

Codificación geométrica y análisis de conglomerados para evaluar el control metabólico de pacientes con diabetes mellitus tipo 2

Ramón Alberto Rascón-Pacheco,¹ María del Carmen Candia-Plata,²
Blanca Margarita Rivera-Icedo,¹ María Elena Romero-Arredondo,¹
Olga Rosa Brito-Zurita³ y Fernando Guerrero-Romero⁴

Forma de citar

Rascón-Pacheco RA, Candia-Plata MC, Rivera-Icedo BM, Romero-Arredondo ME, Brito-Zurita OR, Guerrero-Romero F. Codificación geométrica y análisis de conglomerados para evaluar el control metabólico de pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Rev Panam Salud Publica. 2010;27(4):276–82.

RESUMEN

Objetivo. Determinar la frecuencia de las combinaciones de los parámetros de control metabólico por arriba de lo normal, usando la codificación geométrica y el análisis jerárquico de conglomerados, en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 (DM2).

Métodos. Se desarrolló en México un estudio transversal descriptivo para evaluar a un grupo de 1 051 pacientes con DM2, cuyos criterios de inclusión eran tener uno o más de los siguientes valores: glucosa en ayunas > 130 mg/dL, colesterol total > 240 mg/dL, triglicéridos totales > 200 mg/dL, índice de masa corporal > 27 kg/m², y presión arterial sistólica mayor de 130 mmHg o presión arterial diastólica mayor de 85 mmHg. Por medio de codificaciones geométricas se obtuvieron las frecuencias de todas las combinaciones. Para definir similitudes entre las combinaciones se utilizó el método de análisis de conglomerados.

Resultados. Utilizando el instrumento propuesto, se observó que la combinación en pares con mayor número de sujetos estuvo representada por hiperglucemia-hipertrigliceridemia (7,3%) e hiperglucemia-hipercolesterolemia (3,6%). Las policonbinaciones de mayor frecuencia fueron hiperglucemia-hipercolesterolemia-hipertrigliceridemia (13,2%) e hiperglucemia-hipertrigliceridemia-hipercolesterolemia-hipertensión (10,5%).

Conclusiones. La codificación geométrica y el análisis por conglomerados podrían llegar a ser un instrumento idóneo para evaluar el control metabólico de los pacientes con DM2, así como para identificar parámetros que contribuyan a mejorar su monitoreo y su tratamiento.

Palabras clave

Diabetes mellitus tipo 2; análisis por conglomerados; evaluación en salud; hiperglucemia; hipercolesterolemia; hipertrigliceridemia; hipertensión; obesidad; México.

¹ Unidad de Investigación Epidemiológica y en Servicios de Salud, Instituto Mexicano del Seguro Social, Hermosillo, Sonora. La correspondencia debe dirigirse a Ramón Alberto Rascón-Pacheco, Boulevard Rodríguez no. 118, colonia Centro, Hermosillo, Sonora, México. Correo electrónico: alberto.rascon@imss.gob.mx

² Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad de Sonora.

³ Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica, Instituto Mexicano del Seguro Social, Cd. Obregón, Sonora.

⁴ Unidad de Investigación Biomédica, Instituto Mexicano del Seguro Social, Durango, Durango.

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es un síndrome plurimetabólico caracterizado por hiperglucemia crónica y alteraciones en la secreción o en la función de la insulina. La duración de su período asintomático en general está determinada por la interacción de factores hereditarios y relacionados con el estilo de vida (1, 2). Sin embargo, la hiperglucemia crónica es el principal factor de

riesgo asociado tanto al desarrollo de las complicaciones micro y macro-vasculares, como a las elevadas tasas de morbilidad y mortalidad entre los pacientes con DM2 (3–10). Otros factores que contribuyen al desarrollo y la progresión de las complicaciones de la DM2 (11) son la obesidad (12–14), la hipercolesterolemia (15), hipertrigliceridemia (16) y la hipertensión arterial (17).

Diversos estudios epidemiológicos han demostrado que el control de los factores de riesgo de complicaciones trae consigo beneficios indiscutibles que reducen la morbilidad y la mortalidad de los pacientes con DM2. A nadie escapa que el control glucémico es fundamental para prevenir complicaciones propias de los pacientes de DM2. Sin embargo, independientemente de dicha terapia o del fármaco que se utilice, la medicina cuenta con otros medios que también contribuyen a reducir los trastornos derivados de la diabetes. El control de la presión arterial, por ejemplo, da cuenta de una disminución que oscila entre 24% y 74% en la incidencia de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, retinopatía, ceguera e insuficiencia renal (18–21).

Del mismo modo, el control independiente de la dislipidemia también tiene un impacto positivo en la reducción de trastornos cardiovasculares entre los pacientes con DM2 (22–25). Sin embargo, el tratamiento integral de los pacientes con DM2 continúa siendo un gran reto para los médicos y los administradores de los sistemas de salud, porque cada uno de los parámetros (p. ej. glucemia, triglicéridos, colesterol y presión arterial) tiene metas de control específicas que pueden cumplirse en grados variables de acuerdo con el esquema de manejo de los pacientes y de su respuesta al tratamiento.

En años recientes, la relación entre el control de los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en los pacientes con DM2 y el tipo de estructura y diseño del microsistema clínico ha despertado interés, dejando entrever la oportunidad de trabajar en las herramientas clínicas con las que cuentan los médicos para mejorar la atención de personas con DM2 (26, 27). En México, la Norma Oficial Mexicana para el control y prevención de la

diabetes (NOM-015-SSA2-1994) menciona metas y objetivos concretos para el control de cinco variables (glucosa, colesterol, triglicéridos, presión arterial y masa corporal) en tres distintas categorías de control: “bueno”, “regular” (control aceptable) y “malo” (requiere ajustes) (cuadro 1).

El problema de la NOM-015-SSA2-1994 reside en que no es útil para calificar integralmente el control de un paciente cuando cada una de las cinco variables tiene niveles distintos de control, pues no es lo mismo alcanzar la meta “control bueno” en varios parámetros, que cuando uno solo entra en la categoría “malo”, dado que mientras esta última situación exige modificar inmediatamente el tratamiento, en la anterior tal medida no es urgente. Tampoco tiene sentido mostrar los resultados de las cinco variables por separado, pues el paciente requiere de un control integral. Por estas razones, la generación de un índice sencillo y rápido que permita evaluar integralmente a una población podría ser beneficiosa para definir objetivos de tratamiento y seguimiento de los pacientes con DM2.

En este trabajo se describe precisamente un instrumento para evaluar de manera integral el grado de control de los pacientes con DM2, basado en un método de codificación geométrica y en el análisis por conglomerados (*cluster analysis*). La aplicación de este instrumento, aparte de que podría contribuir al diseño de estrategias para mejorar el control de los pacientes diabéticos, permitiría además optimizar el uso de los recursos económicos, materiales y humanos dedicados a la atención de los pacientes con diabetes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un estudio transversal descriptivo para evaluar a todos los pa-

cientes con DM2 registrados en ocho unidades de atención primaria de una institución de seguridad social en el noroeste y centro de México. En total la muestra incluyó a 1 051 pacientes registrados en el segundo semestre de 2004. Se obtuvieron los valores de glucosa en ayunas, colesterol total, triglicéridos, índice de masa corporal (IMC) y presión arterial de todos los pacientes de la muestra y, posteriormente, se aplicó una codificación geométrica únicamente a los pacientes que mostraron uno o más de los siguientes valores: glucosa en ayuno > 130 mg/dL, colesterol total > 240 mg/dL, triglicéridos > 200 mg/dL, IMC > 27 kg/m², y presión arterial sistólica > 130 mmHg o presión arterial diastólica > 85 mmHg, o ambas.

El término codificación geométrica tiene como fundamento el concepto matemático que desde Euclides, en su obra magna *Los elementos*, habla de magnitudes sucesivamente proporcionales. Este término fue evolucionando y en nuestra época se denomina progresión geométrica, definida como una sucesión en la que cada elemento se obtiene multiplicando el anterior por un número fijo llamado razón (28, 29), cuyo término general o enésimo término es:

$$a_n = a_1(r^{n-1})$$

donde:

a_n es el enésimo término
 r es la razón de la progresión y
 n el número de términos

Para este estudio la razón de la progresión es 2, en virtud de que se considera, para cada uno de los elementos, un comportamiento binario (1 = presente, 0 = ausente). El número de elementos es cinco (porque son cinco las variables consideradas en la evaluación de los pacientes) y por lo tanto la secuencia es:

$$\begin{aligned} 1 * 2^{1-1} &= 1 * 2^0 = 1 * 1 = 1 \\ 1 * 2^{2-1} &= 1 * 2^1 = 1 * 2 = 2 \\ 1 * 2^{3-1} &= 1 * 2^2 = 1 * 4 = 4 \\ 1 * 2^{4-1} &= 1 * 2^3 = 1 * 8 = 8 \\ 1 * 2^{5-1} &= 1 * 2^4 = 1 * 16 = 16 \end{aligned}$$

Una propiedad que tiene esta forma de codificar radica en que la suma de dos o más elementos de la progresión da un valor único que permite identificar una combinación específica y, en consecuen-

CUADRO 1. Parámetros clínicos y puntos de corte utilizados para el control, tratamiento y prevención de la diabetes mellitus tipo 2, México, 1994

Parámetro clínico	Categoría		
	Bueno	Aceptable	Requiere ajustes
Glucosa plasmática en ayunas	80–110 mg/dl	111–130 mg/dl	> 130 mg/dl
Presión arterial	≤ 120/80 mmHg	121–129/81–84 mmHg	≥ 130/85 mmHg
Colesterol total	< 200 mg/dl	200–239 mg/dl	≥ 240 mg/dl
Triglicéridos en ayunas	< 150 mg/dl	150–200 mg/dl	> 200 mg/dl
Índice de masa corporal	< 25 kg/m ²	25–27 kg/m ²	> 27 kg/m ²

Fuente: Adaptado de: México, Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-1994, para la prevención, tratamiento y control de la diabetes. Apéndice normativo E. Metas básicas del tratamiento y criterios para evaluar el grado de control del paciente. México: Diario Oficial de la Federación, 18 de enero de 2001.

cia, se pueden tener valores únicos para cada una de todas las posibles combinaciones. Por ejemplo, como se muestra en el cuadro 2, el valor 15 de la primera columna corresponde a la suma de $(1 * 2^0) + (1 * 2^1) + (1 * 2^2) + (1 * 2^3) + (0 * 2^4)$, es decir $15 = 1 + 2 + 4 + 8 + 0$ (nótese que los exponentes sucesivos son 0, 1, 2, 3, 4; y en ese orden), y el total de posibles combi-

naciones se calcula así: $2^n - 1$, $2^5 - 1 = 32 - 1 = 31$. Por estas cualidades, el método fue utilizado en este estudio para identificar las distintas combinaciones obtenidas con las cinco variables intermedias en estudio (glucosa, colesterol total, triglicéridos, presión arterial e índice de masa corporal) considerando los puntos de corte de la NOM-015-SSA2-1994.

Una vez definidos los códigos, se hizo la suma de todas las variables intermedias para determinar todas las posibles combinaciones y así obtener las proporciones correspondientes a cada combinación. Se calcularon la mediana de las variables en estudio y los respectivos intervalos intercuartiles. Con el fin de identificar las similitudes se utilizó la metodología de análisis jerárquico de conglomerados que permite agrupar a los sujetos con base en sus características. Finalmente, las frecuencias de cada combinación fueron agrupadas por medio de un dendrograma.

CUADRO 2. Combinaciones posibles de cinco parámetros clínicos estudiados para la evaluación integral de pacientes con diabetes mellitus tipo 2, obtenidas mediante codificación geométrica,^a México, 2004

Combinación	Glucosa	Triglicéridos	Índice de masa corporal	Colesterol	Presión arterial
1	1	0	0	0	0
2	0	2	0	0	0
3	1	2	0	0	0
4	0	0	4	0	0
5	1	0	4	0	0
6	0	2	4	0	0
7	1	2	4	0	0
8	0	0	0	8	0
9	1	0	0	8	0
10	0	2	0	8	0
11	1	2	0	8	0
12	0	0	4	8	0
13	1	0	4	8	0
14	0	2	4	8	0
15	1	2	4	8	0
16	0	0	0	0	16
17	1	0	0	0	16
18	0	2	0	0	16
19	1	2	0	0	16
20	0	0	4	0	16
21	1	0	4	0	16
22	0	2	4	0	16
23	1	2	4	0	16
24	0	0	0	8	16
25	1	0	0	8	16
26	0	2	0	8	16
27	1	2	0	8	16
28	0	0	4	8	16
29	1	0	4	8	16
30	0	2	4	8	16
31	1	2	4	8	16

^a La distancia euclidiana de la combinación de los cinco parámetros permite identificar cinco grupos similares.

CUADRO 3. Valores de los parámetros clínicos encontrados en un estudio para la evaluación integral de pacientes con diabetes mellitus tipo 2 (n = 1 051), México, 2004

Parámetro clínico	Mediana	Intervalo intercuartil
Glucosa plasmática en ayunas	149 mg/dl	118–195 mg/dl
Presión arterial		
Sistólica	130 mmHg	120–140 mmHg
Diastólica	80 mmHg	70–80 mmHg
Colesterol total	208 mg/dl	183–237 mg/dl
Triglicéridos en ayunas	190 mg/dl	138–255 mg/dl
Índice de masa corporal	28 kg/m ²	25–32 kg/m ²

RESULTADOS

En el cuadro 3 se presentan las medianas de las variables incluidas en el estudio. Como se puede ver, en todos los parámetros de control la mediana está por arriba de los valores señalados como “Buenos” en la NOM-015-SSA2-1994—656 (62,4%) mujeres y 395 (37,6%) hombres. La edad promedio fue de 62,2 años, sin diferencia significativa entre los sexos ($P = 0,869$).

La figura 1 revela la distribución porcentual de las 31 distintas combinaciones obtenidas con las cinco variables incluidas en este análisis. En el eje de las ordenadas se colocaron las 31 combinaciones; así, la primera (que puede leerse en la parte superior del eje de las ordenadas) corresponde a los pacientes en quienes se detectó exclusivamente la alteración de una de las cinco variables: la glucemia en ayunas. Estos pacientes (44 o 4,2% de la población estudiada) fueron ubicados en la primera combinación porque presentaron glucosa en ayunas por arriba de 130 mg/dL y tuvieron dentro de los límites aceptables las cuatro variables restantes (triglicéridos, IMC, colesterol y presión arterial). El código asignado a los pacientes con niveles de glucosa > 130 mg/dL fue el número 1.

Un total de 38 (3,6%) pacientes tuvieron triglicéridos > 150 mg/dL y las cuatro variables restantes (glucosa, IMC, colesterol y presión arterial) dentro de los límites aceptables; a estos pacientes se les asignó el código de identificación número 2. El 1,9% de los pacientes presentó IMC > 25 kg/m², con presión arterial, concentración sérica de glucosa, triglicéridos y colesterol dentro de los parámetros de control aceptables; el código para este grupo fue el número 4. El código 8 correspondió a los 28 pacientes (2,7%)

FIGURA 1. Distribución de las combinaciones de cinco parámetros clínicos estudiados para la evaluación integral de pacientes con diabetes mellitus tipo 2, México, 2004

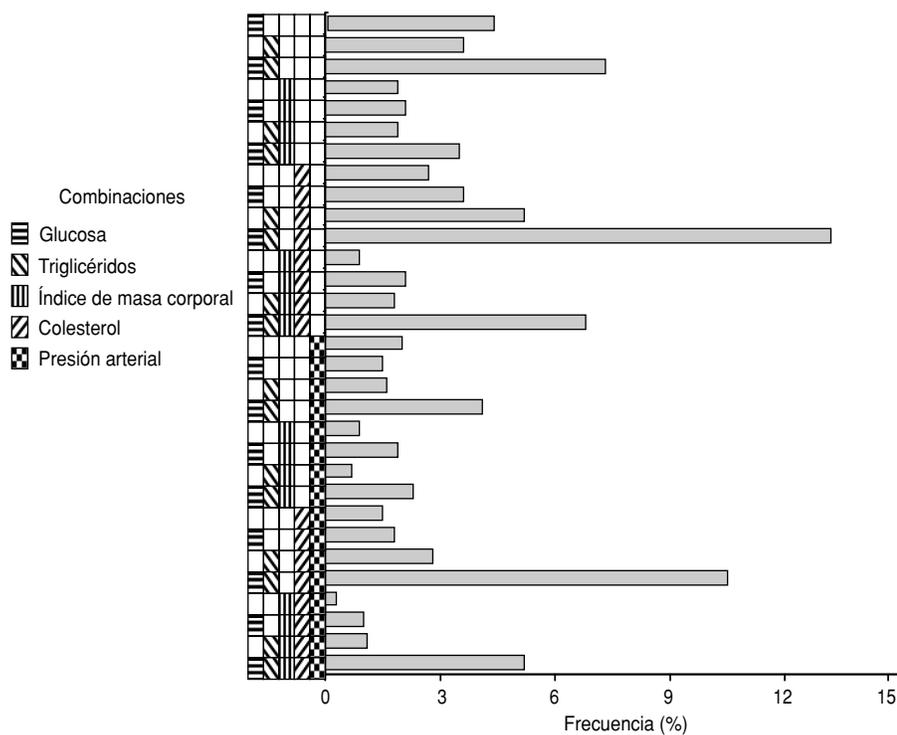
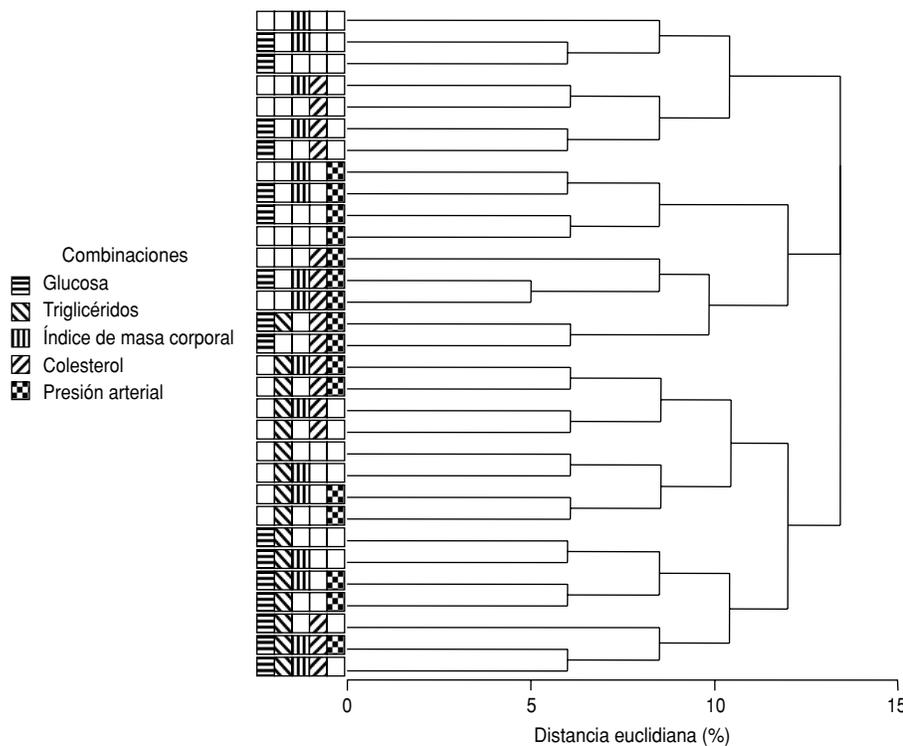


FIGURA 2. Representación gráfica (dendrograma) de las similitudes entre 31 combinaciones posibles de cinco parámetros clínicos estudiados para la evaluación integral de pacientes con diabetes mellitus tipo 2, México, 2004



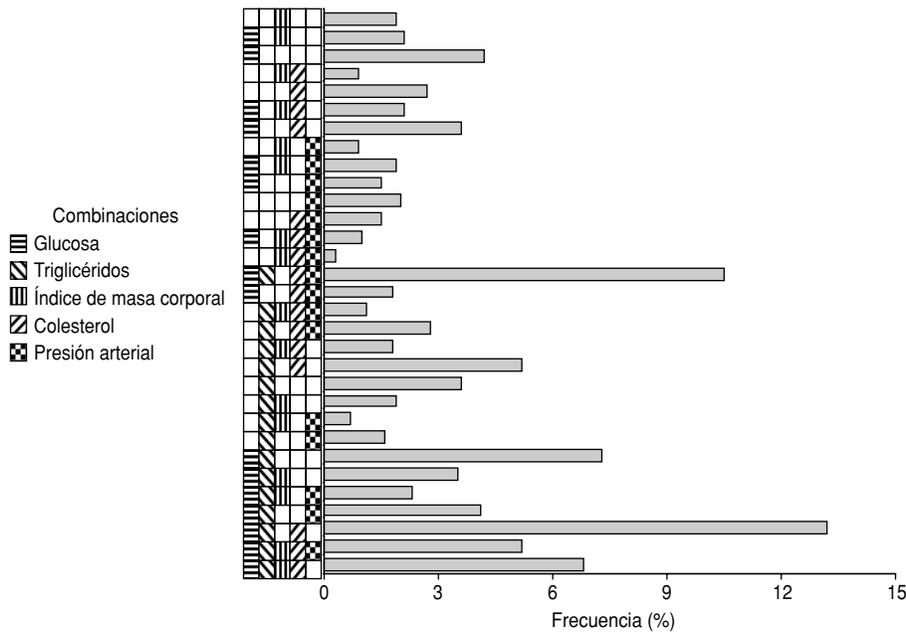
que presentaron niveles séricos de colesterol > 200 mg/dL y el resto de las variables dentro de lo aceptable, mientras que el código 16 identificó a los 21 pacientes (2%) con presión arterial > 120/85 mmHg, con IMC < 25 kg/m² y glucosa sérica, triglicéridos y colesterol dentro de los valores aceptables.

Las demás combinaciones corresponden a los grupos de pacientes que tuvieron dos o más variables por encima de los valores aceptables. De esta forma, la combinación con el valor 3 corresponde a 77 pacientes (7,3%) con glucosa en ayunas y triglicéridos superiores a los límites aceptables. De la misma manera, en la combinación con valor 5 puede leerse que 22 pacientes (2,1%) registraron glucosa en ayunas e IMC por arriba de los límites aceptables; en estos pacientes los triglicéridos, el colesterol y la presión arterial estuvieron dentro de los límites de bueno o aceptable. Las 28 combinaciones restantes fueron definidas de forma idéntica a la que se describió en los ejemplos antes citados y pueden leerse directamente en la figura 1.

Entre las 31 combinaciones relacionadas con el descontrol de los pacientes con DM2, las combinaciones con tres o más variables por arriba de los valores aceptables fueron con frecuencia la hiperglucemia-hipertrigliceridemia-hipercolesterolemia (13,2%) y la hiperglucemia-hipertrigliceridemia-hipercolesterolemia-hipertensión (10,5%). La combinación hiperglucemia-hipertrigliceridemia-hipercolesterolemia-obesidad se identificó en 6,8% de los pacientes. Como se puede ver en la parte inferior de la figura 1, un total de 55 pacientes (5,2%) presentaron alteración en la totalidad de los parámetros de control. Al considerar la alteración de una sola variable, de los 1 051 pacientes 71,7, 71,2, 60,5, 39,2 y 34,4% presentaron hipertrigliceridemia, hiperglucemia, hipercolesterolemia, hipertensión y obesidad, respectivamente.

La figura 2 muestra los resultados del análisis de conglomerados representados por un dendrograma. En su parte inferior sobresale un grupo con hiperglucemia e hipertrigliceridemia, mientras que en un segundo bloque, de abajo hacia arriba, se observa claramente la formación de un conglomerado integrado por los pacientes que tienen problemas con el control de los triglicéridos. En el tercer bloque se agrupan los pacientes que tienen problemas con el control de la presión arterial y el colesterol,

FIGURA 3. Distribución de frecuencias de las combinaciones entre cinco parámetros clínicos estudiados para la evaluación integral de pacientes con diabetes mellitus tipo 2, utilizando análisis jerárquico de conglomerados, México, 2004



y en el cuarto están quienes presentan problemas de presión arterial como característica principal; sin embargo, en el quinto grupo no hay un patrón claro de combinaciones.

Estos mismos conglomerados aparecen en la figura 3, donde se repiten las frecuencias de la figura 1, pero agrupadas tal como se sugiere en el dendrograma (figura 2). Al presentar los datos por grupos, se pudo observar que las combinaciones más frecuentes son las que el dendrograma agrupó en la parte inferior. En otras palabras, se agrupan con mayor frecuencia los pacientes que son similares porque tienen valores altos de glucosa y triglicéridos.

DISCUSIÓN

La DM2 es una enfermedad de difícil control metabólico, en la que para prevenir el desarrollo de complicaciones crónicas es necesario mantener cifras normales de glucosa, lípidos, presión arterial y peso corporal a través de diversas estrategias terapéuticas (30). Los criterios para evaluar el control de la diabetes (11, 31, 32) forman parte de los programas institucionales de México e incluyen, en la mayoría de los casos, la medición de cinco variables (glucosa, colesterol total, triglicéridos, IMC y presión arterial) cuyo propósito es disminuir el

riesgo de complicaciones crónicas. Sin embargo, los resultados de las distintas variables clínicas siempre se muestran por separado, es decir que se notifica la concentración de glucosa, lípidos, presión arterial y peso corporal como marcadores independientes del riesgo de complicaciones, pero no se informa acerca del control metabólico integral de los pacientes.

Cabe destacar que el problema de la presentación independiente de los valores de las variables utilizadas para el control de los pacientes con DM2 no se limita únicamente a las clínicas mexicanas. En realidad, en la mayoría de los estudios publicados a escala internacional se informa acerca de las dificultades que enfrentan los pacientes diabéticos para alcanzar las metas de control, y en la gran mayoría de los casos se relacionan con la evaluación independiente de los marcadores de complicaciones. Un ejemplo es el estudio realizado por el Diabetes Care Center of California (33), en el cual se evaluó el impacto de un programa de tratamiento para la diabetes y los resultados de los parámetros analizados se presentaron por separado, antes y después de la intervención. Esta forma de organizar y analizar los resultados hizo prácticamente imposible identificar un programa de tratamiento sobre el control de los pacientes

con DM2 y la prevención de las complicaciones que esta enfermedad trae aparejadas.

Asimismo, en años recientes se ha asignado especial interés a la relación entre el control de los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en personas con DM2 y el tipo de estructura y diseño del microsistema clínico, dejando entrever la oportunidad de utilizar las herramientas clínicas con las que cuentan los médicos para mejorar la atención de estos pacientes (26, 27). En tal sentido, los resultados del presente estudio demostraron que la codificación geométrica de las variables involucradas en el control metabólico permite evaluar integralmente el nivel de control de los pacientes con diabetes. De este modo se puede obtener la información necesaria para que los responsables de los servicios de salud evalúen el impacto de sus programas e identifiquen los elementos que requieren modificaciones específicas o la atención urgente del grupo de salud de acuerdo con los problemas detectados.

En el futuro, la codificación geométrica de las variables involucradas en el control metabólico de la DM2 utilizada en este trabajo, lejos de restringirse al caso aquí presentado, podría ser utilizada dentro de un sistema de vigilancia epidemiológica para evaluar el impacto de las estrategias de educación para la salud, la consulta nutricional, la promoción de cambios en el estilo de vida, la consulta médica y el manejo farmacológico de los pacientes.

La aplicación sistemática de esta codificación es altamente viable en razón de que la mayoría de las instituciones de salud cuentan con sistemas de información tecnológica —tales como el expediente electrónico y el sistema computacional orientado a la vigilancia epidemiológica del paciente con DM2— que contienen los datos necesarios para alimentar y utilizar este tipo de instrumentos (34). En la labor del médico familiar con su población adscrita, además de servir para el control de los factores de riesgo de complicaciones en los pacientes con DM2, esta herramienta podría contribuir a la detección de grupos blanco dentro de los programas de educación para la salud (35). En tal sentido, aún es necesario desarrollar estudios orientados a demostrar la utilidad de este sistema de codificación en la práctica clínica.

Del mismo modo, la utilización de esta herramienta a través de un sistema de

bases de datos podría fortalecer la disponibilidad y el intercambio de mayor información médica, facilitando la evaluación y el análisis de grandes poblaciones de pacientes. También será posible incluir otras variables que mantengan actualizada esta herramienta de acuerdo con los avances tecnológicos y científicos; por ejemplo, si en el futuro fuera posible la medición rutinaria de la fracción A1c de la hemoglobina glicada, del colesterol de baja densidad (LDL) y de marcadores de inflamación, su aplicación podría abarcar el control de pacientes con DM2 en las unidades de atención primaria.

Adicionalmente, la codificación geométrica podría ser de utilidad para los administradores de servicios sanitarios en salud pública y seguridad social (36), al convertirse en una herramienta útil para planificar la atención de los pacientes con DM2, optimizando el uso de los recursos financieros, materiales y humanos disponibles.

Cabe recordar que la DM2 es una enfermedad compleja, que surge y se mantiene por la interacción aún poco clara de diversas variables bioquímicas, clínicas y ambientales, y que su control epidemiológico probablemente se logre sólo cuando estas interacciones se puedan entender e intervenir globalmente. Por tal motivo, la principal limitación del presente estudio fue su diseño transversal, que no permite determinar el grado en que esta herramienta podría ser afectada por factores como la validez interna y externa de los métodos e instrumentos con los que se mide cada una de las variables incluidas en el control de los pacientes con DM2. Seguramente harán falta estudios con diseño longitudinal para evaluar su utilidad tanto en la práctica clínica como en la administración de los servicios de salud.

En suma, tal como se los propone en este estudio, la codificación geométrica y el análisis por conglomerados podrían llegar a ser un instrumento idóneo para

la evaluación integral del control metabólico de los pacientes con DM2, así como para identificar las variables en las que se puede contribuir a mejorar su tratamiento.

Agradecimientos. Los autores agradecen a José Javier Farah de Anda, del Instituto Tecnológico de la Paz, Baja California Sur, y a Manuel Alfredo Urrea Bernal, de la Universidad de Sonora, por su asesoría en el fundamento matemático del instrumento aplicado en este estudio. De la misma manera, expresan su gratitud a las unidades de medicina familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social: UMF 1 D.F.; UMF 1 La Paz B.C.S.; HGZ-MF 3 Mazatlán, Sinaloa; UMF 6 Querétaro, Querétaro; UMF 9 Acapulco, Guerrero; UMF 21 D.F.; UMF 27 Tijuana B.C.; y UMF 37 Hermosillo, Sonora. Este proyecto fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

REFERENCIAS

- Harris MI, Klein R, Welborn TA, Knudman MW. Onset of NIDDM occurs at least 4–7 yr before clinical diagnosis. *Diabetes Care*. 1992;15(7):815–9.
- Wong J, Molyneux L, Constantino M, Twigg S, Yue D. Timing is everything: age of onset influences long-term retinopathy risk in type 2 diabetes, independent of traditional risk factors. *Diabetes Care*. 2008;31(10):1985–90.
- Barr E, Zimmet P, Welborn T, Jolley D, Magliano D, Dunstan D, et al. Risk of cardiovascular and all-cause mortality in individuals with diabetes mellitus, impaired fasting glucose, and impaired glucose tolerance: the Australian Diabetes, Obesity, and Lifestyle Study (AusDiab). *Circulation*. 2007;116(2):151–7.
- Vasudevan A, Burns A, Fonseca V. The effectiveness of intensive glycemic control for the prevention of vascular complications in diabetes mellitus. *Treat Endocrinol*. 2006;5(5):273–86.
- McEwen L, Kim C, Haan M, Ghosh D, Lantz P, Mangione C, et al. Diabetes reporting as a cause of death: results from the Translating Research Into Action for Diabetes (TRIAD) Study. *Diabetes Care*. 2006;29(2):247–53.
- Stratton I, Kohner E, Aldington S, Turner R, Holman R, Manley S, et al. UKPDS 50: risk factors for incidence and progression of retinopathy in Type II diabetes over 6 years from diagnosis. *Diabetologia*. 2001;44(2):156–63.
- Shichiri M, Kishikawa H, Ohkubo Y, Wake N. Long-term results of the Kumamoto Study on optimal diabetes control in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care*. 2000;23 suppl 2:B21–9.
- Poulter N. Blood pressure and glucose control in subjects with diabetes: new analyses from ADVANCE. *J Hypertens*. 2009;27 suppl 1:S3–8.
- Ray K, Seshasai S, Wijesuriya S, Sivakumaran R, Nethcott S, Preiss D, et al. Effect of intensive control of glucose on cardiovascular outcomes and death in patients with diabetes mellitus: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Lancet*. 2009;373(9677):1765–72.
- Gaede P, Lund-Andersen H, Parving H, Pedersen O. Effect of a multifactorial intervention on mortality in type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2008;358(6):580–91.
- Association AD. Standards of medical care in diabetes—2009. *Diabetes Care*. 2009;32 suppl 1:S13–61.
- Ford E. Body mass index, diabetes, and C-reactive protein among U.S. adults. *Diabetes Care*. 1999;22(12):1971–7.
- Bloomgarden Z. American Diabetes Association Annual Meeting, 1998. Insulin resistance, exercise, and obesity. *Diabetes Care*. 1999;22(3):517–22.
- Gumbiner B. Treating obesity in type 2 diabetes. Calories, composition, and control. *Diabetes Care*. 1999;22(6):886–8.
- Steiner G. Lipid intervention trials in diabetes. *Diabetes Care*. 2000;23 suppl 2:B49–53.
- Steiner G. Risk factors for macrovascular disease in type 2 diabetes. Classic lipid abnormalities. *Diabetes Care*. 1999;22 suppl 3:C6–9.
- Ryan J. Cost and policy implications from the increasing prevalence of obesity and diabetes mellitus. *Gend Med*. 2009;6 suppl 1:86–108.
- Patel A, MacMahon S, Chalmers J, Neal B, Billot L, Woodward M, et al. Intensive blood glucose control and vascular outcomes in patients with type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2008;358(24):2560–72.
- Investigators HOPEHS. Effects of ramipril on cardiovascular and microvascular outcomes in people with diabetes mellitus: results of the HOPE study and MICRO-HOPE substudy. Heart Outcomes Prevention Evaluation Study Investigators. *Lancet*. 2000;355(9200):253–9.
- Hansson L, Zanchetti A, Carruthers S, Dahlöf B, Elmfeldt D, Julius S, et al. Effects of intensive blood-pressure lowering and low-dose aspirin in patients with hypertension: principal results of the Hypertension Optimal Treatment (HOT) randomised trial. HOT Study Group. *Lancet*. 1998;351(9118):1755–62.
- Estacio R, Schrier R. Antihypertensive therapy in type 2 diabetes: implications of the appropriate blood pressure control in diabetes (ABCD) trial. *Am J Cardiol*. 1998;82(9B):9R–14R.
- Duckworth W, Abraira C, Moritz T, Reda D, Emanuele N, Reaven P, et al. Glucose control and vascular complications in veterans with type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2009;360(2):129–39.
- Study TSSS. Randomised trial of cholesterol lowering in 4444 patients with coronary heart disease: the Scandinavian Simvastatin Sur-

- vival Study (4S). *Lancet*. 1994;344(8934):1383-9.
24. Bloomfield Rubins H, Davenport J, Babikian V, Brass L, Collins D, Wexler L, et al. Reduction in stroke with gemfibrozil in men with coronary heart disease and low HDL cholesterol: The Veterans Affairs HDL Intervention Trial (VA-HIT). *Circulation*. 2001;103(23):2828-33.
 25. Nesto R. Beyond low-density lipoprotein: addressing the atherogenic lipid triad in type 2 diabetes mellitus and the metabolic syndrome. *Am J Cardiovasc Drugs*. 2005;5(6):379-87.
 26. Parchman M, Kaissi A. Are elements of the chronic care model associated with cardiovascular risk factor control in type 2 diabetes?. *Jt Comm J Qual Patient Saf*. 2009;35(3):133-8.
 27. López-Maldonado F, Reza-Albarrán A, Suárez O, Villa A, Ríos-Vaca A, Gómez-Pérez F, et al. Degree of control of cardiovascular risk factors among a patient population with diabetes mellitus type 1 and 2. *Gac Med Mex*. 2009;145(1):1-6.
 28. Bronshtein I, Semendiaev K. *Manual de matemáticas para ingenieros y estudiantes*. Moscú: Mir; 1971.
 29. Rees P, Sparks F. *Álgebra contemporánea*. México, DF: Mc Graw Hill; 1980.
 30. Stolar M, Hoogwerf B, Gorshow S, Boyle P, Wales D. Managing type 2 diabetes: going beyond glycemic control. *J Manag Care Pharm*. 2008;14(5b suppl):s2-19.
 31. Secretaría de Salud. *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-1994, para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus en la atención primaria*. México, DF: Diario Oficial de la Federación; 2001.
 32. Oviedo Mota M, Espinoza Larrañaga F, Reyes Morales H, Trejo y Pérez J, Gil Velásquez E. Guía clínica para el diagnóstico y tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2. *Rev Med IMSS*. 2003;41(1 supl):S27-S46.
 33. King A, Wolfe G. Evaluation of a diabetes specialist-guided primary care diabetes treatment program. *J Am Acad Nurse Pract*. 2009; 21(1):24-30.
 34. Rascón-Pacheco RA, Santillana-Macedo MA, Romero-Arredondo ME, Rivera-Icedo BM, Romero-Cancio JA, Cota-Rembau AI. Epidemiologic surveillance of diabetic patients; use of computer technology in the quality of medical care. *Salud Publica Mex*. 2000;42(4):324-32.
 35. Saavedra M. Paciente diabético ¿Conoce y acepta su padecimiento?. *Rev Enferm IMSS*. 2001;9(1):5-7.
 36. Babbie E. *Método de investigación por encuestas*. México, DF: Fondo de Cultura Económica; 1988.

Manuscrito recibido el 7 de agosto de 2009. Aceptado para publicación, tras revisión, el 4 de enero de 2010.

ABSTRACT

Geometric coding and cluster analysis to assess metabolic control of patients with type 2 diabetes mellitus

Objective. Determine the frequency of combinations of higher-than-normal metabolic control parameters, using geometric coding and hierarchical cluster analysis, in patients with type 2 diabetes (DM2)

Methodology. A descriptive cross-sectional study was conducted in Mexico to assess a group of 1 051 patients with DM2. The inclusion criteria were to have one or more of the following values: fasting glucose of 130 mg/dL, total cholesterol of 240 mg/dL, total triglycerides of 200 mg/dL, Body Mass Index of 27 kg/m², and systolic blood pressure higher than 130 mmHg or diastolic blood pressure higher than 85 mmHg. Through geometric coding, the frequencies of all combinations were obtained. Cluster analysis was used to determine similarities among the combinations.

Results. Using the proposed instrument, it was observed that the paired combinations with the highest number of subjects were hyperglycemia-hypertriglyceridemia (7.3%) and hyperglycemia-hypercholesterolemia (3.6%). The most frequent polycombinations were hyperglycemia-hypercholesterolemia-hypertriglyceridemia (13.2%) and hyperglycemia-hypertriglyceridemia-hypercholesterolemia-hypertension (10.5%).

Conclusions. Geometric coding and cluster analysis could become a suitable instrument for assessing the metabolic control of patients with DM2, as well as for identifying parameters that will help improve their monitoring and treatment.

Key words

Diabetes mellitus, type 2; cluster analysis; health evaluation; hyperglycemia; hypercholesterolemia; hypertriglyceridemia; hypertension; obesity; Mexico.