

# Índice glucémico de algunos alimentos comunes en México

ALBERTO C. FRATI-MUNARI\*  
RAFAEL ALBERTO ROCA-VIDES  
RONNY JOSÉ LÓPEZ-PÉREZ  
IRLENE DE VIVERO  
MARTHA RUIZ-VELAZCO

*Para investigar la magnitud de la glucemia por ingerir algunos alimentos comunes en México, el índice glucémico se determinó en 21 individuos sanos y 27 diabéticos no dependientes de insulina después de comer tortilla de maíz blanco y de maíz amarillo, espagueti, arroz, papa, frijol bayo o negro, nopal y cacahuete, comparado con el alcanzado con pan blanco. Para ello se administraron porciones con 50 g de carbohidratos y la glucemia se midió cada 30 minutos durante tres horas. El índice glucémico se calculó como: (área bajo la curva con el alimento de prueba/área bajo la curva con pan) X 100. Para valorar las modificaciones debidas exclusivamente al alimento se obtuvo un índice corregido restando el área correspondiente a la cifra basal. En la misma forma se calcularon índices insulínicos. Cada muestra se estudió de 14 a 18 veces. Se encontró que los índices glucémicos e insulínicos con tortilla blanca y amarilla, espagueti, arroz y papa son similares a los obtenidos con pan ( $p > 0.05$ ); los índices glucémicos corregidos con frijol bayo ( $54 \pm 15$ ) ( $X \pm ES$ ) y frijol negro ( $43 \pm 17$ ) fueron moderadamente bajos ( $P < 0.05$ ) al igual que el índice insulínico corregido ( $69 \pm 11$  y  $64 \pm 10$  respectivamente,  $P < 0.02$ ). Con cacahuete el índice glucémico estuvo bajo ( $33 \pm 17$ ,  $P < 0.01$ ), más no el insulínico. Con nopal ambos índices corregidos resultaron muy bajos (glucémico  $10 \pm 17$ , insulínico  $10 \pm 16$ ,  $P < 0.0001$ ). Estos resultados pueden ser útiles para formular dietas para pacientes con diabetes mellitus.*

CLAVES: Diabetes mellitus, dieta, índice glucémico, insulina.

## SUMMARY

*To investigate the increase of glycemia due to the ingestion of usual food in Mexico, portions with 50 g of carbohydrate form white corn tortilla, yellow corn tortilla, spaghetti, rice, potatoes, beans brown and black, nopal (prickle pear cactus) and peanuts, compared with white bread, were given to 21 healthy and 27 non-insulin-dependent diabetic subjects. Serum glucose and insulin were measured every 30 min for 180 min long. Glycemic index was obtained as: (area under curve of glucose with test food/area under curve of glucose with white bread) X 100. A corrected index was calculated subtracting the area corresponding to initial values. Insulinic index was obtained similarly. Each sample was studied 14-18 times. Glycemic and insulinic indexes of white and yellow corn tortilla, spaghetti, rice and potatoes were not different from bread ( $P > 0.05$ ). Corrected glycemic indexes of brown beans ( $54 \pm 15$ ,  $\pm SE$ ) and black beans ( $43 \pm 17$ ) were low ( $p < 0.05$ ), as well as corrected insulin indexes ( $69 \pm 11$  and  $64 \pm 10$  respectively, ( $P < 0.02$ ). Peanuts had low glycemic ( $33 \pm 17$ ,  $P < 0.01$ ), but normal insulinic index. Nopal had very low glycemic and insulinic indexes ( $10 \pm 17$  and  $10 \pm 16$ ,  $P < 0.0001$ ). These data might be useful in prescribing diets for diabetic subjects.*

KEY WORDS: Diabetes mellitus, diet, glycemic index, insulin.

Trabajo de ingreso del doctor Alberto C. Frati-Munari, presentado en sesión ordinaria de la Academia Nacional de Medicina el 8 de agosto de 1990.

\* Académico numerario.

Todos los autores. Hospital de Especialidades, Centro Médico "La Raza". Instituto Mexicano del Seguro Social.

## Introducción

En la última década las recomendaciones dietéticas para los pacientes con diabetes mellitus han cambiado de una dieta baja en carbohidratos que se indicaba anteriormente, a una dieta baja en grasas y alta en carbohidratos que se sugiere actualmente,<sup>1</sup> ya que con dietas ricas en carbohidratos se ha observado que mejora el control metabólico.<sup>2,3</sup>

Se recomienda que 50 a 60 por ciento del contenido energético de la dieta sea por carbohidratos, pero su ingestión podría provocar elevaciones bruscas de la glucemia y dificultar el control metabólico. El aumento de la glucemia que ocurre en las primeras horas después de ingerir un alimento no sólo depende de la cantidad de glúcidos sino también de la complejidad y digestibilidad de los diversos carbohidratos y de la presencia de fibras dietéticas y otras sustancias. La magnitud de la elevación de la glucosa sanguínea varía según los alimentos, aunque la cantidad total de carbohidratos sea la misma.<sup>4</sup>

Al respecto Jenkins y col desarrollaron el "índice glucémico" en el que la elevación de la glucemia después de ingerir un alimento se expresa como una proporción del aumento de la glucosa debido a la ingestión de un glúcido estándar (dextrosa o pan blanco).<sup>5</sup>

El conocimiento del índice glucémico de los alimentos puede ser importante en la formulación de dietas para los diabéticos ya que se ha obtenido un mejor control metabólico con dietas en las que predominan los alimentos con bajo índice glucémico.<sup>6</sup>

En este trabajo se investigó el índice glucémico de algunos alimentos comunes en México: tortilla blanca y amarilla, espagueti, arroz, papa, frijol bayo y negro, nopal y cacahuete, en individuos sanos y en diabéticos no dependientes de insulina. Además se valoró un índice insulínico obtenido en forma similar.

## Material y métodos

Se estudiaron dos grupos de voluntarios: A. Sanos: 21 personas sanas, 11 del sexo femenino, de 24 a 42 años de edad; todos tenían glucemia en ayunas en límites normales y excepto dos casos con obesidad del 20 por ciento, todos estaban alrededor de su peso ideal ( $\pm 10\%$ ). B. Diabéticos: 27 pacientes con diabetes mellitus no dependiente de insulina (tipo II), 21 del sexo femenino, de 31 a 69 años de edad; tres obesos (20% sobre el peso ideal) y el resto alrededor del peso ideal. La diabetes se había diagnosticado de uno a 19 años antes del estudio; 24 recibían hipoglucemiantes bucales (glibenclamida 18, tolbutamida 6) y tres insulina intermedia. En el mo-

mento de su inclusión al estudio todos tenían glucemia en ayunas menor de 11.1 mmol/l (200 mg/dl).

En ninguno de los grupos había individuos con padecimientos del tubo digestivo otros que pudiesen interferir con el desarrollo o la interpretación de la investigación. Todos conocían el propósito, la naturaleza del estudio, así como los posibles riesgos y efectos secundarios, y consintieron formalmente en participar.

Se estudiaron diez alimentos, en raciones con 50 g de carbohidratos,<sup>7</sup> como sigue: pan blanco 90 g, tortilla blanca 104 g, tortilla amarilla 104 g, espagueti 68 g, arroz 63 g, papa 196 g, frijol bayo 85 g, frijol negro 90 g, nopal 696 g y cacahuete 161 g; marca y procedencia de los alimentos fueron iguales para todas las pruebas.

En todos los sujetos la prueba con pan blanco, fue el valor de referencia. En los individuos sanos se practicaron otras tres pruebas con diversos alimentos, de manera que cada alimento se probara siete veces. En cada paciente diabético, además de la prueba con pan, se practicaron dos a cuatro más con los otros alimentos, pero en total cada uno se administró siete a once veces. El orden de las pruebas fue al azar y el lapso entre una y otra varió de 4 a 21 días.

Durante el estudio todos conservaron su dieta habitual. En 19 diabéticos se suspendieron los hipoglucemiantes bucales 48 horas o más antes del estudio. Cada prueba se realizó en la mañana, después de 12 horas de ayuno. Para obtener las muestras sanguíneas se colocó un catéter intravenoso (Miniset No. 21) que se mantuvo permeable con heparina o con solución salina isotónica (120 ml/hora). Después de tomar la muestra basal se administró el alimento de prueba, para ingerirlo en 10 minutos. En cinco pacientes tratados con hipoglucemiantes bucales y en tres con insulina, sus medicamentos se administraron al terminar de ingerir el alimento de prueba. Las muestras de sangre se obtuvieron cada 30 minutos, durante tres horas; el suero se separó en alícuotas, y la glucosa se midió de inmediato; el sobrante se congeló a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para medir insulina después. La glucosa se determinó con método automatizado (coeficiente de variación intraensayo 2.5%), la insulina con radioinmunoanálisis (Compagnie Ories Industries, Gif-Sur Yvette, Francia) (coeficiente de variación intraensayo 3%). El índice glucémico (o insulínico) se calculó con la fórmula:

$$\frac{\text{área bajo la curva con el alimento de prueba}}{\text{área bajo la curva con el pan blanco}} \times 100$$

Con el objeto de evitar la influencia de las concentraciones basales de glucosa y de insulina en los índices,

se obtuvo un "índice corregido" restando de las áreas bajo la curva el área correspondiente a la cifra basal.

Los resultados se expresaron con media  $\pm$  ES. El método estadístico fue análisis de la varianza para comparar las diversas pruebas entre sí, y prueba T de Student para muestras emparejadas y comparar así cada alimento con su propio testigo (pan blanco), T de Student para muestras independientes o U de Mann-Whitney para comparaciones entre grupos. Se consideró significativa una P menor de 0.05 de dos colas.

El proyecto se aprobó por el comité local de investigación.

## Resultados

### A. Sanos

En los individuos sanos la elevación máxima de glucemia después de ingerir nopal fue sólo  $0.25 \pm 0.5$  mmol/l ( $5 \pm 9$  mg/dl) más que la cifra al minuto cero, mientras que con otros alimentos el aumento promedio fue de cuando menos  $0.6$  mmol/l por arriba del valor inicial (Figura 1). Sin embargo estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ).

Los índices glucémicos con cereales y papa fueron similares al del pan blanco (Cuadro I). Los frijoles negros provocaron índices ligeramente inferiores pero sin significación estadística; en cambio, con cacahuete y nopal si fueron significativamente más bajos ( $P < 0.02$ ). Los índices glucémicos corregidos siguieron una tendencia similar a los índices sin corregir, pero sólo con el nopal se encontró significación estadística ( $P < 0.05$ ).

Con la ingestión de nopal la respuesta de insulina fue notablemente plana (Figura 2), con aumento máximo de  $3.6 \pm 26.4$  pmol/l ( $0.5 \pm 3.6$  uU/ml) por arriba de la cifra inicial, a diferencia de los otros alimentos, con los

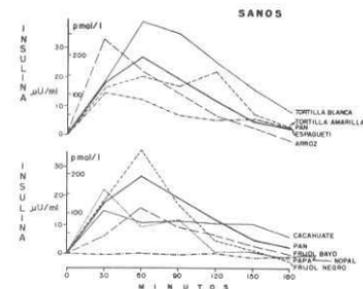


Figura 1. Modificaciones de la glucemia por la ingestión de los alimentos probados en individuos sanos. Los valores anotados son las medias de las diferencias con la cifra basal (minuto 0). Para mayor claridad se representan unos alimentos en la gráfica de arriba y otros en la de abajo.

que el pico máximo de insulina fue de cuando menos  $89$  pmol/l más que el valor basal ( $P < 0.01$ ). Los cereales y la papa dieron índices insulínicos semejantes entre sí; los de frijoles, nopal y cacahuete fueron significativamente menores (Cuadro II), pero sólo los dos últimos generaron también índices corregidos significativamente bajos. Llama la atención que el nopal dió índice insulínico corregido negativo.

### B. Diabéticos

No se advirtieron diferencias entre pacientes con medicación hipoglucemiante y quienes no la recibían, por lo tanto se consideraron como un solo grupo.

Cuadro I

### Efecto en la glucemia de ciertos alimentos administrados en dosis equivalentes a 50 g de carbohidratos en individuos sanos

Alimento	MINUTOS								Área bajo la curva	Índice glucémico	p	Índice glucémico pcorregido	p
	0	30	60	90	120	150	180						
Pan blanco (21)	4.4 $\pm$ 0.1	5.2 $\pm$ 0.2	5.3 $\pm$ 0.2	5.2 $\pm$ 0.2	5.1 $\pm$ 0.1	7.7 $\pm$ 0.1	4.6 $\pm$ 0.1	5.0 $\pm$ 0.1	100			100	
Tortilla blanca (7)	4.5 $\pm$ 0.2	5.4 $\pm$ 0.3	6.1 $\pm$ 0.6	5.2 $\pm$ 0.8	5.7 $\pm$ 0.3	5.3 $\pm$ 0.3	5.1 $\pm$ 0.2	5.6 $\pm$ 0.3	102 $\pm$ 3	NS		180 $\pm$ 72	NS
Tortilla amarilla	3.9 $\pm$ 0.1	5.1 $\pm$ 0.3	5.8 $\pm$ 0.5	5.2 $\pm$ 0.3	5.3 $\pm$ 0.4	4.7 $\pm$ 0.3	4.3 $\pm$ 0.2	5.0 $\pm$ 0.3	108 $\pm$ 7.9	NS		355 $\pm$ 166	NS
Espagueti (7)	4.4 $\pm$ 0.1	5.4 $\pm$ 0.3	5.1 $\pm$ 0.2	5.2 $\pm$ 0.2	5.3 $\pm$ 0.2	4.9 $\pm$ 0.2	4.8 $\pm$ 0.2	5.1 $\pm$ 0.1	102 $\pm$ 4.4	NS		83 $\pm$ 12	NS
Arroz (7)	4.3 $\pm$ 0.1	5.8 $\pm$ 0.5	5.6 $\pm$ 0.2	4.9 $\pm$ 0.3	4.9 $\pm$ 0.2	4.9 $\pm$ 0.2	4.7 $\pm$ 0.2	4.6 $\pm$ 0.7	104 $\pm$ 4.5	NS		129 $\pm$ 59	NS
Papa (7)	4.1 $\pm$ 0.1	5.1 $\pm$ 0.4	5.5 $\pm$ 0.6	4.0 $\pm$ 0.7	4.2 $\pm$ 0.2	4.0 $\pm$ 0.1	3.9 $\pm$ 0.1	4.0 $\pm$ 1.6	97 $\pm$ 0.9	NS		100 $\pm$ 32	NS
Frijol bavo (7)	4.2 $\pm$ 0.1	4.4 $\pm$ 0.2	4.6 $\pm$ 0.3	4.8 $\pm$ 0.4	4.7 $\pm$ 0.4	4.6 $\pm$ 0.4	4.8 $\pm$ 0.3	4.6 $\pm$ 0.2	96 $\pm$ 3.4	NS		58 $\pm$ 27	NS
Frijol negro (7)	4.7 $\pm$ 0.3	5.3 $\pm$ 0.3	5.4 $\pm$ 0.6	4.9 $\pm$ 0.4	4.6 $\pm$ 0.3	4.5 $\pm$ 0.3	4.4 $\pm$ 0.1	4.9 $\pm$ 0.3	92 $\pm$ 4.2	NS		27 $\pm$ 32	NS
Nopal (7)	4.0 $\pm$ 0.1	4.0 $\pm$ 0.2	4.2 $\pm$ 0.2	4.2 $\pm$ 0.3	4.1 $\pm$ 0.3	4.1 $\pm$ 0.3	4.2 $\pm$ 0.2	4.1 $\pm$ 0.2	85 $\pm$ 5.1	<0.05		15 $\pm$ 34	<0.05
Cacahuete (7)	4.4 $\pm$ 0.2	4.5 $\pm$ 0.2	4.5 $\pm$ 0.2	4.7 $\pm$ 0.2	4.9 $\pm$ 0.2	5.0 $\pm$ 0.2	4.6 $\pm$	4.7 $\pm$ 0.2	86 $\pm$ 0.2	<0.01		46 $\pm$ 28	NS

Valores expresados en mmol/l, como media  $\pm$  E. S. Área bajo la curva mmol/Uhora. NS = no significativa ( $P > 0.05$ ). Entre paréntesis el número de veces que se probó el alimento.

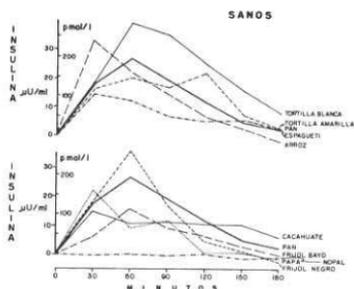


Figura 2. Modificaciones de la insulina sérica por la ingestión de los alimentos probados en individuos sanos. Los valores anotados son las medias de las diferencias con la cifra basal (minuto 0). Para mayor claridad se representan unos alimentos en la gráfica de arriba y otros en la de abajo.

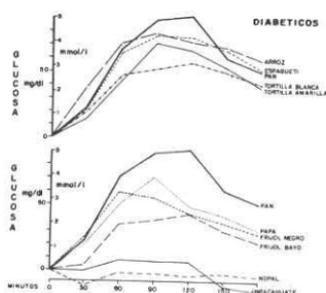


Figura 3. Modificaciones de la glucemia por la ingestión de los alimentos probados en individuos con diabetes mellitus no dependientes de insulina. Los valores anotados son la media de las diferencias con la cifra basal (minuto 0). Para mayor claridad se representan unos alimentos en la gráfica de arriba y otros en la de abajo.

Cuadro II

**Efecto en la insulina sérica de ciertos alimentos administrados en dosis equivalentes a 50 g de carbohidratos en individuos sanos**

Alimento	MINUTOS								Área bajo la curva	Índice glucémico	Índice glucémico corregido	p
	0	30	60	90	120	150	180					
Pan blanco (21)	102±19	229±47	206±41	243±42	192±29	139±24	121±20	202±30	100	100		
Tortilla blanca(7)	122±31	252±87	398±128	378±106	304±84	242±73	184±61	286±83	97±8.7	NS	147±61	NS
Tortilla amarilla (7)	68±5	186±41	215±27	190±25	230±45	122±14	89±11	170±13	124±12.5	NS	168±46	NS
Espagueti (7)	84±18	188±29	173±53	135±45	123±28	128±54	110±14	143±36	94±14.8	NS	68±17	NS
Arroz (7)	105±28	244±57	266±84	209±57	157±47	126±38	94±26	197±42	106±6.8	NS	107±21	NS
Papa (7)	78±17	237±61	146±21	165±58	85±19	87±18	58±12	139±22	91±14.0	NS	101±48	NS
Frijol bayo (7)	83±17	126±24	202±58	150±47	131±32	106±25	83±8	133±32	82±7.0	<0.05	69±17	NS
Frijol negro (7)	112±31	241±84	380±143	236±90	146±46	129±32	96±11	205±68	68±9.2	<0.005	63±15	NS
Nopal (7)	72±10	70±9	73±8	71±8	76±8	61±10	62±7	70±7	53±4.2	<0.001	7±14	<0.0001
Cacaohuete (7)	117±20	222±65	193±54	201±43	193±45	187±42	161±38	194±45	75±10.2	<0.05	49±42	<0.005

Valores expresados en pmol/l como media ± E. S. Área bajo la curva = pmol/l/hora  
NS = No significativa (p>0.05). Entre paréntesis el número de veces que se probó el alimento.

Como era de esperar, los diabéticos tuvieron una glucemia basal más alta que los sanos ( $P < 0.01$ ), y su elevación por ingestión de pan también fue notablemente mayor en los diabéticos que en los sanos ( $P < 0.002$ , U de Mann-Whitney, área bajo la curva de sanos vs. diabéticos).

Con la ingestión de nopal la glucemia se mantuvo igual que al principio de la prueba (Figura 3); con la ingestión de cacaohuete el aumento máximo de glucosa sérica fue sólo  $0.66 \pm 0.3$  mmol/l ( $12 \pm 5.8$  mg/dl) más que el valor basal, mientras que con los demás alimentos la elevación máxima promedio varió de 2.3 a 4.9 mmol/l (43 a 84 mg/dl) por arriba de la cifra inicial

( $P < 0.01$  nopal y cacaohuete vs. el resto de alimentos). La tortilla-amarilla, el espagueti y el arroz dieron índices glucémicos similares al pan blanco. La tortilla blanca, la papa, el frijol bayo, el nopal y el cacaohuete produjeron índices menores, pero sólo los últimos tres resultaron con ambos índices, corregido y sin corregir, significativamente menores que con el pan (Cuadro III).

Para los cálculos relacionados con la insulina se eliminaron los tres pacientes que recibían insulina exógena. En la prueba con pan los niveles basales de insulina fueron ligeros pero significativamente mayores en el grupo de diabéticos ( $148 \pm 16$  pmol/l) que en el de sanos ( $102 \pm 19$  pmol/l) ( $P < 0.05$ ), aunque el área bajo

Cuadro III

Efecto en la glucemia de ciertos alimentos administrados en dosis equivalentes a 50 g de carbohidratos en pacientes con diabetes mellitus no dependientes de insulina

Alimento	MINUTOS										Área bajo la curva	Índice glucémico	Índice glucémico corregido	p
	0	30	60	90	120	150	180							
Pan blanco (21)	10.2±0.8	11.4±0.7	13.9±0.7	15.1±0.8	15.1±7.4	14.0±0.7	13.1±0.7	13.5±0.7	100	100				
Tortilla blanca (9)	9.3±1.0	10.4±1.2	11.9±1.2	12.2±1.3	12.5±1.2	12.1±1.4	11.6±1.4	11.7±1.2	81±7.1	<0.05	90±13	NS		
Tortilla amarilla (9)	9.5±1.5	10.3±1.5	11.9±1.6	13.4±1.8	13.2±1.7	12.4±1.6	11.6±1.6	12.1±1.6	98±7.4	NS	67±10	<0.01		
Espagueti (9)	9.6±1.1	10.8±1.3	13.1±1.2	13.8±1.3	13.1±1.3	13.2±1.3	12.5±1.3	12.6±1.2	93±6.3	NS	86±14	NS		
Ajónjol (9)	10.3±1.0	12.4±1.1	14.3±1.2	14.7±1.2	14.3±1.3	13.6±1.2	13.5±1.3	13.6±1.2	98±4.7	NS	106±13	NS		
Papa (9)	8.2±1.2	9.3±1.6	11.0±1.1	12.1±1.2	11.4±1.1	10.8±1.1	10.0±1.2	10.8±1.2	77±6.8	<0.01	75±15	NS		
Frijol bayo (9)	8.7±1.1	8.9±1.4	10.6±1.4	10.7±1.5	11.1±1.7	10.3±1.6	9.9±1.5	10.3±1.4	78±6.7	<0.02	52±20	<0.05		
Frijol negro (8)	11.1±1.3	12.5±1.4	14.4±1.5	14.2±1.7	13.5±1.6	13.2±1.7	12.7±1.6	13.2±1.5	97±9.3	NS	58±22	NS		
Nopal (10)	12.3±1.1	11.7±0.9	12.2±1.0	12.2±0.9	12.2±0.9	12.2±1.0	12.1±1.0	11.8±0.9	82±6.1	<0.02	8±18	<0.0001		
Cacahuete (7)	12.2±1.4	12.2±1.4	12.6±2.0	12.6±2.0	12.6±2.0	11.5±1.5	11.3±1.5	12.2±1.7	79±9.0	<0.05	20±21	<0.05		

Valores expresados en mmol/l como media ± E. S. Área bajo la curva mol/l/hora  
NS = No significativa (p>0.05). Entre paréntesis el número de veces que se probó el alimento.

la curva de insulina fue similar ( $202 \pm 30$  vs  $217 \pm 28$ ,  $P > 0.05$ ) debido a que la elevación lograda con la ingestión de pan en los diabéticos fue menor que en los sanos: la elevación máxima fue de  $224 \pm 34$  y  $134 \pm 22$  pmol/l más que la cifra basal, en sanos y diabéticos respectivamente, ( $P < 0.05$ ). Además, la elevación máxima de insulina sérica ocurrió más tarde en los diabéticos (a los  $107 \pm 9$  minutos) que en los sanos ( $61 \pm 5$  minutos) ( $P < 0.01$ , U de Mann-Whitney).

Con el nopal no se observó elevación significativa de la insulina sérica (Figura 4), por lo que el índice insulínico fue significativamente menor que con el resto de los alimentos ( $P < 0.05$ ). El índice insulínico con papa fue bajo, pero al igual que con la glucemia, el índice corregido no fue estadísticamente diferente. Cacahuete, frijol bayo y tortillas resultaron con índice insulínico similar al pan, a pesar de su bajo índice glucémico (Cuadro IV). Con el índice insulínico corregido, el único alimento con el que se comprobó diferencia estadística

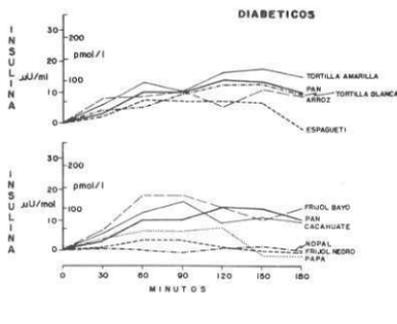


Figura 4. Modificaciones de la insulina sérica por la ingestión de los alimentos probados en individuos con diabetes mellitus no dependientes de insulina. Para mayor claridad se representan unos alimentos en la gráfica de arriba y otros en la de abajo.

Cuadro IV

Efecto en la insulina sérica de ciertos alimentos administrados en dosis equivalentes a 50 g de carbohidratos, en pacientes con diabetes mellitus no dependientes de insulina

Alimento	MINUTOS										Área bajo la curva	Índice glucémico	Índice glucémico corregido	p
	0	30	60	90	120	150	180							
Pan blanco (24)	148±16	166±17	221±23	220±24	249±30	238±29	217±28	217±22	100	100				
Tortilla blanca (8)	113± 6	141±13	152±23	190±21	202±25	202±32	180±28	176±19	122±10.2	NS	170±60	NS		
Tortilla amarilla (8)	191±32	235±42	282±43	260±33	311±40	318±58	296±46	259±43	103±10.2	NS	144±47	NS		
Espagueti (5)	139±36	158±40	195±55	191±51	191±50	188±45	124±41	181±46	101± 9.8	NS	198±98	NS		
Ajónjol (8)	165±23	224±24	228±25	241±28	207±34	246±28	231±27	195±32	112±10.2	NS	113±98	NS		
Papa (8)	135±30	162±31	180±44	182±47	188±51	121±13	120±12	159±31	77± 8.0	<0.01	59±62	NS		
Frijol bayo (7)	166±35	217±43	296±65	296±65	260±64	238±32	267±46	266±43	106±16.6	NS	71±15	NS		
Frijol negro (10)	147±24	152±26	172±22	170±15	152±12	141±11	138±12	152±15	99± 7.9	NS	66±15	NS		
Nopal (10)	134±28	143±25	136±26	132±28	141±27	146±30	134±27	136±27	71± 8.8	<0.01	32±26	<0.05		
Cacahuete (6)	141±29	165±31	231±24	257±28	198±56	224±38	206±40	295±30	123±15.5	NS	272±94	NS		

Valores expresados en pmol/l como media ± E. S. Área bajo la curva pmol/l/hora  
NS = No significativa (p>0.05). Entre paréntesis el número de veces que se probó el alimento.

ticamente significativa fue con el nopal.

### C. Sanos vs diabéticos

Al comparar los índices corregidos, glucémicos e insulínico, en ambos grupos se observó que, excepto del cacahuate, los índices con cada alimento siguieron una tendencia similar en los sanos y en los diabéticos (índice corregido de cada alimento, sanos vs diabéticos  $P > 0.05$ , excepto cacahuate) por lo que se pudieron calcular en conjunto. Se observó que los frijoles bayos y negros dieron índice glucémico e insulínico corregidos moderadamente bajos, con el nopal ambos índices estuvieron muy bajos y el cacahuate resultó con índice glucémico bajo pero no el insulínico (Figura 5).



Figura 5A. Índice glucémico corregido en todos los individuos estudiados. El valor de P es de la diferencia entre el alimento de prueba y el pan blanco. NS = no significativo ( $P > 0.05$ ).

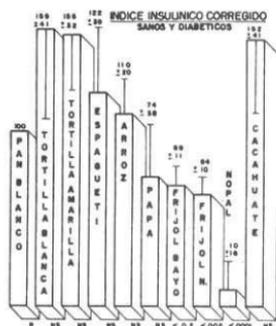


Figura 5B. Índice insulínico corregido en todos los individuos estudiados. El valor de P es de la diferencia entre el alimento de prueba y el pan blanco. NS = no significativo ( $P > 0.05$ ).

### Discusión

Para el control de la diabetes mellitus es deseable que las fluctuaciones de la glucemia sean de poca amplitud y que la hiperglucemia postprandial sea de escasa magnitud. La elevación máxima, o pico, de glucemia y la forma de la curva, dan una idea de la respuesta a un determinado alimento. Sin embargo éstas sólo pueden interpretarse cuando las curvas son muy distintas, como con el nopal y el cacahuate. La comparación y la interpretación son más objetivas si se mide el área bajo la curva y se expresa en relación con un patrón convencional (pan en este caso).

En este trabajo llama la atención que sean relativamente altos los índices glucémicos no corregidos en comparación con los informes en la literatura. Pero, tomando en cuenta que aproximadamente 80 por ciento del área bajo la curva de la glucosa en los individuos sanos corresponde a la glucemia preexistente (o basal), con la fórmula utilizada resulta difícil que el índice glucémico pueda ser menor de 80, a menos que el alimento causara disminución de las cifras de glucemia por abajo de los niveles basales, lo que no suele ocurrir. El método para obtener el índice glucémico empleado en este estudio es el mismo usado por otros investigadores.<sup>4,5</sup> Los valores tan bajos del índice glucémico para algunos alimentos consignados en la literatura se pueden deber a alguna corrección en la fórmula, que al parecer se ha omitido informar. Para valorar la elevación de glucosa, o de insulina, debida netamente al alimento ingerido y evitar la influencia de las concentraciones basales en el índice glucémico, se corrigió la fórmula original restando el área correspondiente a las cifras basales. Con ello, en algunos casos se acentuaron las diferencias entre los alimentos, pero también aumentó la dispersión de los resultados.

Los índices glucémicos, sin corregir y corregidos, guardaron entre sí una relación directa muy estrecha en los sanos ( $r = 0.97$ ,  $P < 0.001$ ) y menos estrecha en los diabéticos ( $r = 0.4$ ,  $P < 0.01$ ). Los índices insulínicos sin corregir y corregidos, también conservaron una relación directa más clara en los sanos ( $r = 0.98$ ,  $P < 0.001$ ) que en los diabéticos ( $r = 0.27$ ,  $P < 0.05$ ). Las diferencias entre los índices corregidos y sin corregir observados con algunos alimentos, se deben a distintas concentraciones basales de glucosa o insulina, lo que fue más notable en los diabéticos. Aunque no son discordantes, la impresión global es que los índices corregidos expresan más fiel y claramente la influencia de los alimentos en la glucemia e insulinemia que los sin corregir. En los estudios publicados no se aplica esta corrección.

Los factores que determinan el índice glucémico de

los alimentos no se conocen bien. Algunos son sólo físicos, por ejemplo, se ha dicho que el índice glucémico de las pastas es inferior al del pan, a pesar de tener ambos los mismos constituyentes.<sup>8</sup> Las fibras dietarias solubles influyen sobre la hiperglucemia postprandial,<sup>9,10</sup> pero no se ha establecido una relación estrecha entre la proporción de fibras dietarias y el índice glucémico.<sup>4,5,8</sup> También se ha mencionado que fitatos, lectinas, saponinas, taninas e inhibidores enzimáticos, pueden interferir con la digestión y absorción de los alimentos y funcionar como "antinutrientes".<sup>4</sup> Las grasas y proteínas retardan el vaciamiento gástrico y pueden aumentar la respuesta insulínica.<sup>11</sup> Además, la proporción de azúcares simples y de almidones varios también influye en la facilidad de digestión, absorción y en la glucemia.<sup>4</sup>

En este trabajo destacan cuatro alimentos con bajo índice glucémico corregido: los frijoles bayos, los negros, los cacahuates y el nopal. En otros estudios también las leguminosas han mostrado un índice glucémico bajo, lo que se puede atribuir al tipo de glúcidos que contienen, a las fibras dietarias y a los "antinutrientes".<sup>4</sup> El cacahuete es uno de los alimentos con más bajo índice glucémico, en éste y otros informes.<sup>5</sup> Además de poseer una moderada cantidad de fibras dietarias, el cacahuete es rico en grasas y proteínas (Cuadro V). El nopal es el alimento con la menor elevación de glucosa sérica y por lo tanto con el menor índice glucémico. Entre los alimentos probados, el nopal contiene más fibras,<sup>7,12</sup> pero también se le confiere acción hipoglucemiante

debida a una sustancia no identificada.<sup>13</sup> En el presente estudio los espaguetis y la papa produjeron índices glucémicos ligeramente bajos, aunque sin significación estadística. La respuesta glucémica al espagueti se ha informado moderadamente baja,<sup>4,5,8</sup> en cambio con la papa los reportes no han sido consistentes pues los hay menores<sup>4</sup> y mayores<sup>14</sup> que con el pan.

Aunque la composición de los alimentos es muy compleja, se aprecia cierta relación entre la cantidad de fibras dietarias de los alimentos probados (Cuadro V) y los índices glucémicos encontrados en este estudio, lo que apoya la importancia de las fibras dietarias en la absorción de los glúcidos.<sup>9</sup>

El índice insulínico suele conservar el mismo patrón de respuesta que el índice glucémico.<sup>14</sup> Esto ocurre en el grupo de individuos sanos, en quienes la relación entre ambos índices, el glucémico y el insulínico corregidos, es muy estrecha ( $r = 88$ ,  $p < 0.01$ ). En cambio en los diabéticos las diferencias son más notables ( $r = 0.42$   $P < 0.01$ ). Con el cacahuete resulta el índice glucémico bajo pero el índice insulínico alto, esto se puede deber a que la concentración relativamente alta de proteínas que estimulan la secreción de insulina independientemente de la glucemia, y a las diferentes respuestas personales, como lo demuestra la gran dispersión de los índices.

La variabilidad en los resultados se puede atribuir a las diferencias individuales. A este respecto se han encontrado respuestas distintas en personas sanas de diferentes grupos étnicos;<sup>15</sup> las variaciones de respuesta por cuanto a glucosa e insulina sérica son mayores en sujetos con intolerancia a los carbohidratos que en individuos sanos,<sup>14</sup> y son aún más marcadas en los diabéticos, especialmente si son dependientes de insulina.<sup>16</sup> Los diabéticos tienen anomalías hormonales, y sobre todo en la secreción de insulina<sup>17</sup> que podrían condicionar las diferentes respuestas a los alimentos. En el grupo de diabéticos de este estudio se observaron hiperinsulinemia basal y respuesta de insulina disminuida y tardía, que son alteraciones conocidas en la diabetes mellitus no dependiente de insulina,<sup>17</sup> y también se encontró mayor variabilidad de la respuesta glucémica e insulínica que en los sanos.

Debido a las diferencias individuales, algunos investigadores sostienen que estos índices son de utilidad clínica limitada pues considerándola parte de una comida completa la fuente principal de carbohidratos influye poco.<sup>18</sup> Sin embargo otros, autores refieren haber logrado un mejor control metabólico y mejor respuesta de insulina con alimentos de bajo índice glucémico.<sup>6</sup>

En este trabajo se encontró que la elevación máxima de glucosa debida a la ingestión de nopal o cacahuete es

Cuadro V

**Cantidad de los alimentos estudiados que contienen 50 g de carbohidratos absorbibles y su contenido de celulosa, proteínas y grasas**

Alimento	Cantidad (g)	Celulosa (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)
Pan banco de caja	90	0.5	8.5	2.3
Tortilla amarilla	104	1.1	6.0	1.6
Tortilla blanca	104	1.1	6.0	1.6
Espagueti	68	0.0	7.0	0.2
Arroz	63	0.2	4.9	0.6
Papa	196	0.8	4.0	0.2
Frijol bayo	85	3.9	19.2	1.5
Frijol negro	90	3.9	19.6	2.2
Cacahuete	161	9.5	41.8	74.0
Nopal	696	26.2	11.8	2.0

poco marcada. Los índices glucémico e insulínico corregido reflejan la influencia de los alimentos destacando las diferencias entre ellos más que los índices usuales. Se demostró que las diversas preparaciones de cereales tienen un índice glucémico similar; los frijoles bajos y negros dan índices glucémicos e insulínicos moderadamente bajos; el índice glucémico del cacahuate es bajo pero no así el insulínico; el nopal produce los índices glucémicos e insulínicos más bajos.

Aun que esta investigación no se diseñó para valorar el uso de estos alimentos en la clínica, los resultados sugieren que para la dieta de diabéticos se deberían preferir alimentos con bajo índice glucémico como fuente de carbohidratos. El comportamiento de la glucemia y de la insulina no es distinto si se ingiere pan o tortilla de maíz, blanca o amarilla, pastas o papa.

#### Agradecimientos

Agradezco su valiosa colaboración a Cuauhtémoc R. Ariza y Eréndira Altamirano, del Departamento de Medicina Interna, y a Perla Altamirano, del Departamento de Medicina Nuclear, del Hospital de Especialidades del Centro Médico "La Raza", Instituto Mexicano del Seguro Social.

#### Referencias

1. American Diabetes Association. Nutritional recommendations and principles for individuals with diabetes mellitus. *Diabetes Care* 1990; 13: 18-25.
2. Simpson HCR, Lousley S, Geekie M. A high carbohydrate leguminous fibre diet improves all aspects of diabetic control. *Lancet* 1981; 1: 1-5.
3. Hjollund E, Pederson O, Richelsen B, Henning B, Sorensen NS. Increased insulin binding to adipocytes and monocytes and increased insulin sensitivity of glucose transport and metabolism in adipocytes from noninsulin-dependent diabetes after a low fat/high starch/high fiber diet. *Metabolism*. 1983; 32: 1067-75.
4. Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Josse RG, Wong GS. The glycaemic response to carbohydrate foods. *Lancet* 1984; 2: 388-91.
5. Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 362-6.
6. Jenkins DJA, Wolever TMS, Collier GR et al. Metabolic effects of a low glycemic index diet. *Am J Clin Nutr* 1987; 46: 9687-75.
7. Hernández M, Chávez A, Bourges H. Valor nutritivo de alimentos mexicanos. México, D. F.: Instituto Nacional de la Nutrición L-12 1983.
8. Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Lee R, Wong GS, Josse R. Glycemic response to wheat products: reduced response to pasta but no effect of fiber. *Diabetes Care* 1983; 6: 155-9.
9. Frati Munari AC, Fernández-Harp JA. Las fibras dietéticas. *Rev Med IMSS (Méx)* 1984; 22: 75-8.
10. Frati-Munari AC, Flores MA, Ariza Andraca R, Islas Andrade S, Chávez Negrete A. Efecto de diferentes dosis de mucílago de *Psyllium* plántago en la prueba de tolerancia a la glucosa. *Arch Invest Med* 1989; 20: 147-152.
11. Collier G, ODea K. The effect of co-ingestion of fat on glucose, insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to carbohydrate and protein. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 941-4.

12. Fernández-Harp JA, Frati A. Relación entre las fibras dietéticas y el contenido energético de los alimentos. *Rev Med IMSS (Méx)* 1986; 24: 71-76.
13. Frati-Munari AC, Gordillo BE, Altamirano P, Ariza CR. Hypoglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lemaire in NIDDM. *Diabetes Care* 1988; 11: 63-6.
14. Crapo PA, Reaven G, Olefsky J. Postprandial plasma-glucose and insulin responses to different complex carbohydrates. *Diabetes* 1977; 26: 1178-83.
15. Thorburn AW, Brand JC, ODea K, Spargo RM, Truswell AS. Plasma glucose and insulin responses to starchy foods in Australian aborigines: a population now at high risk of diabetes. *Am J Clin Nutr* 1987; 46: 282-5.
16. Jenkins DJA, Wolever TMS, Wong GS et al. Glycemic responses to foods: possible differences between insulin-dependent and non insulin-dependent diabetics. *Am J Clin Nutr* 1984; 40: 971-81.
17. Polonski SK, Kenneth G, Bruce HL, et al. Abnormal patterns of insulin secretion in non insulin dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 1988; 318: 1231-9.
18. Coulston AM, Holmebeck CB, Liu GC, et al. Effect of source of dietary carbohydrate on plasma glucose; insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to test meals in subjects with non insulin-dependent diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 1984; 40: 965-70.

## COMENTARIO

LEOPOLDO VEGA-FRANCO\*

La distinción de ser nombrado comentarista oficial del trabajo de ingreso del doctor Frati Munari implica, para mí, una doble tarea. La primera es particularmente grata: ser el portavoz de nuestra agrupación para brindarle de manera personal una afectuosa bienvenida con motivo de su primera contribución en el seno de este claustro académico. La segunda tiene como objeto emitir un juicio acerca de la calidad científica de su trabajo de ingreso, propósito también gratificante, en virtud de su reconocida trayectoria científica y académica.

El tema de la investigación presentada por el doctor Frati, ha despertado interés entre los médicos que tratan enfermos con diabetes no insulino dependiente. La polémica que por largo tiempo existió acerca del empleo de dietas bajas en hidratos de carbono para el tratamiento de esta enfermedad, se ha decidido gradualmente hacia un mayor consumo de estos nutrimentos. En la actualidad la Asociación Americana Contra la Diabetes recomienda que los carbohidratos de la dieta cubran del 55 a 60 por ciento del total de la energía diaria requerida por el enfermo.<sup>1</sup> Por otro lado, sugiere conocer y controlar individualmente el impacto de la dieta sobre la concentración de la glucosa sanguínea del paciente.

\* Académico numerario.

Ante estas indicaciones dietéticas surge la necesidad de investigar la glucemia consecutiva a la ingestión de alimentos ricos de hidratos de carbono. La sugerencia de Jenkins y col<sup>2</sup> de registrar el incremento de la glucosa sanguínea después de consumir un alimento hidrocarbonado, tomando como referencia en el mismo sujeto la respuesta obtenida al consumir una cantidad equiparable de pan, ha motivado al ponente y a sus asociados a estimar el índice glucémico de algunos de los alimentos consumidos de manera cotidiana entre la población mexicana.

Tratándose de una investigación de carácter descriptivo, sin que en mi opinión existan serias objeciones metodológicas, me ha parecido conveniente orientar mis comentarios hacia la posible aplicación de los hallazgos.

El índice glucémico sería inobjetable si cumplierse con cuatro requisitos.

1. Que la variabilidad de las respuestas obtenidas en los enfermos ocurriese dentro de un margen estrecho.
2. Que los resultados obtenidos entre los investigadores que se han interesado por este índice no mostrasen divergencias amplias.
3. Que el conocimiento del índice glucémico de cada uno de los alimentos hidrocarbonados que conforman las dietas permitiese estimar la contribución que cada uno tiene a la glucemia que registran los enfermos al consumirlo juntos en la dieta.
4. Que hubiese transcurrido el tiempo necesario para conocer las ventajas y las limitaciones del procedimiento.

Con respecto a la primera condición, cabe aceptar que variables como edad, sexo, peso corporal y tipo de dieta culturalmente establecida; influyen en la respuesta que registran los enfermos ante el mismo alimento; estas condiciones probablemente influyen sobre la magnitud de fluctuación en los índices. Las desviaciones estándar calculadas a partir de los errores estándar informados en el presente estudio, permiten estimar los índices glucémicos corregidos, coeficientes de variación superiores al 40 por ciento, y en algunos alimentos mayores del 100 por ciento. Esta variación en los datos constituye una seria limitación para la aplicación de los resultados.

Al parecer la variabilidad en sujetos investigados de manera sucesiva con un mismo alimento, no ha motivado el interés de los investigadores en este ampo; esta línea de estudio permitiría aclarar la participación que tiene la variabilidad intraindividuos en los datos obtenidos en grupos de sujetos enfermos.

En cuanto a la segunda condición, es evidente el desacuerdo en los índices glucémicos dados con algunos

alimentos, como papa o arroz, en diversos centros de investigación.

El doctor Frati Munari atribuye esta discrepancia en parte a correcciones en la fórmula originalmente propuesta por Jenkins, probablemente no aclaradas por los diversos autores ocupados del tema. Esta misma inquietud ha llevado recientemente a Le Floch y col<sup>3</sup> a estimar el área delimitada por la curva de concentración de la glucosa sanguínea mediante cinco procedimientos diferentes. Estos autores concluyen que el método trapezoidal, usado por el doctor Frati Munari, es un procedimiento sencillo y confiable; recomiendan abstraer el valor de la glucemia basal antes de integrar el área bajo la curva. Por otro lado sugieren que los puntos negativos, después de los 180 minutos, deben ser tomados como valor cero. Es probable que siguiendo esta recomendación las divergencias y la dispersión de los datos del presente estudio sean de menor magnitud. Por otro lado, me parece que las discrepancias observadas con algunos alimentos se deben a las diferencias que registran en su contenido bromatológico las tablas consultadas por los autores.

La objeción más seria que se ha hecho a la estimación del índice glucémico estriba en que normalmente la dieta contiene varios alimentos en proporciones variables, por lo cual el índice obtenido individualmente para cada alimento tiene un valor relativo, sobretodo si el contenido de fibra en la dieta es alto.<sup>4</sup>

Es preciso esperar que las críticas hechas al índice glucémico afirmen el procedimiento y delimiten su aplicación en la clínica. En la ardua tarea de conformar y confrontar la experiencia que exige conocer el índice glucémico de los alimentos que integran las dietas que se consumen en México, el trabajo del doctor Frati Munari y asociados será sin duda un punto de referencia imprescindible para futuras investigaciones.

## Referencias

1. American Diabetes Association, Nutritional recommendations and principles for individuals with diabetes mellitus. *Diabetes Care* 1990; 13, 1: 18-25.
2. Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Josse RG, Wong GS. The glycaemic response to carbohydrate foods. *Lancet* 1984; 2: 388-391.
3. Le Floch J-P, Escuyer P, Baudin E, Baudon D, Pelemuter L. Blood glucose area under the curve. Methodological aspects. *Diabetes Care* 1990; 13: 172-175.
4. Behme MT, Dupre J. All bran vs corn flakes: plasma glucose and insulin responses in young females. *Am J Clin. Nutr* 1989; 50: 1240-1243.



ILIA METSCHNIKOFF  
(1845-1916)

Ilya Metschnikoff nació en Panassovka, provincia de Karkov (Rusia), el 16 de mayo de 1845. Se educó en Eslovaquia y en Karkov, ingresando al Liceo en el año de 1856. A los 18 años de edad publicó su primer trabajo científico e hizo sus estudios universitarios en dos años en vez de cuatro, ocupando el primer lugar por su aplicación e inteligencia.

En 1864 hizo un viaje a Heligoland, para estudiar la fauna marítima, regresando con una vasta colección de ejemplares, que presentó en la Sesión de la Sociedad de Ciencias Naturales. Después se dedicó a la Helmintología, en el laboratorio de Leuckart, descubriendo ahí nemátodos hermafroditas.

En 1882 se trasladó con su familia a Messina, cuya fauna era de gran interés para él. Al estudiar la medusa y su digestión mesodérmica, vino a su mente que quizá era el proceso primitivo de la digestión. Las células móviles del mesodermo mostraban principalmente la digestión intracelular. La observación de las células móviles le indujo a creer que células igualmente móviles eran las encargadas de defender al organismo contra los cuerpos extraños introducidos a él, y para probarlo hizo el experimento de clavar una astilla en las larvas de la estrella de mar; al día siguiente se convenció de que a su alrededor se habían reunido gran cantidad de células móviles. En ello fundó su famosa ley de la fagocitosis a cuyo estudio dedicó 25 años y lo condujo a explicar el fenómeno inflamatorio de la diapédesis.

En 1886 fue Director de una estación bacteriológica en Odessa y posteriormente decidió establecerse en París. Pasteur lo recibió con entusiasmo y ahí permaneció haciendo investigaciones en el Instituto Pasteur. Trabajó sobre el problema del cólera, sobre inmunización y sobre quimiotaxia. Diferenció los microórganos de los macrófagos e hizo estudios sobre tuberculosis.

Fue *Doctor Honoris Causa* de la Universidad de Cambridge y en 1908 recibió, con Ehrlich, el Premio Nobel en Medicina.

El profesor Metschnikoff murió de un ataque cardíaco en el Instituto Pasteur, el 16 de julio de 1916, a los 71 años de edad, después de haber prestado grandes servicios a la Ciencia Médica.

J. S. P.