el índice glicémico e insulinémico del alimento en estudio (30). Se describen así los almidones de digestión rápida y los de digestión lenta. La digestión rápida provoca aumento en la velocidad de absorción de la glucosa generada y de los niveles plasmáticos de glucosa e insulina (31), algo que puede ser inadecuado desde el punto de vista nutricional. A continuación se describen los resultados de la investigación sobre el efecto de la ingestión de germen desgrasado de maíz en la curva de tolerancia glucosada.

### Estudios en animales

**Estudios agudos.** En ratas, el efecto de la administración intragástrica de una suspensión al 19,5% de harina GDM en solución de glucosa al 50% provocó un aumento de la glicemia menor que el de la solución control durante los primeros 30 minutos post administración de la comida de prueba (Gráfico 4). Pero posteriormente los niveles de glucosa plasmáticos fueron mayores que los del grupo control y se mantuvieron elevados. Estas diferencias no alcanzaron niveles estadísticamente significativos y sugieren que el GDM provocó un retardo en la absorción de la glucosa contenida en la solución, semejante al descrito por Jenkins y col. (31), al administrar una cantidad mayor de fibra dietética soluble en la solución de glucosa.

**Estudios crónicos.** Cuando se administró una comida de prueba semejante a la utilizada en el experimento previamente descrito, a animales que habían ingerido, durante 21 días, una dieta semi purificada suplementada al 39% con harina de GDM -10% de fibra dietética y 20% de almidón provenientes del GDM se demostró que hay un menor incremento de los niveles de glucosa, siendo el cambio altamente significativo (Gráfico 5). Este grupo de resultados sugiere, no sólo que el germen desgrasado provoca un efecto semejante a la fibra dietética soluble, sino que el almidón presente en este residuo es de digestibilidad limitada, como se discute en una sección posterior.

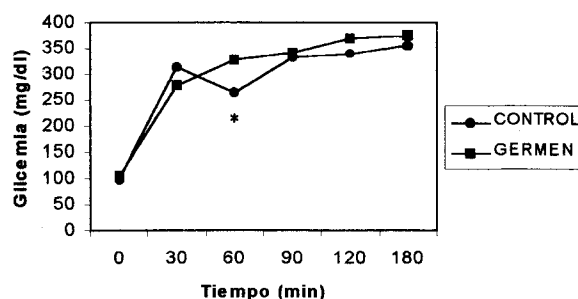
### Experimentos en sujetos normales

**a.- Efecto agudo.** El efecto del GDM sobre la absorción de glucosa en sujetos sanos se estudió practicando curvas de tolerancia glucosada con 75 gramos de glucosa, a cinco sujetos normales (32). A cada uno de los sujetos se le administraron galletas control sin GDM o galletas experimentales suplementadas con 41g de GDM. Las comidas de prueba sólo diferían en el contenido de GDM y por tanto en el de fibra dietética (7g) y almidón (19,6 g). Los resultados muestran (Gráfico 6) que a los 30 minutos de la comida de prueba hay un incremento poco significativo ( $P < 0,05$ ) en los niveles de glicemia, seguido a los 180 minutos por valores de glicemia

menores que los niveles del ayuno. Durante este "efecto de rebote" la mayoría de los voluntarios presentó síntomas semejantes a los de una hipoglicemia.

**Gráfico 4**

**Efecto agudo del germen desgrasado de maíz sobre la Curva de Tolerancia Glucosada en ratas**



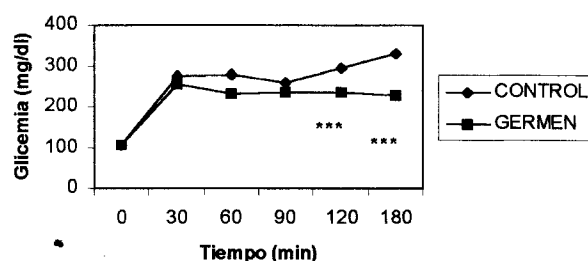
Los puntos son los valores promedio de glicemia de 9 animales por grupo después de administrarse intragástricamente una solución de prueba de glucosa al 50%

■ Solución de glucosa con germen desgrasado.  
● Solución de glucosa sin germen desgrasado

\*  $p < .05$ .

**Gráfico 5**

**Efecto crónico del Germen desgrasado de maíz sobre la Curva de Tolerancia Glucosada en ratas**

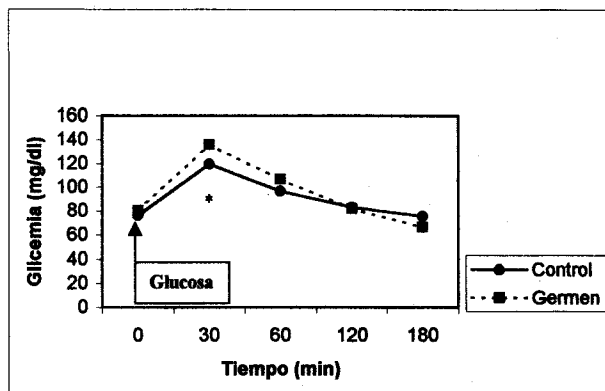


Los puntos son los valores promedio de glicemia de 9 animales en cada grupo, alimentados durante 21 días con dieta suplementada con germen desgrasado de maíz, después de administrarse intragástricamente una solución de prueba de glucosa al 50%.

■ Solución de glucosa con germen desgrasado.  
● Solución de glucosa sin germen desgrasado.

\*\*\*  $P < .001$

**Gráfico 6**  
**Efecto agudo del germen desgrasado de maíz sobre la**  
**Curva de Tolerancia Glucosada de sujetos sanos**



Los puntos son el promedio de los valores de glicemia de 5 sujetos. Administración de 75g de glucosa: Solución Control sin germen desgrasado, Germen = 41g de germen desgrasado en suspensión.

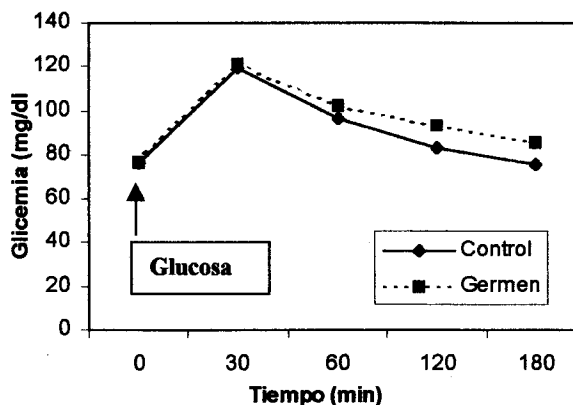
**b.- Efecto crónico.** Un experimento semejante practicado en sujetos sanos que habían ingerido 118 g de harina de GDM, bajo la forma de galletas preparadas por sustitución de harina de trigo durante 10 días (20 g fibra dietética y 59 g almidón de germen desgrasado de maíz), demostró (Gráfico 7) que no hay diferencias significativas en los valores de glicemia durante la primera hora post prandial pero, a diferencia del experimento agudo, los niveles tardíos (2 y 3 horas post comida) son mayores que el incremento que se obtiene con la comida de prueba control.

Interpretando estos resultados en conjunto, el efecto hipoglicémico de la ingestión aguda de germen desgrasado de maíz pudiese ser debido a: 1) estimulación temprana de la secreción de insulina, secundaria a la presencia en el intestino de glucosa libre proveniente de la solución de prueba; 2) absorción de glucosa antes de la llegada del almidón de germen a la luz intestinal; 3) el GDM proveerá posteriormente fibra dietética, almidón y sus productos de degradación a la luz intestinal, lo cual puede aumentar la viscosidad de la capa de agua no agitada vecina a la mucosa y de esta forma disminuir la velocidad de absorción de la glucosa en forma importante. Estos efectos se traducirán en una disminución de los niveles plasmáticos de glucosa.

Extrapolando los resultados de Schneeman y Gallaher (33) obtenidos con pectina (30), se puede sugerir que, cuando hay ingestión de GDM por un tiempo mayor, se facilita la aparición de una respuesta adaptativa a la ingestión de un almidón de baja digestibilidad. Por ello los altos niveles plasmáticos tardíos de glucosa son el reflejo del aumento compensador de la hidrólisis intestinal del almidón, lo cual puede contrarrestar la dificultad en la absorción presentada por el aumento de viscosidad de la capa de agua no agitada del intestino, y así ingresará más tardíamente la glucosa al torrente

sanguíneo, tal como ha sido descrito para otros almidones de digestión lenta.

**Gráfico 7**  
**Efecto crónico del Germen desgrasado de maíz sobre la**  
**Curva de Tolerancia Glucosada de sujetos sanos.**



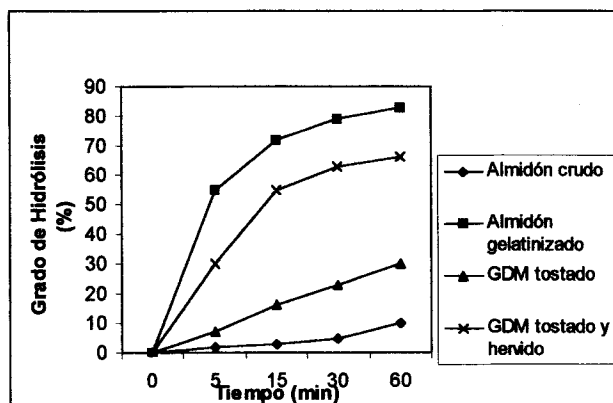
Los puntos son el promedio de los valores de glicemia de 5 sujetos que habían ingerido galletas que contenían 60g de almidón de germen desgrasado durante 10 días y que recibieron 75g de glucosa en ayunas. Administración de glucosa: Solución Control sin germen desgrasado, Germen=41g de germen desgrasado en suspensión.

#### **Estudios de digestibilidad del almidón del germen desgrasado de maíz**

Los hallazgos descritos concuerdan con los obtenidos al estudiar la hidrólisis enzimática *in vitro* del almidón presente en el GDM, pues aunque se demuestra un escaso tenor de almidón resistente (Cuadro 1), la tasa de amilólisis de la fracción disponible es relativamente baja, aún cuando es mayor que la del almidón nativo aislado del endospermo del maíz (Gráfico 8). Este comportamiento refleja el efecto gelatinizante de la combinación de los procesos de extracción del aceite y tostado a los que se somete el germen. Esta gelatinización tiene carácter parcial, ya que un tratamiento térmico adicional provoca un marcado incremento en la velocidad de hidrólisis, evidenciando que, solo bajo estas condiciones, se alcanza el máximo grado de gelatinización aparente.

En virtud de la correlación que generalmente muestra la amilólisis *in vitro* y las respuestas metabólicas *in vivo* (29), la diferencia observada entre la curva de amilólisis del almidón del endospermo gelatinizado y las del germen desgrasado (Gráfico 8) sugiere una posible respuesta glicémica moderada a la ingestión de este subproducto industrial, tal como se obtuvo en los estudios preliminares (32,34) descritos en este trabajo.

**Gráfico 8**  
**Efecto de diversos tratamientos sobre la digestibilidad del almidón de maíz**



Hidrólisis in vitro del almidón presente en diversas preparaciones de maíz por alfa amilasa pancreática porcina. Los puntos son el promedio de tres determinaciones independientes para cada muestra.

Los resultados de los estudios aquí reseñados indican que el GDM presenta una serie de ventajas frente a otras materias primas tradicionales, en términos de composición y efecto metabólico.

Prospectivamente se puede proponer el uso de este subproducto industrial para sustituir total o parcialmente materiales como la harina de trigo, en la fabricación de productos de panificación, pastas alimenticias, etc.

Así mismo, se hace evidente el potencial del GDM para la producción de derivados proteicos y de almidones de alto valor agregado y nutricional.

Finalmente, es importante destacar que la interacción entre el sector productivo nacional y los investigadores universitarios ha permitido generar un cúmulo de conocimiento sobre el GDM aplicable en terrenos tan variados como el nutricional, el tecnológico y el industrial. Sin embargo, la consolidación de esta información en productos comercializables dependerá del establecimiento de una mayor integración Industria-Academia.

#### Agradecimientos

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a la Ing. María del Pilar Rodríguez por su ayuda en la elaboración del manuscrito y a las siguientes personas e instituciones por el apoyo suministrado a sus investigaciones: Lic Francisco Rivero, Remavenca C.A.; Ing. Jorge Campos, Promasa S.A.; Dra. Itala Becemberg, Instituto de Medicina Experimental, Universidad Central de Venezuela; División de Alimentos y Gerencia de Biotecnología, Empresas Polar; International Foundation for Science; Sra. Gloria de Pinto.

#### Referencias

- Hernández B, Guerra M. Estudio para el fraccionamiento y caracterización del germen de maíz. (Manuscrito en preparación).
- Watson S. Structure and composition: En: Corn Chemistry. Minnesota, U.S.A: American Association of Chemists. Inc., 1987.
- Barbieri R, Casiraghi E. Production of a food grade flour from defatted corn germ meal. *J Food Tech* 1983;18:33-38.
- PROMASA. Gerencia de Nutrición y Formulación. Informe Interno. 1998.
- Fundación Polar. Disponibilidades de alimentos y nutrientes en Venezuela, 1989-1994. Ajustes y estimaciones. Caracas, 1995.
- Guerra M, Labrador O, Petzal W. Caracterización del germen de maíz y su incorporación en harina de maíz precocida. *Act Cient Venez* 1983; 34(1):473.
- Guerra M, Hernández B. Suplementación de las proteínas de harina de maíz precocida con germen desgrasado de maíz. (Comunicación a la XXXVI Convención Anual de ASOVAC). Valencia, Venezuela: ASOVAC, 1986.
- Hernández B. Efecto del fraccionamiento sobre las características del germen de maíz desgrasado y su incorporación para enriquecer la harina precocida de maíz blanco. (Tesis pregrado). Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1986.134pp.
- Remavenca. Germinaria, Harina de germen de maíz desgrasado. Composición proximal. Turmero, Venezuela. 1992.
- Granito M, Guerra M. Estudio reológico de mezclas de harina de trigo harina de germen desgrasado de maíz. *Ciênc Tecnol Aliment* 1996;16(3):255-259.
- Rebollo M. Desarrollo de una galleta dulce rica en fibra dietética de germen de maíz y/o fibra de soya. (Tesis maestría). Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1994.144pp.
- Rodríguez Portillo M. Factibilidad tecnológica de incorporar germen desgrasado de maíz en la fabricación de una pasta alimenticia. (Tesis pregrado). Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1997.144pp.
- Gil Andueza J. Efecto de la extrusión en la composición de la fracción del germen de maíz desgrasado. (Tesis maestría). Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1997.138pp.
- Pacheco E. Obtención de concentrados proteínicos a partir de harinas de germen de maíz. Estudio de las propiedades funcionales. *Revista Facultad de Agronomía. UCV.* 1986;14:169-180.
- Correa P. Formulación y elaboración de productos extruídos tipo pasapalos de harina de maíz (endospermo y germen) y arroz saborizados con queso. (Tesis pregrado). Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1990.158pp.
- Pacheco E, Vasquez H. Elaboración de extruídos de maíz-germen enriquecidos con fibra dietética de zanahoria. Trabajo presentado en las Jornadas de Investigación de la Facultad de Agronomía, 1995.
- Granito M, Guerra M, Torres A. Caracterización fisicoquímica nutricional y funcional del germen de maíz desgrasado. *Revista Técnica del Zulia.* Aceptado para publicación.
- Blanco I. Desarrollo y evaluación de una galleta con alto contenido de fibra y proteína. (Tesis especialización). Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1996.77pp.
- Granito M, Guerra M. Uso del germen desgrasado de maíz en harinas compuestas para panificación. *Arch Lat Nutr* 1995;45(4):322-328.
- Granito M, Torres A, Guerra M. Elaboración de pastas a partir de la sustitución de semola de trigo por materias primas subutilizadas. En imprenta.
- Guerra M, Perel V. Formulación, desarrollo y evaluación de un alimento de alto contenido de fibra utilizando el proceso de cocción-extrusión. (Comunicación a la XXXV Convención Anual de ASOVAC). Mérida, Venezuela: ASOVAC, 1985.
- Rivas Castillo D. Obtención y caracterización de hidrolizados proteicos a partir del germen de maíz desgrasado. (Informe pasantía pregrado). Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1997.78pp.
- Aldana A. Producción de jarabes glucosados a partir del germen de maíz. (Tesis pregrado). Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1997.138pp.

24. Cummings J, Banwell J, Segal I, Coleman N, Englyst H, Macfarlane G. The amount and composition of large bowel contents in man. *Gastroenterology* 1990;98:A408.
25. Cummings J, Englyst H. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *Am J Clin Nutr* 1995;61:938S-945S.
26. Faisant N, Champ M, Colona P, Buleon A. Structural features of starch that escapes digestion in the small intestine of humans. En *Proceedings of Bioavailability 93 part 1*. Edit. U. Schlemmer. Karlsruhe: BFE 1993; 146-150.
27. Wolever T. The glycemic index. *World Review of Nutrition and Diabetes* 1990;62:120-185.
28. Everts H, Dekker R, Smiths B, Cone J. The digestion of maize and native pea starch in the small intestine of pigs. *Proceedings of The Nutrition Society* 1996,55(59).
29. Tovar J. Bioavailability of starch in legumes. Importance of Physical inaccessibility and retrogradation. (Tesis Doctoral). Lund, Suecia: Universidad de Lund, 1992.
30. Rerat A. Intestinal absorption of end products from digestion of carbohydrates and proteins in the pig. *Archives of Animal Nutrition* 1985,35: 461-480.
31. Jenkins D, Wolever T, Jenkins A. Starchy foods and glycemic index. *Diabetes Care* 1988,11:149-159.
32. Ojeda J, Luna M, Pérez R, Salcedo S, Saume C, Saume E. Efecto de la harina de germen de maíz sobre la absorción de glucosa y los niveles plasmáticos de colesterol y triglicéridos en personas sanas. (Tesis de grado). Caracas, Venezuela: Colegio Don Bosco, 1991.
33. Schneeman B, Gallaher D. Changes in small intestinal digestive enzyme activity and bile acids with dietary cellulose in rats. *J Nutr* 1980,110:584-590.
34. Schnell M. Efecto de la germenina y algunos afrechos de producción nacional sobre la ingestión de alimentos, la curva de tolerancia glucosada y los lípidos plasmáticos de la rata. (Trabajo de Ascenso). Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela, 1994.

### Defatted corn germ: potencial raw material for the food industry

**ABSTRACT.** An overview of some physicochemical, nutritional and functional properties of Defatted Maize Germ (DMG) is presented. Different applications of the product as a substitute for maize or wheat are proposed. Its effect on glucose response and prospective use in the food industry are also discussed. Maize germ is a by-product obtained from dry or wet milling in order to produce precooked maize flours or starches, respectively. It has a high content of lipids (15-30%), protein (10-18%), carbohydrate (50-60%) and total dietary fiber (33%). DMG is obtained as a defatted cake, during the industrial extraction of maize oil, which guarantees continued availability at a relatively low cost. In addition, it has a higher nutritional value than maize endosperm and is therefore regarded as a potential raw material for the food industry. Commercial GDM is separated in two major fractions: i) the finely ground flour, which represents 30% of the defatted cake, with a granulometry larger than 70 mesh and 21% total dietary fiber, and ii) the coarse fraction, which constitutes 70% of the cake, and contains 26% total dietary fiber. Both fractions have a greater mineral content than wheat flour. Functional properties of the fine fraction may permit its use as a thickener agent, whereas the coarse material may be used for fiber-rich bread, crackers and pasta making as well as a breeding or stuffing component. Furthermore, its high starch and dietary fiber contents make DMG a source of complex carbohydrates, evoking low glycemic responses. *An Venez Nutr* 1998; 11 (1):12-20.

**Key words:** Defatted corn germ, glicemic responses, industrial application, dietary fiber, starch.