

# Asociación entre el precio de los alimentos y la glucemia en adultos estadounidenses con diabetes de tipo 2\*

Tobenna D. Anekwe<sup>1</sup> e Ilya Rahkovsky<sup>1</sup>

## Forma de citar (artículo original)

Anekwe TD, Rahkovsky I. The Association Between Food Prices and the Blood Glucose Level of US Adults With Type 2 Diabetes. *Am J Public Health*. 2014;104(4):678–685. doi: 10.2105/AJPH.2013.301661.

## RESUMEN

**Objetivos.** Calculamos la asociación entre el precio de diversas categorías de alimentos saludables y menos saludables y la glucemia en adultos estadounidenses con diabetes de tipo 2.

**Métodos.** Vinculamos la información de salud contenida en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 1999–2006 y el precio de los alimentos a partir de la base trimestral de datos de precios de los alimentos. Aplicamos una regresión de los valores de glucemia con respecto al precio de los alimentos en el trimestre anterior, con control de la región del mercado y otras covariables. Examinamos asimismo si la asociación entre el precio de los alimentos y la glucemia variaba entre distintos grupos de ingresos.

**Resultados.** Tanto el precio de las frutas y verduras como el precio de los productos lácteos magros se asocian a la glucemia en las personas con diabetes de tipo 2. En concreto, un precio mayor de las frutas y verduras y de los productos lácteos se asocia a valores más altos de glucemia y de glucemia en ayunas tres meses después. La asociación entre el precio de los alimentos y la glucemia es mayor en las personas de ingresos bajos que en las de ingresos elevados, en la dirección esperada.

**Conclusiones.** Un precio mayor de los alimentos saludables se asocia a cifras más elevadas de glucemia en las personas con diabetes de tipo 2. Esta asociación fue especialmente pronunciada en las personas con diabetes de tipo 2 con ingresos bajos.

La Asociación Estadounidense de Diabetes (ADA, por su sigla en inglés) recomienda que las personas con diabetes sigan una dieta que contenga carbohidratos procedentes de frutas, verduras, cereales integrales, legumbres y leche descremada; dos o más raciones semanales de pescado (excluidos los filetes de

pescado fritos comerciales); limitación de las grasas saturadas a menos de 7% de las calorías totales y del colesterol alimentario a menos de 200 mg diarios, y reducción de las grasas *trans* al mínimo (1). Sin embargo, seguir una dieta así es difícil para muchas personas diabéticas. La modificación alimentaria es solo temporal para la mayoría de los pacientes con diabetes, y el costo de una dieta anti-diabética saludable se ha señalado como una barrera significativa para mantener la dieta (2), especialmente en el caso de los pacientes de ingresos bajos (3).

Habida cuenta de estos obstáculos, es importante comprender cómo el precio

de los alimentos saludables y menos saludables afecta a la dieta y a los resultados en materia de salud en las personas diabéticas. Examinamos la asociación entre el precio de los alimentos y los biomarcadores de glucemia en adultos con diabetes de tipo 2. Nos concentramos en las personas diabéticas puesto que la hiperglucemia en este grupo se asocia a un sinnúmero de complicaciones médicas (1). Sabemos de al menos otro estudio en el que se investigó la relación entre glucemia y precio de los alimentos: Rashad (4) observó que un precio más elevado de los alimentos con bajo índice glucémico (jugo de naranja y plátanos

© Organización Panamericana de la Salud, 2015, versión en español. Todos los derechos reservados.

© American Public Health Association, 2014, versión en inglés. Todos los derechos reservados.

<sup>1</sup> Servicio de Investigaciones Económicas, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Washington, D. C., Estados Unidos de América. La correspondencia debe enviarse a Tobenna Anekwe, tanekwe@ers.usda.gov

\*Traducción oficial al español del artículo original en inglés efectuada por la Organización Panamericana de la Salud, con autorización de la American Public Health Association. En caso de discrepancia entre ambas versiones, prevalecerá la original (en inglés).

[bananas], alimentos que no elevan excesivamente la glucosa sanguínea después de ingerirlos) se asociaba de manera positiva a la glucemia, mientras que un precio más elevado para los alimentos con elevado índice glucémico (pan y helado) se asociaba de manera negativa con la glucemia en las personas sin diabetes, si bien ninguna de estas asociaciones alcanzó el nivel de significación estadística.

En otros estudios se ha observado una vinculación entre el precio de los alimentos y diversos resultados en materia de salud. En su revisión de la bibliografía empírica, Powell y Chaloupka (5) llegaron a la conclusión de que el precio de los alimentos está relacionado con el índice de masa corporal, especialmente en los grupos de población con nivel socioeconómico bajo y las personas con riesgo de sobrepeso u obesidad. Meyerhoefer y Liebttag (6) observaron que el precio de los alimentos con contenido bajo de carbohidratos se asocia a mayor probabilidad de diagnóstico de diabetes y mayor nivel de gasto médico en las personas con diabetes de tipo 2. Rahkovsky y Gregory (7) han demostrado que el precio de las verduras, los alimentos elaborados, la leche entera y los cereales integrales está relacionado con la colesterolemia. En varios estudios se ha señalado que un precio más elevado de la comida rápida y los refrescos con gas, y un precio más reducido de las verduras se asocian a menor peso corporal en los niños (8–11).

Entender bien la relación entre el precio de los alimentos y la salud alimentaria es pertinente para la formulación de políticas. En los últimos años, los políticos y los profesionales de la salud pública han sugerido la posibilidad de que la gravación fiscal de los alimentos ricos en calorías, grasas saturadas o azúcar añadido y el subsidio de los alimentos más saludables podrían mejorar la calidad de la alimentación y los resultados en materia de salud para la población general (12–15).

## MÉTODOS

Existen diversas pruebas para controlar la glucemia o concentración de glucosa en la sangre (16). Una de las más utilizadas es la glucemia plasmática en ayunas (GPA), que se determina después de un ayuno de al menos 8 horas. Una GPA de 70 a 99 miligramos por

decilitro (mg/dl) se considera normal, de 100 a 125 mg/dl indica prediabetes y  $\geq 126$  mg/dl indica diabetes (17). Otra prueba es la glucohemoglobina (GHb o HbA<sub>1c</sub>), que “se ha convertido en el método preferido para evaluar el control de la glucemia” (18, pS92). La prueba de GHb mide el porcentaje de GHb, un indicador de la glucemia media de una persona durante los dos o tres meses anteriores (18). Para esta prueba no hace falta estar en ayunas. Los valores inferiores a un 5,7% se consideran normales, de 5,7% a 6,4% indican prediabetes y  $\geq 6,5\%$  indican diabetes (19).

Los resultados de GPA y GHb no necesariamente coinciden, puesto que miden la glucemia en diferentes escalas de tiempo. La GPA refleja los niveles de glucosa en un momento concreto, mientras que la GHb mide el valor medio durante los dos o tres meses anteriores (20). En el artículo de Sacks (20) se analizan las ventajas y los inconvenientes de cada una de estas pruebas.

## Datos

Para generar nuestro conjunto de datos, combinamos los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (NHANES por su sigla en inglés) y la base de datos trimestral de precios de los alimentos (QFAHPD por su sigla en inglés), a partir de datos restringidos del Centro Nacional de Estadísticas Sanitarias vinculados por trimestre y región del mercado.

NHANES es una encuesta representativa a nivel nacional realizada por el Centro Nacional de Estadísticas Sanitarias para evaluar el estado de salud y nutrición de la población en los Estados Unidos. Usamos los datos demográficos, socioeconómicos, alimentarios y relacionados con la salud de NHANES, incluidos los resultados de GHb y GPA de los entrevistados. Para nuestro conjunto de datos usamos cuatro series bienales de la encuesta NHANES: 1999–2000, 2001–2002, 2003–2004 y 2005–2006. No incluimos los años posteriores al 2006 porque no presentan información sobre el precio de los artículos al peso (esto es, productos que se venden por peso y por lo general carecen de código UPC, como es el caso de muchas frutas y verduras frescas).

QFAHPD es una base de datos que lleva a cabo un seguimiento del precio

nominal de los alimentos con el transcurso del tiempo en los Estados Unidos. La base de datos se construye a partir de los datos obtenidos sobre compras de alimentos de un conjunto de hogares en el período 1999–2006, recopilados por medio del programa Nielsen Homescan, e incluye el precio medio de 52 grupos de alimentos para cada trimestre del año en 35 regiones del mercado que abarcan el territorio continental de los Estados Unidos (apéndice A, disponible como suplemento a la versión en línea de este artículo en inglés en <http://www.ajph.org>). El precio de los alimentos se presenta como precio medio por 100 g para cada categoría alimentaria en cada trimestre y cada región del mercado. Los precios de la QFAHPD se calcularon mediante ponderación de los hogares que conforman el programa Homescan para hacer que la muestra sea representativa a nivel nacional. En Todd et al. (21) pueden consultarse más detalles sobre la base de datos QFAHPD.

Descartamos 2 de los 52 grupos alimentarios —mezclas integrales y cereales integrales congelados— puesto que los precios para estos grupos alimentarios faltan en la mayor parte de las observaciones debido a que los consumidores rara vez adquieren estos productos. A continuación agrupamos los 50 grupos alimentarios restantes en 10 categorías: frutas y verduras; proteínas magras; aceites y frutos secos; carne común; carne magra; alimentos elaborados; productos lácteos no descremados; productos lácteos descremados; cereales refinados envasados, y cereales integrales envasados. (En el apéndice B, disponible como suplemento a la versión en línea de este artículo en inglés en <http://www.ajph.org>, puede consultarse la composición de estas 10 categorías.) Calculamos el precio para cada una de estas 10 categorías alimentarias como promedio ponderado del precio de los alimentos incluidos en cada grupo, para cada trimestre y cada región del mercado. Ponderamos el precio de los alimentos por “ponderación de gasto” o porcentaje de dólares gastados en un alimento concreto dentro de su categoría alimentaria en un trimestre y una región dados. Para todos los análisis usamos los precios del trimestre anterior (en lugar del trimestre actual) porque la GHb refleja la glucemia durante los últimos meses, y la GPA, en lugar de variar

inmediatamente, suele tardar unas tres semanas en variar como consecuencia de un cambio en la alimentación (22, 23).

Creamos dos muestras diferentes de personas con diabetes, según la definición por GHb o por GPA. La muestra de GHb incluía a personas con GHb  $\geq 6,5\%$  y personas a quienes un profesional de la salud les había dicho que tenían diabetes. La muestra de GPA incluía a personas con GPA  $\geq 126$  mg/dl y personas a quienes un profesional de la salud les había dicho que tenían diabetes. Excluimos del análisis a los menores de 20 años porque a ellos no se les habían planteado ciertas preguntas en la encuesta NHANES (por ejemplo, preguntas sobre estado civil, colesterol y salud cardiovascular).

También excluimos a las personas con diabetes de tipo 1 porque esta enfermedad depende de factores genéticos y autoinmunitarios, más que de la alimentación (24). La encuesta NHANES no identifica de forma explícita el tipo de diabetes que tiene una persona, de manera que seguimos a Koro et al. (25) y consideramos que tenían diabetes de tipo 1 las personas diagnosticadas antes de los 30 años y que hubieran comenzado a tomar insulina en el plazo de 1 año desde el diagnóstico.

### Análisis estadístico

Nuestro objetivo era calcular la relación entre el precio de los alimentos y los biomarcadores de la diabetes (es decir, GHb y GPA) en adultos con diabetes de tipo 2. Dimos por supuesto que la vía causal desde el precio de los alimentos hasta los biomarcadores de la diabetes discurre a través de la compra de alimentos y su consumo posterior. Nuestro modelo de regresión fue:

$$(1) \quad \text{DiabetesBiomarker}_{ij} = \beta \times \text{Price}_{ij} + \delta \times \text{Demographics}_{ij} + \gamma \times \text{Health}_{ij} + \varphi \times \text{PhysicalActivity}_{ij} + \mu_j + \tau_t + \varepsilon_j$$

siendo *DiabetesBiomarker<sub>ij</sub>* el valor de glucemia para una persona *i* en el trimestre *t* que vive en la región del mercado *j*;  $\tau$ , la tendencia temporal medida en trimestre, y  $\mu$ , el efecto fijo de región del mercado. Incluimos la tendencia temporal y el efecto fijo de región del mercado para tener en cuenta las correlaciones existentes entre el tiempo y la geografía, por un lado, y el precio de los alimentos

y los biomarcadores de la diabetes, por otro. *Price<sub>ij</sub>* es un vector del precio de los alimentos, y  $\beta$  es la cantidad que estamos calculando (es decir, la asociación entre el precio de los alimentos y los biomarcadores de la diabetes). *Health<sub>ij</sub>* es un vector de las siguientes variables: índice de masa corporal, antecedentes personales de diabetes, antecedentes familiares de diabetes y si se había realizado alguna vez una determinación de la colesterolemia. *PhysicalActivity<sub>ij</sub>* es un vector de si el entrevistado ha caminado o montado en bicicleta durante los 30 días anteriores, y durante cuántos minutos, y si el entrevistado ha realizado cualquier actividad física enérgica durante al menos 10 minutos en los 30 días anteriores.

Aplicamos una ponderación de la muestra en todos los análisis de regresión y estadígrafos descriptivos para que la muestra fuera representativa de la población nacional de personas diabéticas. Por orientación de NHANES (26), usamos ponderaciones por centro móvil para la muestra de GHb y usamos ponderaciones de la subpoblación en ayunas por centro móvil para la muestra de GPA. Para restringir nuestro análisis a la subpoblación con diabetes de tipo 2, hicimos uso de la opción de subpoblación (“subpop”) en Stata. Tuvimos en cuenta asimismo la estratificación de la encuesta para calcular correctamente los errores estándar. Con fines comparativos, ofrecemos las estimaciones obtenidas con una regresión sin control de los efectos fijos de región de mercado. Realizamos los análisis con la versión 11 del programa Stata (StataCorp LP, College Station, Texas, EE.UU.). Para determinar la significación estadística utilizamos un nivel de  $P < 0,05$ .

Las variables que controlamos fueron: antecedentes personales y familiares de diabetes, índice de masa corporal, sexo, edad, raza o grupo étnico, tamaño del hogar, educación, actividad física, consumo de bebidas alcohólicas, número semanal de comidas fuera del hogar, estado de seguro de enfermedad, razón de pobreza-ingresos y un indicador de si se había realizado alguna vez una determinación de la colesterolemia. Todas estas variables es probable que afecten a la glucemia.

Esperábamos encontrar coeficientes positivos para el precio de los alimentos y nutrientes saludables —esto es, productos ricos en fibra, proteínas magras

y cereales integrales—, puesto que a mayor precio, menor consumo de estos alimentos beneficiosos y mayor glucemia. En cambio, esperábamos coeficientes negativos para el precio de los alimentos y nutrientes menos saludables —productos ricos en grasas saturadas y cereales refinados—, puesto que a mayor precio, menor consumo de estos alimentos perjudiciales y menor glucemia.

También comparamos la asociación entre precio de los alimentos y glucemia en la subpoblación de ingresos bajos con respecto a la de ingresos elevados. Para ello, usamos también la ecuación 1, pero con la diferencia de que en esta ocasión hicimos interactuar la variable de precio de los alimentos (*Price<sub>ij</sub>*) con una variable ficticia indicativa de si el entrevistado tenía ingresos elevados ( $\leq 185\%$  del umbral de pobreza), ingresos bajos (131–185% del umbral de pobreza) o ingresos ínfimos ( $\leq 130\%$  del umbral de pobreza). Como grupo de referencia utilizamos el de “ingresos elevados”. Elegimos estos valores de corte porque las personas con ingresos  $\leq 185\%$  del umbral de pobreza tienen derecho al programa de asistencia alimentaria para mujeres, lactantes y niños, y las personas con ingresos  $< 130\%$  del umbral de pobreza, además, al Programa Complementario de Asistencia Alimentaria (SNAP; conocido anteriormente como “programa del cupón para alimentos”) y comidas escolares gratuitas. Por consiguiente, estos umbrales permiten determinar las subpoblaciones pertinentes para los programas de asistencia alimentaria en los Estados Unidos. Esperábamos que las personas con menores ingresos tuvieran mayor elasticidad de la glucemia a los precios (es decir, que sus valores de glucemia respondieran más a las variaciones en el precio de los alimentos) (27).

### RESULTADOS

En el cuadro 1 se recogen los estadígrafos descriptivos correspondientes a las muestras de GHb y GPA. Las dos muestras son diferentes porque las pruebas de GHb y GPA no son idénticas; además, algunas personas fueron excluidas de la muestra de GPA por no estar en ayunas (28–31). Pese a la composición distinta de ambas muestras, sus estadígrafos descriptivos fueron muy parecidos. La mediana y la media de las diferencias porcentuales entre medias

**CUADRO 1. Estadígrafos descriptivos ponderados para adultos con diabetes; Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (NHANES) vinculada a la base de datos trimestral de precios de los alimentos (QFAHPD), Estados Unidos, 1999–2006**

Variable	GHb (n = 1 582) <sup>a</sup> Media (DE)	GPA (n = 841) <sup>b</sup> Media (DE)	Valor absoluto de la diferencia porcentual entre medias, <sup>c</sup> %
Medida de glucosa			
GHb, %	7,448 (1,734)		
GPA, mg/dl		160,577 (58,642)	
Precio de los productos básicos			
Frutas y verduras, \$/100 g	0,223 (0,022)	0,223 (0,021)	0,097
Proteínas magras (huevos, aves de corral, pescado), \$/100 g	0,545 (0,090)	0,546 (0,086)	0,22
Aceites y frutos secos, \$/100 g	0,729 (0,094)	0,727 (0,091)	0,23
Carne roja común, \$/100 g	0,654 (0,068)	0,655 (0,065)	0,046
Carne roja magra, \$/100 g	0,787 (0,074)	0,784 (0,069)	0,41
Alimentos elaborados, \$/100 g	0,504 (0,042)	0,505 (0,042)	0,27
Productos lácteos no descremados, \$/100 g	0,532 (0,080)	0,534 (0,075)	0,30
Productos lácteos descremados, \$/100 g	0,211 (0,032)	0,210 (0,031)	0,57
Cereales refinados envasados, \$/100 g	0,352 (0,028)	0,353 (0,027)	0,27
Cereales integrales envasados, \$/100 g	0,479 (0,029)	0,479 (0,029)	0,095
Calorías, \$/caloría	0,002 (0,00003)	0,002 (0,00003)	0,71
Carbohidratos, \$/g	0,015 (0,0003)	0,015 (0,0003)	0,47
Fibra, \$/g	0,273 (0,006)	0,272 (0,005)	0,67
Grasas saturadas, \$/g	0,171 (0,005)	0,169 (0,004)	1,41
Azúcar, \$/g	0,036 (0,002)	0,035 (0,001)	1,71
Con diagnóstico de diabetes	0,800 (0,376)	0,694 (0,426)	14,15
IMC, kg/m <sup>2</sup>	32,647 (7,013)	32,678 (7,342)	0,095
Mujer	0,512 (0,470)	0,480 (0,462)	6,46
Edad, años	59,109 (13,206)	58,744 (13,022)	0,62
Raza o grupo étnico			
Mexicano-estadounidense	0,081 (0,256)	0,072 (0,240)	11,18
Hispano (excl. mexicano)	0,069 (0,238)	0,057 (0,214)	19,12
Blanco no hispano	0,617 (0,457)	0,660 (0,438)	6,83
Negro no hispano	0,168 (0,352)	0,156 (0,336)	7,75
Tamaño del hogar	2,644 (1,389)	2,568 (1,290)	2,92
Educación			
< 9° curso	0,142 (0,328)	0,132 (0,313)	6,97
9°–11° curso	0,175 (0,357)	0,153 (0,333)	13,10
Graduado de escuela secundaria	0,254 (0,410)	0,281 (0,416)	9,94
Estudios universitarios incompletos	0,266 (0,416)	0,272 (0,412)	2,06
Graduado universitario o superior	0,163 (0,347)	0,161 (0,340)	1,25
Antecedentes familiares de diabetes			
Madre	0,228 (0,395)	0,218 (0,382)	4,30
Padre	0,128 (0,314)	0,148 (0,329)	14,55
Abuela materna	0,074 (0,246)	0,097 (0,274)	27,23
Abuelo materno	0,041 (0,187)	0,036 (0,173)	12,62
Abuela paterna	0,049 (0,204)	0,059 (0,217)	17,42
Abuelo paterno	0,027 (0,151)	0,026 (0,148)	0,61
Hermano	0,122 (0,308)	0,113 (0,293)	7,59
Hermana	0,142 (0,328)	0,139 (0,320)	2,21
Ejercicio			
Caminó o montó en bicicleta en los 30 días anteriores	0,187 (0,365)	0,204 (0,372)	8,61
Minutos caminados o en bicicleta en esos días	45,709 (49,709)	37,325 (29,372)	20,19
Cualquier actividad física enérgica durante ≥ 10 min en los 30 días anteriores	0,185 (0,363)	0,197 (0,366)	6,41
Número de veces en que tomó bebidas alcohólicas durante los 12 meses anteriores	3,065 (20,074)	3,414 (20,620)	10,77
Número semanal de comidas fuera del hogar	2,423 (2,952)	2,454 (2,850)	1,27
Seguro de enfermedad	0,879 (0,306)	0,887 (0,293)	0,83
Razón de pobreza-ingresos	3,307 (4,108)	3,464 (4,732)	4,66
Determinación de la colesterolemia en alguna ocasión	0,876 (0,310)	0,882 (0,298)	0,73
Mediana de los valores absolutos			2,06
Media de los valores absolutos			5,55

GHb: glucohemoglobina; GPA: glucemia plasmática en ayunas; IMC: índice de masa corporal (calculado como peso en kilogramos dividido por talla en metros cuadrados).

Media y desviación estándar calculadas mediante ponderación de la muestra para que sea representativa de la población diabética en los Estados Unidos.

<sup>a</sup> La muestra de GHb incluye a personas con GHb ≥ 6,5% y personas a quienes un profesional de la salud les ha dicho que tienen diabetes.

<sup>b</sup> La muestra de GPA incluye a personas con GPA ≥ 126 mg/dl y personas a quienes un profesional de la salud les ha dicho que tienen diabetes.

<sup>c</sup> Calculado como valor absoluto de  $100 \times (\text{media 1} - \text{media 2}) / (\text{promedio de medias 1 y 2})$ .

para las distintas variables fueron de apenas 2,1% y 5,6%, respectivamente (cuadro 1).

### Efectos promedio del precio de los alimentos

En el cuadro 2 se ofrecen los resultados de las estimaciones según los modelos de efectos fijos y de mínimos cuadrados ordinarios para la asociación entre precio de los alimentos y valores de GHb y GPA en mayores de 20 años con diabetes de tipo 2. Los resultados de efectos fijos difieren de los obtenidos con mínimos cuadrados ordinarios, lo cual parece indicar la importancia de controlar la región del mercado en este modelo. Por este motivo, preferimos el modelo de efectos fijos.

Los precios más elevados de las frutas y verduras se asociaron a valores más altos de GHb un trimestre después. Según el coeficiente calculado para las frutas y verduras, un aumento de una desviación estándar en el precio de las frutas y verduras (2,2 centavos por 100 g) se asoció a un aumento de la GHb en 0,29 puntos porcentuales (calculado como magnitud del efecto de 13,16 veces la desviación estándar de 0,022 dólares por 100 g), que es 3,9% del valor medio de GHb de 7,45%.

Los resultados de GPA (cuadro 2) ponen de manifiesto coeficientes posi-

tivos y significativos para el precio de las frutas y verduras y de los productos lácteos magros. Según el coeficiente para las frutas y verduras, un aumento de una desviación estándar en el precio de las frutas y verduras (2,2 centavos por 100 g) se asoció a un aumento de la GPA en 20,5 mg/dl, o 12,6% del valor medio de GPA (162,13 mg/dl). Para los productos lácteos descremados, un aumento de una desviación estándar en el precio (3,2 centavos por 100 g) se asoció a un aumento de la GPA en 9,4 mg/dl, o 5,8% del valor medio de GPA.

En el cuadro 3 se ofrecen los resultados de un modelo de efectos fijos con la categoría de frutas y verduras desglosada. Según los resultados de GHb, ninguno de los coeficientes para las frutas y verduras alcanzó el umbral de significación estadística. Según los resultados de GPA, en cambio, el precio de las frutas se asoció de forma positiva y significativa a los valores de GPA, y el efecto de la categoría de frutas y verduras se debe fundamentalmente a las frutas, al menos en el caso de los resultados de GPA.

En el cuadro 4 se presentan los resultados con la categoría de productos lácteos descremados desglosada. Para el queso descremado se apreció una asociación positiva y significativa con los valores de GHb y de GPA, mientras que la leche descremada y el yogur y otros productos

lácteos descremados no se asociaron de forma significativa a ninguno de los dos biomarcadores.

### Efecto del precio de los alimentos en los hogares de ingresos bajos frente a los de ingresos elevados

En el apéndice C (disponible como suplemento a la versión en línea de este artículo en inglés en <http://www.ajph.org>) presentamos los resultados del modelo de interacción para comparar las personas con diabetes de tipo 2 con ingresos bajos e ingresos elevados. Encontramos indicios en apoyo de nuestra hipótesis de que las personas en diferentes grupos de ingresos responden de forma distinta a los cambios en el precio de varias categorías alimentarias; a saber: proteínas magras, aceites y frutos secos, alimentos elaborados, productos lácteos descremados y cereales refinados envasados. Un aumento del precio de las categorías alimentarias saludables (proteínas magras y productos lácteos descremados) se asoció a un aumento relativo de la glucemia en los grupos más pobres, mientras que un aumento del precio de los alimentos menos saludables (alimentos elaborados y cereales refinados envasados) se asoció a una disminución relativa de la glucemia en los grupos más pobres.

**CUADRO 2. Efecto del precio de las categorías alimentarias en el trimestre anterior sobre los biomarcadores de la diabetes: modelos de efectos fijos y de mínimos cuadrados ordinarios; Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (NHANES) vinculada a la base de datos trimestral de precios de los alimentos (QFAHPD), Estados Unidos, 1999–2006**

Variable	GHb (n = 1582)		GPA (n = 841)	
	EF (IC 95%)	MCO (IC 95%)	EF (IC 95%)	MCO (IC 95%)
Frutas y verduras	13,16 <sup>a</sup> (0,24; 26,07)	11,83 (–0,37; 24,02)	932,95 <sup>b</sup> (251,82; 1614,09)	711,95 <sup>a</sup> (104,46; 1319,45)
Proteínas magras	1,52 (–1,35; 4,39)	–0,19 (–2,31; 1,93)	72,58 (–82,90; 228,06)	–42,98 (–144,08; 58,13)
Aceites y frutos secos	–0,88 (–2,41; 0,65)	–0,50 (–1,74; 0,74)	–24,99 (–82,65; 32,68)	–20,91 (–76,52; 34,70)
Carne roja común	–5,29 (–11,79; 1,20)	–1,03 (–4,58; 2,51)	16,76 (–259,78; 293,31)	–16,18 (–216,77; 184,42)
Carne roja magra	–1,56 (–3,96; 0,85)	–1,52 (–3,05; 0,019)	–90,29 (–194,76; 14,18)	–27,74 (–116,37; 60,89)
Alimentos elaborados	3,61 (–3,38; 10,59)	3,91 <sup>a</sup> (0,41; 7,40)	28,45 (–316,04; 372,93)	–31,14 (–230,43; 168,15)
Productos lácteos no descremados	1,96 (–3,56; 7,47)	–1,03 (–3,88; 1,83)	180,37 (–47,43; 408,16)	–101,99 (–266,59; 62,62)
Productos lácteos descremados	3,31 (–2,24; 8,85)	–0,06 (–4,43; 4,30)	292,9 <sup>a</sup> (33,15; 552,83)	249,45 <sup>a</sup> (47,39; 451,51)
Cereales refinados envasados	4,93 (–3,61; 13,46)	–1,03 (–7,04; 4,98)	–131,18 (–536,62; 274,25)	–74,67 (–407,26; 257,92)
Cereales integrales envasados	1,30 (–3,60; 6,20)	0,98 (–2,67; 4,64)	39,34 (–191,44; 270,13)	83,38 (–121,92; 288,68)
R <sup>2</sup>	0,225	0,203	0,251	0,193

EF: efectos fijos; GHb: glucohemoglobina; GPA: glucemia plasmática en ayunas; IC: intervalo de confianza; MCO: mínimos cuadrados ordinarios.

Regresiones de EF controladas por efectos fijos de precio trimestral de los alimentos y región de mercado. Las regresiones de EF y de MCO incluyen las siguientes covariables: tendencia temporal lineal medida en trimestres; edad; edad al cuadrado; categoría de índice de masa corporal (definido como peso en kilogramos dividido por talla en metros cuadrados); sexo; raza o grupo étnico; educación; razón de pobreza/ingresos; tamaño del hogar; si un individuo caminó o montó en bicicleta en los 30 días anteriores y durante cuánto tiempo por término medio durante esos días; si un individuo realizó actividad física enérgica durante  $\geq 10$  minutos en los 30 días anteriores; número de bebidas alcohólicas por año; número de veces por semana que come fuera; indicadores de si un individuo rehusó suministrar información sobre restaurantes y consumo de bebidas alcohólicas; estado de seguro de enfermedad determinación de la colesterolemia alguna vez; si un profesional de la salud le ha dicho que tiene diabetes; si toma antidiabéticos para bajar la glucemia, y si hay antecedentes familiares directos (madre, padre, hermana, hermano y abuelas y abuelos, tanto maternos como paternos), vivos o fallecidos, con diagnóstico clínico de diabetes.

<sup>a</sup>  $P < 0,05$ .

<sup>b</sup>  $P < 0,01$ .

**CUADRO 3. Efecto del precio de las categorías alimentarias en el trimestre anterior sobre los biomarcadores de la diabetes: con desglose de frutas y verduras; Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (NHANES) vinculada a la base de datos trimestral de precios de los alimentos (QFAHPD), Estados Unidos, 1999–2006**

Variable	Ghb ( <i>n</i> = 1582) Efecto (IC 95%)	GPA ( <i>n</i> = 841) Efecto (IC 95%)
Fruta	6,66 (–4,47; 17,79)	765,95 <sup>a</sup> (271,31; 1260,59)
Hortalizas de color verde oscuro	0,79 (–6,03; 7,60)	–16,95 (–306,87; 272,98)
Hortalizas de color naranja	3,03 (–3,40; 9,45)	180,97 (–136,78; 498,72)
Hortalizas feculentas	–8,00 (–20,64; 4,64)	–459,42 (–1072,21; 153,37)
Otras hortalizas ricas en nutrientes	–2,53 (–9,48; 4,42)	177,72 (–131,68; 487,11)
Otras hortalizas acuosas	3,08 (–1,67; 7,83)	15,75 (–206,30; 237,80)
Legumbres	4,51 (–8,88; 17,91)	–157,26 (–669,41; 354,89)
Proteínas magras	1,71 (–1,64; 5,07)	65,47 (–103,37; 234,31)
Aceites y frutos secos	–1,09 (–2,86; 0,67)	–13,47 (–84,45; 57,50)
Carne roja común	–3,67 (–10,63; 3,29)	–15,56 (–303,54; 272,42)
Carne roja magra	–1,01 (–3,22; 1,19)	–83,81 (–184,91; 17,30)
Alimentos elaborados	4,57 (–2,22; 11,35)	20,28 (–326,47; 367,02)
Productos lácteos no descremados	1,04 (–5,04; 7,13)	199,08 (–34,12; 432,27)
Productos lácteos descremados	2,79 (–2,71; 8,30)	300,50 <sup>b</sup> (16,63; 584,37)
Cereales refinados envasados	6,71 (–1,32; 14,75)	–51,35 (–403,64; 300,94)
Cereales integrales envasados	0,67 (–4,23; 5,57)	–54,51 (–313,16; 204,14)
R <sup>2</sup>	0,229	0,256

Ghb: glucohemoglobina; GPA: glucemia plasmática en ayunas.

Regresiones controladas por tendencia temporal lineal medida en trimestres y efectos fijos de precio trimestral de los alimentos y región de mercado, con las siguientes covariables: tendencia temporal lineal medida en trimestres; edad; edad al cuadrado; categoría de índice de masa corporal (definido como peso en kilogramos dividido por talla en metros cuadrados); sexo; raza o grupo étnico; educación; razón de pobreza/ingresos; tamaño del hogar; si un individuo caminó o montó en bicicleta en los 30 días anteriores y durante cuánto tiempo por término medio durante esos días; si un individuo realizó actividad física energética durante  $\geq 10$  minutos en los 30 días anteriores; número de bebidas alcohólicas por año; número de veces por semana que come fuera; indicadores de si un individuo rehusó suministrar información sobre restaurantes y consumo de bebidas alcohólicas; estado de seguro de enfermedad; determinación de la colesterolemia alguna vez; si un profesional de la salud le ha dicho que tiene diabetes; si toma antidiabéticos para bajar la glucemia, y si hay antecedentes familiares directos (madre, padre, hermana, hermano y abuelas y abuelos, tanto maternos como paternos), vivos o fallecidos, con diagnóstico clínico de diabetes.

<sup>a</sup>  $P < 0,01$ .

<sup>b</sup>  $P < 0,05$ .

Según estos resultados, los grupos de ingresos bajos presentaron mayor elasticidad de la glucemia a los precios (es decir, su cifra de glucemia respondió más a las variaciones en el precio de los alimentos) que el grupo de ingresos elevados. Solo en el caso de los aceites y frutos secos (que forman parte de la alimentación saludable para la diabetes (32–34)) hallamos un resultado inesperado: el aumento de los precios se asoció a una disminución relativa de la glucemia en el grupo con ingresos de 131% a 185% del nivel de pobreza, en comparación con el grupo de ingresos mayores. Este resultado podría explicarse suponiendo que las personas con menores ingresos sean más propensas a usar los aceites de forma menos saludable (por ejemplo, para freír) que las personas con ingresos elevados (35).

### Comprobación de la solidez de los resultados

Para probar la fortaleza de nuestros resultados, analizamos nuevamente los

datos con otra definición de precio de los alimentos. En esta ocasión, lo definimos como el precio de los nutrientes (por ejemplo, dólares por gramo de grasa adquirido) en lugar del precio por 100 g de una categoría alimentaria concreta. Para calcular el precio de los nutrientes, combinamos los datos correspondientes al período 1999–2006 del programa Homescan de Nielsen con la información nutricional (para productos al peso) procedente de la base de datos de referencia del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la información nutricional (para productos con código UPC) de la base de datos Gladson UPC. Incluimos los nutrientes más pertinentes para la salud de las personas diabéticas: calorías, carbohidratos, fibra, grasas saturadas y azúcar. Calculamos el precio de los nutrientes en dólares por caloría y en dólares por gramo de carbohidratos, fibra, grasas saturadas o azúcar, para cada combinación de trimestre y región del mercado. También ponderamos el precio de los nutrientes según las ponderaciones estadísticas del programa Ho-

mescan, para que fueran representativos a nivel nacional.

Los resultados se muestran en el apéndice D (disponible como suplemento a la versión en línea de este artículo en inglés en <http://www.ajph.org>) y respaldan ampliamente las conclusiones de nuestro análisis principal. Hallamos una asociación negativa entre el precio de las calorías y los valores de Ghb, y una asociación positiva entre el precio de la fibra y los valores de Ghb, si bien esta última asociación no alcanzó el umbral de significación estadística. Un aumento de una desviación estándar en el precio de las calorías se asoció a una pequeña disminución de la Ghb, de 0,04 puntos porcentuales (calculado como la magnitud del efecto de –1284,71 veces la desviación estándar de \$0,00003 por caloría). Dado que el precio de las calorías guardaba una estrecha correlación con el precio de otros nutrientes, lo eliminamos para reducir la colinealidad y procedimos a recalculamos el modelo. En este modelo recalculado, el precio de las grasas saturadas se asoció negativamente a la Ghb. Un aumento de una desviación estándar en el precio de las grasas saturadas se asoció a una pequeña disminución de la Ghb, de 0,002 puntos porcentuales. Por último, procedimos a recalculamos ambas regresiones con la GPA como criterio de valoración y, al incluir el precio de las calorías en el modelo, obtuvimos una asociación negativa entre el precio del azúcar y la GPA. Un aumento de una desviación estándar en el precio del azúcar se asoció a una pequeña disminución de la GPA, de 0,99 mg/dl. Al excluir el precio de las calorías del modelo, obtuvimos una asociación negativa entre el precio de las grasas saturadas y la GPA, y entre el precio del azúcar y la GPA. Un aumento de una desviación estándar en el precio de las grasas saturadas y del azúcar se asoció a una disminución de la GPA en 0,08 mg/dl y 0,98 mg/dl, respectivamente.

### DISCUSIÓN

Hallamos una asociación entre el precio de los alimentos y la glucemia en las personas con diabetes de tipo 2. Nuestros resultados principales fueron: 1) el precio de las frutas y verduras en el trimestre anterior se asocia de forma positiva a la glucemia (medida como Ghb y GPA), y 2) el precio de los productos lácteos magros en el trimestre anterior

**CUADRO 4. Efecto del precio de las categorías alimentarias en el trimestre anterior sobre los biomarcadores de la diabetes: con desglose de los productos lácteos magros; Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (NHANES) vinculada a la base de datos trimestral de precios de los alimentos (QFAHPD), Estados Unidos, 1999–2006**

Variable	Ghb (n = 1576) Efecto (IC 95%)	GPA (n = 840) Efecto (IC 95%)
Frutas y verduras	15,68 <sup>a</sup> (2,58; 28,79)	1263,80 <sup>b</sup> (623,04; 1904,56)
Proteínas magras	1,83 (–1,07; 4,73)	52,76 (–101,83; 207,36)
Aceites y frutos secos	–1,14 (–2,30; 0,021)	–22,24 (–65,88; 21,39)
Carne roja común	–5,33 (–11,80; 1,13)	132,39 (–165,34; 430,12)
Carne roja magra	–1,11 (–3,77; 1,56)	–96,87 (–206,32; 12,57)
Alimentos elaborados	4,22 (–2,20; 10,65)	–26,91 (–341,72; 287,89)
Leche descremada	–4,04 (–31,68; 23,60)	–991,96 (–2447,62; 463,70)
Queso descremado	0,60 <sup>a</sup> (0,046; 1,16)	58,63 <sup>b</sup> (29,35; 87,92)
Yogur y otros productos lácteos descremados	–5,08 (–16,43; 6,26)	–109,25 (–648,14; 429,64)
Leche común	1,60 (–18,47; 21,67)	586,07 (–425,32; 1597,45)
Queso común	1,58 (–1,98; 5,13)	25,84 (–146,59; 198,27)
Yogur y otros productos lácteos no descremados	1,05 (–4,84; 6,94)	1,39 (–266,19; 268,97)
Grasas sólidas	–7,70 <sup>b</sup> (–12,49; –2,92)	–100,06 (–333,28; 133,16)
Cereales refinados envasados	7,02 (–1,15; 15,19)	–206,17 (–573,78; 161,43)
Cereales integrales envasados	1,49 (–3,79; 6,76)	137,63 (–145,84; 421,10)
R <sup>2</sup>	0,232	0,258

Ghb: glucohemoglobina; GPA: glucemia plasmática en ayunas.

Regresiones controladas por tendencia temporal lineal medida en trimestres y efectos fijos de precio trimestral de los alimentos y región de mercado, con las siguientes covariables: tendencia temporal lineal medida en trimestres; edad; edad al cuadrado; categoría de índice de masa corporal (definido como peso en kilogramos dividido por talla en metros cuadrados); sexo; raza o grupo étnico; educación; razón de pobreza/ingresos; tamaño del hogar; si un individuo caminó o montó en bicicleta en los 30 días anteriores y durante cuánto tiempo por término medio durante esos días; si un individuo realizó actividad física enérgica durante  $\geq 10$  minutos en los 30 días anteriores; número de bebidas alcohólicas por año; número de veces por semana que come fuera; indicadores de si un individuo rehusó suministrar información sobre restaurantes y consumo de bebidas alcohólicas; estado de seguro de enfermedad; determinación de la colesterolemia alguna vez; si un profesional de la salud le ha dicho que tiene diabetes; si toma antidiabéticos para bajar la glucemia, y si hay antecedentes familiares directos (madre, padre, hermana, hermano y abuelas y abuelos, tanto maternos como paternos), vivos o fallecidos, con diagnóstico clínico de diabetes.

<sup>a</sup>  $P < 0,05$ .

<sup>b</sup>  $P < 0,01$ .

se asocia de forma positiva a la glucemia (medida como GPA).

Nuestra especificación alternativa (usando precio de los nutrientes en lugar de precio de las categorías de alimentos) respalda los resultados principales. Observamos asociaciones negativas entre el precio de las calorías y la Ghb, entre el precio del azúcar y la GPA, y entre el precio de las grasas saturadas y tanto la Ghb como la GPA. (Estos efectos fueron menores que los obtenidos con la especificación principal, quizás porque los precios de los nutrientes tienen una desviación estándar más pequeña en relación con la media que los precios de los alimentos por peso.) Estos resultados son intuitivos porque las dietas bajas en grasas saturadas y azúcar son saludables para las personas diabéticas, y las dietas hipocalóricas están recomendadas para las personas con sobrepeso y diabetes (1).

Hemos hallado también una asociación entre los aumentos del precio de los alimentos saludables y un aumento relativo de la glucemia en los adultos

estadounidenses de ingresos bajos con diabetes de tipo 2, en comparación con sus homólogos de ingresos elevados. Asimismo, un aumento del precio de los alimentos menos saludables se asoció a una disminución relativa de la glucemia en el grupo de ingresos bajos, en comparación con el grupo de ingresos elevados. Estos resultados indican que, en los Estados Unidos, los adultos de ingresos bajos con diabetes de tipo 2 se benefician más (en términos de glucemia) de los precios bajos de los alimentos saludables que sus homólogos de ingresos mayores. Cabe señalar que, a lo largo del período examinado en este estudio, no podían usarse las prestaciones del programa SNAP para comprar los siguientes alimentos: cerveza, vino, licores y alimentos calientes. Por lo tanto, los participantes acogidos al programa SNAP debían pagar de su bolsillo productos como las bebidas alcohólicas y los alimentos calientes adquiridos en tiendas de comestibles, con lo que quizás cualquier aumento del precio de

estos productos hubiera sido aún más disuasivo para su compra. (En este estudio, los alimentos calientes adquiridos en tiendas de comestibles se clasificaron dentro de la categoría de los alimentos elaborados.)

## Limitaciones

Nuestro estudio tiene varias limitaciones. Nuestros datos no nos permitieron desglosar las bebidas no endulzadas (por ejemplo, refrescos dietéticos) de las endulzadas (por ejemplo, refrescos normales), de manera que no pudimos examinar las asociaciones para estos dos grupos por separado, lo cual habría sido útil por cuanto las bebidas no endulzadas probablemente no repercuten sobre la glucemia en la misma medida que las bebidas endulzadas. Otra limitación es que no pudimos usar datos con posterioridad al 2006 porque la base de datos QFAHPD no tiene en cuenta los alimentos de venta al peso (por ejemplo, muchas frutas y verduras) a partir de ese año. Por último, no pudimos estimar las asociaciones para los precios de todos los alimentos, puesto que nuestro conjunto de datos incluía únicamente el precio de los alimentos consumidos en el hogar y no de los consumidos fuera del hogar.

Una limitación de esta línea de investigación es la desconexión entre las encuestas de salud y las encuestas económicas. Por ejemplo, la encuesta NHANES contiene abundante información de salud, pero muy poca acerca de la compra de alimentos por parte de los entrevistados o el precio de los alimentos. Por otro lado, el programa Homescan de Nielsen contiene una pléthora de información económica, pero hasta hace poco tenía escasa información de salud. Sería ideal poder combinar las ventajas de ambos conjuntos de datos en uno solo. Por suerte, las recientes mejoras incorporadas al programa Homescan de Nielsen y al panel de consumidores de Information Resources Inc. brindan nuevas oportunidades para la investigación. En el año 2007, Nielsen agregó una encuesta de salud en la que pregunta a los entrevistados del programa Homescan acerca de sus enfermedades crónicas. Más recientemente, Information Resources Inc. ha agregado asimismo su propia encuesta de salud y una encuesta de medicamentos de venta con receta que deben responder los entrevistados. Creemos que estos conjuntos de datos

proporcionan nuevas posibilidades para investigar la relación entre el precio de los alimentos y la salud alimentaria.

## Conclusiones

Nuestros resultados complementan las conclusiones extraídas en un estudio reciente (7) en el que también se usaron los datos de QFAHPD y NHANES, y según el cual, para la población mayor de 50 años en los Estados Unidos, el precio de las verduras se asoció de forma significativa y positiva a la colesterolemia, y el precio de la leche común se asoció de forma significativa y negativa a la colesterolemia. Considerados en conjunto, ese estudio y el nuestro subrayan la

importancia de la asequibilidad de las dietas saludables para mitigar el riesgo de padecer enfermedades crónicas en los adultos estadounidenses, un tema de interés permanente entre los investigadores y los responsables de formular políticas (36–38).

**Declaración de responsabilidad.** Los puntos de vista expresados en este artículo representan la opinión de los autores, y no pueden atribuirse al Servicio de Investigaciones Económicas ni al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

**Contribución de los autores.** I. Rahkovsky concibió la idea y llevó a cabo el

análisis estadístico. T. Anekwe redactó la mayor parte del artículo, preparó los cuadros y llevó a cabo la mayor parte del examen y la revisión. De forma conjunta, ambos autores diseñaron el plan de análisis, trataron los temas econométricos y dieron el visto bueno a la versión definitiva.

**Agradecimientos.** Agradecemos a Jean Buzby, Karen Hamrick y Vicki Burt sus útiles observaciones sobre borradores anteriores del presente artículo.

**Protección de los participantes humanos.** No fue necesaria la aprobación por parte de la Junta de Revisión Institucional, porque usamos solamente datos secundarios para realizar este estudio.

## REFERENCIAS

- American Diabetes Association. Nutrition recommendations and interventions for diabetes. *Diabetes Care*. 2008;31(supl. 1):S61–78.
- Vijan S, Stuart NS, Fitzgerald JT et al. Barriers to following dietary recommendations in type 2 diabetes. *Diabet Med*. 2005;22:32–8.
- Horowitz CR, Williams L, Bickell NA. A community-centered approach to diabetes in East Harlem. *J Gen Intern Med*. 2003;18:542–8.
- Rashad I. Obesity and diabetes: the roles that prices and policies play. *Adv Health Econ Health Serv Res*. 2007;17:113–28.
- Powell LM, Chaloupka FJ. Food prices and obesity: evidence and policy implications for taxes and subsidies. *Milbank Q*. 2009;87:229–57.
- Meyerhoefer CD, Leibtag ES. A spoonful of sugar helps the medicine go down: the relationship between food prices and medical expenditures on diabetes. *Am J Agr Econ*. 2010;92:1271–82.
- Rahkovsky I, Gregory CA. Food prices and blood cholesterol. *Econ Hum Biol*. 2013;11:95–107.
- Auld MC, Powell LM. Economics of food energy density and adolescent body weight. *Economica*. 2009;76:719–40.
- Powell LM, Bao Y. Food prices, access to food outlets and child weight. *Econ Hum Biol*. 2009;7:64–72.
- Sturm R, Powell LM, Chiqui JF, Chaloupka FJ. Soda taxes, soft drink consumption, and children's body mass index. *Health Aff (Millwood)*. 2010;29:1052–8.
- Wendt M, Todd JE. The Effect of Food and Beverage Prices on Children's Weights. Washington: US Department of Agriculture, Economic Research Service, 2011.
- Brownell KD, Farley T, Willett WC et al. The public health and economic benefits of taxing sugar-sweetened beverages. *N Engl J Med*. 2009;361:1599–605.
- Cash SB, Sunding DL, Zilberman D. Fat taxes and thin subsidies: prices, diet, and health outcomes. *Acta Agr Scand*. 2005;2:167–74.
- Chouinard HH, Davis DE, LaFrance JT, Perloff JM. Fat taxes: big money for small change. *Forum Health Econ Policy*. 2007;10:1–28.
- Jacobson MF, Brownell KD. Small taxes on soft drinks and snack foods to promote health. *Am J Public Health*. 2000;90:854–7.
- American Diabetes Association. Executive summary: standards of medical care in diabetes—2012. *Diabetes Care*. 2012;35(supl. 1):S4–10.
- National Library of Medicine. Glucose test: blood. 2012. Disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/003482.htm> Acceso el 13 de septiembre de 2012.
- American Diabetes Association. Tests of glycemia in diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27(supl. 1):S91–3.
- American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2012;35(supl. 1):S64–71.
- Sacks DB. A1C versus glucose testing: a comparison. *Diabetes Care*. 2011;34:51823.
- Todd JE, Mancino L, Leibtag E, Tripodo C. Methodology Behind the Quarterly Food-at-Home Price Database. Washington: US Department of Agriculture, Economic Research Service; 2010.
- Rasmussen OW, Thomsen C, Hansen KW, Vesterlund M, Winther E, Hermansen K. Effects on blood pressure, glucose, and lipid levels of high- monounsaturated fat diet compared with a high-carbohydrate diet in NIDDM subjects. *Diabetes Care*. 1993;16:1565–71.
- Bosse MC, Davis SC, Puhl SM et al. Effects of Zone diet macronutrient proportions on blood lipids, blood glucose, body composition, and treadmill exercise performance. *Nutr Res*. 2004;24:521–30.
- American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2004;27(supl. 1):S5–10.
- Koro CE, Bowlin SJ, Bourgeois N, Fedder DO. Glycemic control from 1988 to 2000 among U.S. adults diagnosed with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27:17–20.
- National Health and Nutrition Examination Survey. Continuous NHANES Web tutorial: tips STATA. 2010. Disponible en: [http://www.cdc.gov/nchs/tutorials/nhanes/stata\\_tips.htm](http://www.cdc.gov/nchs/tutorials/nhanes/stata_tips.htm) Acceso el 10 de junio de 2012.
- Andreyeva T, Long MW, Brownell KD. The impact of food prices on consumption: a systematic review of research on the price elasticity of demand for food. *Am J Public Health*. 2010;100:216–22.
- National Health and Nutrition Examination Survey. 2001–2002 data documentation, codebook, and frequencies. 2007. Disponible en: [http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes2001-2002/L10AM\\_B.htm](http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes2001-2002/L10AM_B.htm) Acceso el 17 de septiembre de 2012.
- National Health and Nutrition Examination Survey. 2005–2006 data documentation, codebook, and frequencies. 2008. Disponible en [http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes2005-2006/GLU\\_D.htm](http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes2005-2006/GLU_D.htm) Acceso el 17 de septiembre de 2012.
- National Health and Nutrition Examination Survey. 1999–2000 data documentation, codebook, and frequencies. 2009. Disponible en: <http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes1999-2000/LAB10AM.htm>. Acceso el 17 de septiembre de 2012.
- National Health and Nutrition Examination Survey. 2003–2004 data documentation, codebook, and frequencies. 2009. Disponible en: [http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes2003-2004/L10AM\\_C.htm](http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes2003-2004/L10AM_C.htm) Acceso el 17 de septiembre de 2012.
- Jenkins DJA, Kendall CWC, Banach MS et al. Nuts as a replacement for carbohydrates in the diabetic diet. *Diabetes Care*. 2011;34:1706–11.
- Jenkins DJA, Hu FB, Tapsell LC, Josse AR, Kendall CWC. Possible benefit of nuts in type 2 diabetes. *J Nutr*. 2008;138:1752S–6S.
- American Diabetes Association. Fat and diabetes. 2012. Disponible en: [http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes2001-2002/L10AM\\_B.htm](http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/nhanes2001-2002/L10AM_B.htm) Acceso el 17 de septiembre de 2012.

- diabetes.org/food-and- fi Acceso el 18 de septiembre de 2012.
35. Gittelsohn J, Franceschini MCT, Rasooly IR et al. Understanding the food environment in a low-income urban setting: implications for food store interventions. *J Hunger Environment Nutr.* 2008;2(2-3):33-50.
36. Cassady D, Jetter KM, Culp J. Is price a barrier to eating more fruits and vegetables for low-income families? *J Am Diet Assoc.* 2007;107:1909-15.
37. Waterlander WE, Steenhuis IH, de Boer MR, Schuit AJ, Seidell JC. The effects of a 25% discount on fruits and vegetables: results of a randomized trial in a three-dimensional web-based supermarket. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2012;9:11.
38. Leone AF, Rigby S, Betterley C et al. Store type and demographic influence on the availability and price of healthful foods, Leon County, Florida, 2008. *Prev Chronic Dis.* 2011;8:A140.

**ABSTRACT**

### The Association Between Food Prices and the Blood Glucose Level of US Adults With Type 2 Diabetes

**Objectives.** We estimated the association between the price of healthy and less-healthy food groups and blood sugar among US adults with type 2 diabetes.

**Methods.** We linked 1999–2006 National Health and Nutrition Examination Survey health information to food prices contained in the Quarterly Food-at-Home Price Database. We regressed blood sugar levels on food prices from the previous calendar quarter, controlling for market region and a range of other covariates. We also examined whether the association between food prices and blood sugar varies among different income groups.

**Results.** The prices of produce and low-fat dairy foods were associated with blood sugar levels of people with type 2 diabetes. Specifically, higher prices for produce and low-fat dairy foods were associated with higher levels of glycated hemoglobin and fasting plasma glucose 3 months later. Food prices had a greater association with blood sugar for low-income people than for higher-income people, and in the expected direction.

**Conclusions.** Higher prices of healthy foods were associated with increased blood sugar among people with type 2 diabetes. The association was especially pronounced among low-income people with type 2 diabetes.