

INDICE GLUCEMICO E INSULINEMIA POSTPRANDIAL DE UN CARBOHIDRATO COMPLEJO COMBINADO CON GRASA Y PROTEINA

Elsy M. Orúa H.¹ Melania Izquierdo R.¹ José Avilán²
Nancy de Pabón¹ Magaly de López³ María C. de Blanco¹
Mario Paolillo¹ Manuel Camejo¹ José L. Cevallos³

RESUMEN: Estudios realizados en individuos sanos y en pacientes diabéticos no insulino-dependientes, demostraron que administrar 50 grs de carbohidratos en forma de glucosa y de papa hervida producía respuestas similares de glucemia e insulinemia postprandial. Posteriormente se determinó que el índice glucémico (IG) de la papa, representado como el porcentaje del área bajo la curva de la glucemia al ingerir 50 grs de carbohidratos en forma de papa, resultó ser de $70 \pm 8\%$. En el presente estudio se sometieron a 8 individuos sanos a 4 pruebas, en las cuales se midieron la glucemia e insulinemia a los 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos después de administrar los siguientes alimentos: papa hervida 1; papa con grasa 2; papa con proteína 3 y papa con proteína grasa 4. Los IG obtenidos fueron: $97 \pm 67,1\%$ en la prueba 1; $56,2 \pm 28,6\%$ en la prueba 2; $44,1 \pm 29,8\%$ en la prueba 3 y $48, \pm 31,2\%$ en la prueba 4. La curva de glucemia de la papa hervida mostró las mayores elevaciones, especialmente a los 30 y 45 minutos, en comparación con las curvas de glucemias de las pruebas 2, 3 y 4, pero manteniéndose siempre por debajo de la curva de glucemia producida por la ingestión de glucosa. Las curvas de insulinemia de las 4 pruebas presentaron mayores aumentos que los observados en la curva de insulinemia obtenida con la ingestión de glucosa, especialmente durante la 1a. hora del estudio. En la 2a. hora, las cifras de insulina descienden a niveles menores a los causados por el consumo de glucosa. Mediante el índice de insulina inmunoreactiva glucosa (IRI/G) se comprueba que la mayor secreción de insulina ocurre en la 1a. hora, sobretodo en las pruebas 3 y 4 ya que en ellas se reportaron IRI/G mayores al obtenido con la administración de glucosa. Se puede concluir que los menores IG reportados en las pruebas 2, 3 y 4, se debieron a un aumento de la secreción de insulina y no a un retardo en la absorción de glucosa.

PALABRAS CLAVES: Índice Glucémico, Respuesta Insulínica, Carbohidrato, Interacción de Nutrientes

Introducción

En estudios realizados en individuos sanos (1, 2), y en pacientes diabéticos no insulino-dependientes (3), se demostró que la administración

oral de glucosa y de papa hervida en cantidades equivalentes a 50 grs de carbohidratos, producían respuestas similares de glucemia e insulinemia postprandiales. Por su parte, el Dr. David Jenkins (4), determinó que el índice glucémico de la papa, representado como el porcentaje del área bajo la curva de respuesta de la glucosa al ingerir el equivalente de 50 grs de carbohidratos en forma de papa, era de $70 \pm 8\%$.

La papa es un carbohidrato con un alto contenido de almidón (5). Se consume con mucha

¹ Unidad de Endocrinología y Metabolismo. Hospital Universitario de Caracas.

² Cátedra de Medicina Preventiva y Social. Escuela de Medicina "Luis Razetti" U.C.V.

³ Laboratorio de Investigaciones Clínicas "Luis Razetti". Facultad de Medicina, U.C.V.

frecuencia en nuestro país, principalmente como parte de una comida mixta. Con el propósito de disminuir las elevadas respuestas de glucemia e insulinemia que produce, en el presente estudio se les administró a individuos sanos combinaciones de papa con pequeñas cantidades de grasas y proteínas para luego determinar el índice glucémico y la respuesta de insulina sérica postprandial obtenidos con estas mezclas. Si se logra un descenso en ambos, la combinación de un carbohidrato de alto índice glucémico con grasas y proteínas en cantidades moderadas, ofrecería una alternativa en el tratamiento nutricional de patologías que presenten transtornos en el metabolismo de los carbohidratos y/o de los lípidos.

Materiales y Métodos

Sujetos

Participaron en el estudio 8 individuos sanos, cuyas edades, pesos, estaturas e índices de masa corporal se muestran en el Cuadro 1. Todos los sujetos fueron instruídos para consumir un mínimo de 250 grs de carbohidratos, abstenerse de ingerir alcohol y evitar una actividad física fuerte durante los 3 días previos a cada prueba, las cuales se realizaron luego de 12 horas de ayuno.

CUADRO 1

CARACTERISTICAS DE LOS SUJETOS

Sujeto	Sexo	Edad	Peso (kg.)	Estatura (mts.)	IMC
1	M	36	72,5	1,80	22
2	F	35	48,5	1,54	20
3	F	27	69,5	1,77	22
4	F	26	49,5	1,57	20
5	M	22	64,4	1,67	23
6	F	28	50	1,56	21
7	F	25	52	1,56	21
8	F	25	56	1,62	21

Métodos

A cada individuo se la practicó inicialmente una curva de glucemia e insulinemia con la administración oral de 50 grs de glucosa, las cuales se consideran como las curvas de referencia. Posteriormente cada individuo participó en 4 pruebas, a razón de una prueba día. Las cantidades de alimentos utilizados en las pruebas se calcularon a partir de un valor calórico de 367 calorías, con un 54% de carbohidratos (50 grs), 26% de grasas (11 grs) y 20% de proteínas (20 grs) (Cuadro 2). Durante cada prueba se extrajeron muestras a los 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos para las determinaciones de glucemia e insulinemia. Las glucemias se realizaron por el método enzimático de glucosa oxidasa marca Peridochrom Glucose BM. De acuerdo a este método, los valores normales de glucemia se encuentran entre 76 y 110 mg/dl. Las determinaciones de insulina se efectuaron por radioinmunoensayo, con un kit comercial diseñado por Diagnostic Products Corporation. Según este método, los valores normales de insulina oscilan de 3 a 35 mUI/ml.

CUADRO 2

CANTIDAD DE ALIMENTOS UTILIZADOS

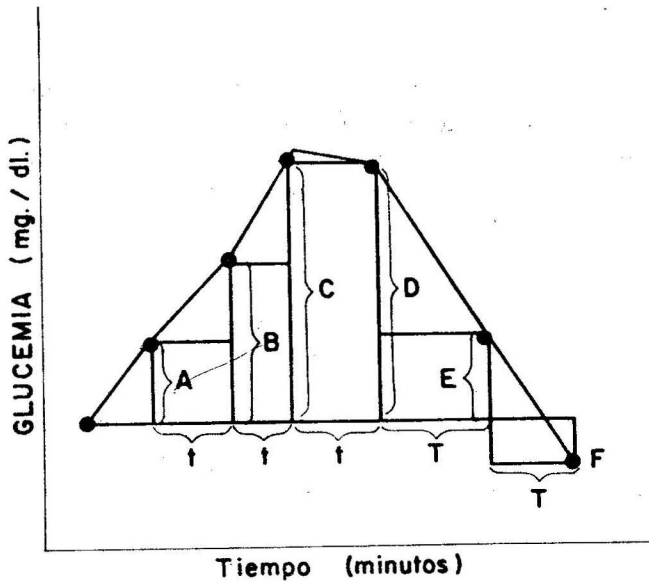
- 1 320 grs de papa hervida
- 2 320 grs de papa hervida +11 grs de margarina
- 3 320 grs de papa hervida + 60 grs de atún enlatado en agua
- 4 320 grs de papa hervida +60 grs de atún enlatado en agua +11 grs de margarina

Los índices glucémicos se calcularon en base a la fórmula expresada por el Dr. David Jenkins (6).

Índice Glucémico

= $\frac{\text{Area bajo la curva de la glucemia obtenida con 50 grs de carbohidratos aportados por el alimento en estudio}}{\text{Area bajo la curva de glucemia obtenida con 50 grs de carbohidratos en forma de glucosa.}}$ X 100

El área bajo la curva de glucemia obtenida con la administración de 50 grs de glucosa es representada de la siguiente manera:



La letra t indica los intervalos de tiempo (cada 15 minutos), en que se extrajeron las muestras durante la 1ª hora de la prueba. La letra T corresponde a los intervalos de tiempo (cada 30 minutos), en que se extrajeron las muestras en la 2ª hora de la prueba. Las letras A, B, C, D, E y F representan los valores de glucemia resultantes de restar las concentraciones postprandiales de la concentración basal de la misma. El área bajo la curva se calcula de acuerdo a la fórmula que le corresponde a cada figura geométrica, tal como se señala a continuación:

Area:

$$\frac{At}{2} + \frac{At}{2} + \frac{(B-A)t}{2} + Bt + \frac{(C-B)t}{2} \dots \text{etc.}$$

Cuando en algún intervalo de tiempo, la concentración de glucemia postprandial es menor a la concentración de ayuno, sólo se emplea el área localizada por encima del nivel basal, tal como ocurre en el intervalo F. En este caso, sólo se utilizó el intervalo E T, que representa el tiempo en el cual los valores de glucemia postprandiales permanecen por encima del basal. Esto se realiza de la manera siguiente:

$$\frac{E}{E+F} = \frac{T'}{T} \dots \rightarrow T' = \frac{E T}{E+F} \dots \dots \frac{E T}{2} = \frac{E^2 T}{2(E+F)}$$

Las anteriores ecuaciones pueden simplificarse así:

Area:

$$(A+B+C+D)t + \frac{D + E T}{2} + \frac{E^2 T}{2(E+F)}$$

Una vez determinados los índices glucémicos, se calcularon los valores promedio de glucemia e insulinemia con sus respectivas desviaciones standard de cada una de las pruebas. Con estos valores promedio también se determinó el insulina inmunorreactiva/glucosa (IRI/G), de acuerdo a lo expresado por Fajans y Floyd (7).

Resultados

La aceptación de los alimentos por parte de los voluntarios que participaron en las pruebas fue adecuada. Todos consumieron completamente las raciones administradas, aunque la mayoría consideró que la cantidad de carbohidrato era abundante (320 grs de papa).

CUADRO 3

MEDIA Y DESVIACION ESTANDAR INDICE GLUCEMICO

Prueba	Media	Ds.
(1) Papa hervida	92,9	67,1
(2) Papa + margarina	56,2	28,6
(3) Papa + atún	44,1	29,8
(4) Papa + margarina + atún	48,3	31,2

Los promedios de los índices glucémicos (IG) se muestran en el Cuadro 3. Estos IG fueron: $92,9 \pm 67,1\%$ para la prueba 1 (papa hervida); $56, \pm 28,6\%$ para la prueba 2 (papa con grasa); $48,3 \pm 31,2\%$ para la prueba 4 (papa con grasa y proteína) y $44,1 \pm 29,8\%$ para la prueba 3 (papa con proteína).

La curva de los promedios de glucemia que mostró las mayores elevaciones fue la prueba 1, especialmente a los 30' y 45', en comparación con las pruebas 2, 3 y 4. Sin embargo, la curva de la prueba 1 se encontraba por debajo de la obtenida con glucosa (Gráfico 1). El

resto de las pruebas presentaron curvas similares entre sí.

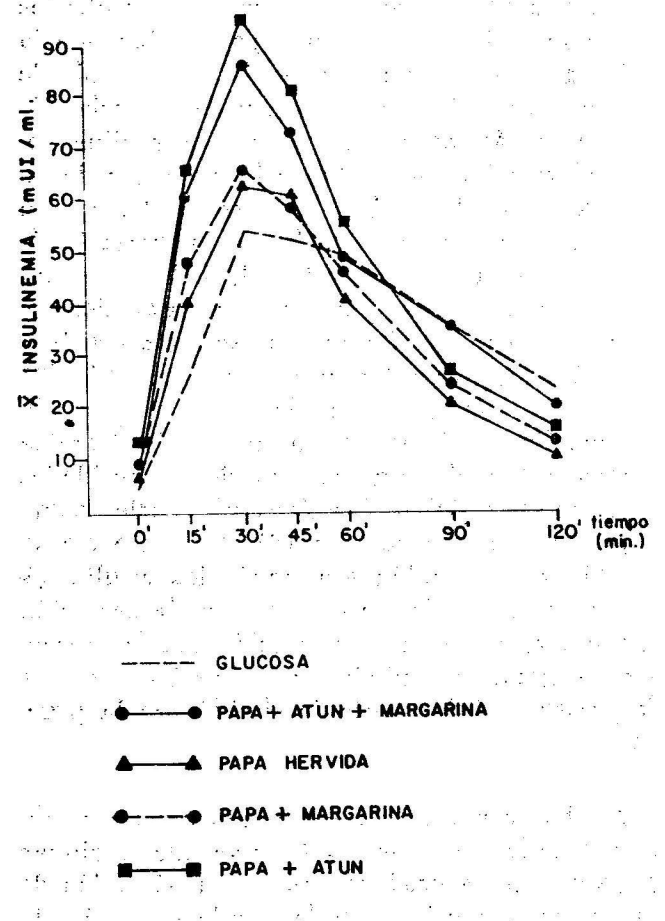
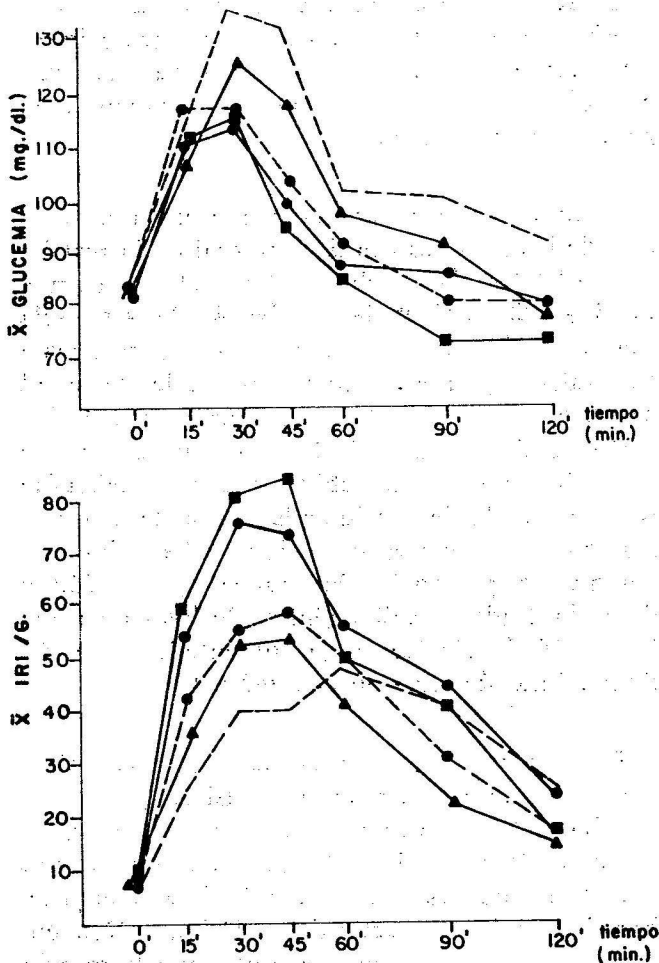
Las respuestas de insulina obtenidas en las pruebas 3, 4 presentaron los niveles más altos, aún en comparación con los producidos por la glucosa. Estos aumentos se mantuvieron desde los 15' hasta los 60', momento en el cual comienzan a descender hasta ubicarse por debajo de los causados por la ingestión de glucosa. Los máximos valores fueron $96,8 \pm 8$ mUI/ml en la prueba 3 y $86,2 \pm 18,7$ mUI/ml en la prueba 4 a los 30'. En las pruebas 1, 2, se notó poca variación entre sus respectivas curvas de respuestas de insulina. A los 15', 30' y 60' los niveles de insulinemia de estas pruebas se mantuvieron por encima de los producidos por la glucosa. Luego de los 60' los valores resultaron intermedios entre ésta y las pruebas 3 y 4.

Se calculó el índice insulina inmunoreactiva/glucosa (IRI/G) con los valores promedios de

glucemia e insulinemia, encontrándose desde los 15' hasta los 90' cifras elevadas que superan el IRI/G considerado normal ($\leq 0,30$) (7) en las pruebas 3, 4. En las pruebas 1, 2, los IRI/G superiores al normal se observaron desde los 15' hasta los 60' (Cuadro 4).

CUADRO 4

INSULINA INMUNOREACTIVA / GLUCOSA							
Prueba	0'	15'	30'	45'	60'	90'	120'
(1) Papa hervida	0,06	0,36	0,53	0,54	0,42	0,23	0,15
(2) Papa + margarina	0,08	0,42	0,55	0,57	0,50	0,31	0,21
(3) Papa + atún	0,10	0,59	0,82	0,85	0,64	0,41	0,20
(4) Papa + margarina + atún	0,09	0,54	0,76	0,74	0,56	0,45	0,26



Gráf. 1: Curvas de los \bar{X} de glucemia, insulinemia. Índices insulina inmunorreactiva/glucosa

Discusión

El IG de la papa obtenido en este trabajo ($92,9 \pm 67,1\%$) se asemeja al reportado por el Dr. Jenkins en sus estudios iniciales sobre índice glucémico (4). No ocurrió lo mismo con la curva de glucemia de este alimento, la cual fue menor que la producida por la ingestión de glucosa. Aunque este resultado difiere del encontrado en los estudios ya mencionados, hay que hacer notar que la variabilidad de la muestra fue alta, con desviaciones standard mayores a las obtenidas por otros autores (1-3).

El propósito de este estudio ha sido modificar el IG de la papa combinándola con grasas y proteínas. Se observa entonces que dicho IG disminuye a $44,1 \pm 29,8\%$ al combinarla con proteínas. Al consumirla con grasas y proteínas el IG es de $48,3 \pm 31,2\%$, y con grasa disminuye a $56,2 \pm 28,6\%$. Si tomásemos estos IG como indicador de la velocidad de absorción de cada mezcla, se podría inferir que esta disminuye proporcionalmente al nutriente con que se acompañe el carbohidrato estudiado, pero los resultados de la medición de insulina nos señalan que la velocidad de absorción no es la responsable de los menores IG producidos por las mezclas de nutrientes. Al observar las curvas de insulinemia, se encuentra un aumento en la secreción de insulina en las 4 pruebas durante la 1ª hora, en comparación con la causada por la ingestión de glucosa. En las pruebas 3, y 4, dicho aumento es mayor aún y se prolonga por más tiempo, llegando hasta los 90 minutos. En estas pruebas, el carbohidrato predominante es el almidón (5) que es un poderoso estimulante de la secreción de insulina. Así mismo, la fuente de proteína utilizada fue el atún, que contiene cantidades altas de aminoácidos insulinogénicos tales como arginina, valina y leucina (8). La presencia simultánea de almidón y aminoácidos insulinogénicos causa un fuerte estímulo en la secreción insulínica, mayor que el ejercido por la presencia de grasa y almidón en la prueba 2, o por la presencia únicamente de almidón en la prueba 1.

Al observarse los niveles de glucemia e insulinemia de las pruebas 1 y 2, se ve que combinar papa con grasa produce una menor elevación de la glucemia que la causada por la ingestión de papa sola, mientras que la curva de insulinemia

en ambas es similar. Esto coincide con los hallazgos de Collier y colaboradores (9), quienes reportan resultados similares al administrar 50 grs de grasa con 50 grs de carbohidrato en forma de papa. Ellos argumentan que la grasa en presencia de carbohidrato resulta un poderoso estímulo para la liberación de polipéptido inhibidor gástrico, tal como lo señalan otros autores (10, 11). El GIP a su vez, potencia la secreción de insulina estimulada por glucosa (12), lo cual sería una posible explicación a la mayor elevación de insulina al consumir papa con grasa que al ingerir únicamente papa. En su trabajo, Collier señala que el GIP se mantuvo aumentado 4 horas y fue 8 veces mayor en la mezcla de carbohidrato con grasa en comparación a la administración de carbohidrato solo. Si bien en el presente estudio las cantidades de grasa empleadas son menores a las usadas por Collier, las curvas de insulinemia obtenidas con papa hervida y con papa más grasa fueron similares a las descritas por este autor. Para complementar nuestro estudio, sería conveniente realizar posteriores determinaciones de GIP, para conocer el efecto que produjo esta hormona gastrointestinal sobre las respuestas de insulina postprandial observadas en las pruebas que contienen grasa y carbohidrato.

Es importante hacer notar que el valor calórico de las pruebas fue de 200 kcal en la prueba 1; 299 kcal en la prueba 2; 280 kcal en la prueba 3 y 362 kcal en la prueba 4. Se esperaría que esta última presentara la mayor respuesta insulínica, ya que es quien aporta la densidad calórica más alta de todas las pruebas. No obstante, si observamos el Gráfico 1, notamos que la combinación de carbohidrato con proteína fue la responsable de producir la curva de insulinemia con las mayores elevaciones. Esto demuestra que la presencia simultánea de almidón y de aminoácidos insulinogénicos influyó más que la densidad calórica en la aumentada secreción de insulina obtenida en la prueba 3.

Para corroborar todo lo anterior, los IRI/G presentan similares resultados. El IRI/G en las pruebas 3 y 4, permanece por encima del valor considerado normal hasta los 90 minutos, aún cuando las curvas de insulinemia de ambas pruebas descienden a partir de la 1ª hora. Nos encontramos entonces de nuevo con que la mezcla de dos elementos insulinogénicos como el almi-

dón y los aminoácidos causan una elevación mayor y más prolongada en los niveles de insulina sérica que la producida por la ingestión de almidón solo o de glucosa (Gráfico 1). Resultaría conveniente conocer que efecto ejerce sobre la secreción de insulina la administración únicamente de atún en las cantidades empleadas en este trabajo.

Los resultados de este estudio pueden tener implicaciones fisiológicas importantes, al aplicarlos en ciertas alteraciones metabólicas que presenten hiperinsulinismo y/o riesgo aumentado de desarrollar arteroesclerosis precoz (13).

Conclusiones

1. El IG de la papa combinada con otros nutrientes disminuyó a expensas de un aumento de la secreción de insulina y no a través de una absorción más lenta de la glucosa a nivel intestinal. Por tal motivo, siempre que se determine el IG de un alimento, es necesario complementar la investigación con mediciones de insulina para conocer la verdadera causa del descenso de la glucemia.
2. Con el propósito de disminuir el IG debido a un enlentecimiento de absorción de glucosa, sería recomendable combinar carbohidratos de alto IG con alimentos que contengan fibra soluble, las cuales si parecen retardar la absorción de glucosa a nivel intestinal, sin causar una elevación de los niveles de insulina (14, 15).
3. Como complemento del estudio presentado, sería conveniente determinar los niveles de insulina producidos por la ingestión de atún en las cantidades utilizadas en este trabajo. Aún así, los resultados obtenidos hasta el momento hablan a favor de consumir pequeñas cantidades de proteínas como parte de una comida mixta, sobretodo si se quiere evitar un aumento en la secreción de insulina.
4. Resultaría útil realizar posteriores determinaciones de GIP en este estudio, pues de acuerdo al trabajo de Collier (9), se obtienen elevados niveles de insulina mediante el estímulo prolongado que ejercen las grasas en presencia de carbohidratos sobre la secreción de GIP. Por lo tanto, sería conveniente un menor consumo de grasas, especialmente si se combina con un carbohidrato de alto IG.
5. Ya que los mayores niveles de insulinemia postprandiales se obtuvieron durante la primera hora, se sugiere realizar este estudio en pacientes diabéticos no insulino dependientes, en los cuales la primera fase de la secreción de esta hormona está alterada.
6. Las desviaciones standard de este estudio resultaron mayores a las señaladas por otros autores. Debido a esto, se podría ampliar la muestra estudiada para disminuir las altas desviaciones standard obtenidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Crapo, P.A. Plasma glucose and insulin responses to orally administered simple and complex carbohydrates. *Diabetes* 1976, 25:741-7.
2. Crapo, P.A. Postprandial glucose and insulin responses to different complex carbohydrates. *Diabetes* 1977, 26: 1.178-83.
3. Crapo, P.A. Comparison of serum glucose, insulin and glucagon responses to different types of complex carbohydrates in noninsulin dependent diabetic patients. *Am. J. Clin Nut* 1981; 34; 184-190.
4. Jenkins, D. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrates exchange. *Am. J. Clin Nut* 1981; 36:2-366.
5. Krause and Maham. *Food, Nutrition and Diet Therapy*, 1984; 7ª edición: 886.
6. Jenkins, D. The use of glycemic index in predicting the blood glucose response to mixed meals. *Am. J. Clin. Nut.* 1986, 43: 167-172.
7. Fajans, S. Fasting hypoglycemia in adults. *The New England Journal of Medicine* 1976; 294: 766-772.
8. Bowes and Church. *Food values of portions commonly used*. 1985, 14ª edición, 1274.
9. Collier G. The effects of coingestion of fat on the glucose insulin and gastric inhibitory polipeptide responses to carbohydrates and protein. *Am. J. Clin. Nut.* 1983; 37: 941-944.
10. Estrich, D. Effects of coingestion of fat and protein upon carbohydrate-induced hyperglycemia. *Diabetes* 1967; 232-237.

11. Pederson R.A. Gastric inhibitory polipeptide. Its physiological release and insulinotropic action in the dog. *Diabetes* 1975; 24: 69-75.
12. Dupre J. Stimulation of insulin secretion by gastric inhibitory polipeptide in man. *J. Clin Endocrinol Metab.* 1973; 37: 826-828.
13. Stout, R.W. Blood glucose and atherosclerosis. *Arteriosclerosis* 1981; I: 227.
14. American Diabetes Assotiation. Glycemia effects of carbohydrates. *Diabetes Care* 1984, 7: 607-608.
15. Jenkins, D. Lente carbohydrate. A newer approach to the dietary management of diabetes. *Diabetes Care* 1982, 5: 635-639.