



Investigación económica

ISSN: 0185-1667

UNAM, Facultad de Economía

Ramírez, José Carlos; Sota Riva, Marcela de la  
El rostro pobre de la diabetes en México  
Investigación económica, vol. LXXVII, núm. 305, Julio-Septiembre, 2018, pp. 3-39  
UNAM, Facultad de Economía

DOI: 10.22201/fe.01851667p.2018.305.67472

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60157913001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEM redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# EL ROSTRO POBRE DE LA DIABETES EN MÉXICO

*José Carlos Ramírez*

Centro de Regulación Energética y Economía del Desarrollo (CREED),  
Universidad Panamericana (México)

Autor para correspondencia: jcramirezs@up.edu.mx

*Marcela de la Sota Riva*

Facultad de Economía y Negocios, Universidad Anáhuac México,  
Campus Norte (México)

Recibido el 16 de enero de 2018. Aceptado el 2 de octubre de 2018.

## RESUMEN

El objetivo de este documento es modelar la dinámica de las privaciones sociales (ps) de la población carente en México con el fin de diferenciar sus condiciones materiales de vida en presencia o no de diabetes mellitus 2 (DM2). La idea es ofrecer evidencia sobre la influencia que tienen algunos factores económicos y sociales comunitarios en la cadena de causas que condicionan el desarrollo de la DM2 entre los pobres. Para tal efecto, probamos la hipótesis de que la probabilidad de experimentar ps en la población carente es mayor en los individuos que padecen DM2 según sean los tipos de localidades, ps y factores de riesgo clínico considerados. Los resultados obtenidos con un modelo de Markov oculto apoyan la hipótesis de que una parte de la población pobre, que es rural y diabética, es la que tiene más probabilidad actual y futura de experimentar privaciones sociales en México.

**Palabras clave:** modelos ocultos de Markov, privaciones sociales, diabetes, factores de riesgo económicos y sociales, probabilidades estado-dependientes, vectores ergódicos.

**Clasificación JEL:** I14, I32.

<http://dx.doi.org/10.22201/fe.01851667p.2018.305.67472>

© 2018 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

IE, 77(305), julio-septiembre de 2018

3

**ABSTRACT**

This paper aims at modeling the dynamics of social deprivations (SD) of the Mexican poor population in order to differentiate their material living conditions in the presence or absence of diabetes mellitus 2 (DM2). The idea is to offer evidence on the influence of some community economic and social factors in the chain of causes conditioning the development of DM2 among the poor. For this purpose, we hypothesize that the probabilities of experiencing SD in the Mexican population are higher in individuals with DM2 depending on the type of localities, SD and clinical risk factors considered. The main results drawn from a hidden Markov model support the hypothesis that a part of the poor population, which is rural and diabetic, is the one with the highest probability (current and future) of experiencing SD in Mexico.

**Key words:** Hidden Markov models, social deprivations, diabetes, economic and social risk-factors, dependent-state probabilities, ergodic vectors.

**JEL Classification:** I14, I32.

**1. INTRODUCCIÓN**

**E**n México, la pobreza es tan endémica como la diabetes mellitus tipo 2 (DM2). Ambas han experimentado un crecimiento espectacular en los últimos años. De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social (CONEVAL, 2016), el número de pobres aumentó de 49.458 millones en 2008 a 55.342 millones en 2014, de los cuales 11.4 millones vivieron en pobreza extrema en el último año por registrar al menos tres carencias sociales y un ingreso menor a la línea de bienestar mínima. Su influencia en el territorio es tan amplia que aun en las entidades económicamente más desarrolladas como Ciudad de México, Nuevo León y Jalisco la pobreza alcanza a casi una tercera parte de los habitantes. En los estados más desfavorecidos, como Oaxaca, Chiapas y Guerrero, los pobres extremos rondan alrededor del 30% de la población total. La situación es aún más complicada si se considera que el 69% de la pobreza del país es catalogada como crónica y sólo el

31% transitoria (Garza-Rodríguez *et al.*, 2010), esto es, que más de dos tercios de los pobres de México se encuentran en dificultad de escapar de la trampa de la pobreza por padecer, entre otras, insuficiencia alimentaria o patrimonial permanentes. La primera clase de pobreza afecta al 20.6% y la segunda al 53.2% de la población mexicana (CONEVAL, 2016).

Asimismo, México es uno de los países con mayor ocurrencia de DM2 en el mundo (Escobedo-de la Peña *et al.*, 2011). Su prevalencia por diagnóstico médico previo en adultos mayores de 20 años se elevó de 4.5% en 1993 a 17% en 2006, hasta registrar 75 500 defunciones en 2008 o tasas de mortalidad del orden de 73.6 en mujeres y 63.4 en hombres por cada 100 000 habitantes (Arredondo y De Icaza, 2011; Escobedo-de la Peña *et al.*, 2011). Se espera que, con este ritmo ascendente, México pase a ocupar la sexta posición en el mundo, detrás de China, India, Estados Unidos, Brasil y Rusia, con casi 12 millones de pacientes en 2030 (IDE, 2013). Mientras eso sucede, la DM2 se ha convertido hoy en día en la principal causa de muerte del país y también en la mayor responsable de la pérdida de años de vida saludables por muerte prematura y discapacidad (Escobedo-de la Peña *et al.*, 2011). Datos de 2009 colocan a la DM2 como la causante del mayor número de muertes en el grupo de edad de 15 a 64 años, con un porcentaje del 45% y una tasa de 42.7 por cada 100 000 habitantes (Molina, Zúñiga y Díaz, 2014). Es por ello que el impacto de la enfermedad no sólo se expresa en una mayor mortalidad sino, además, en la creciente morbilidad y pérdida de calidad de vida de habitantes en edades productivas, que se traduce en enormes costos financieros para el paciente y la sociedad en general. Arredondo y De Icaza (2011) estiman, por ejemplo, que para 2010 el sistema de salud del país debió invertir alrededor de 778 millones de dólares para sufragar los costos directos e indirectos asociados con el tratamiento de la diabetes. Obviamente, se prevé que esta cantidad se multiplicará varias veces en el futuro inmediato, con importantes consecuencias para el erario público.

¿Existe una relación directa entre las tasas de crecimiento de la pobreza y de la DM2? No obstante que hay mucha tentación por responder automáticamente la pregunta, no hay evidencia suficiente para sostener que haya una asociación clara entre ambas tasas, al menos para el caso de México. Y es que, aun cuando la literatura internacional sugiere que hay una marcada relación directa entre el nivel socioeconómico y la prevalencia de DM2 en países de bajo y medio ingreso —contrario

a la experiencia de los países de alto ingreso, donde se confirma una relación inversa—, en México hay estudios que muestran situaciones ambiguas (véase Agardh *et al.*, 2011). Se registran, por un lado, tasas de prevalencia altas (13.8%) para personas mayores a 20 años en zonas de bajo ingreso de la Ciudad de México y, por otro lado, tasas más bajas en las zonas rurales y más pobres de Durango (3.2% en 1994) que en las zonas urbanas y de mayor ingreso de San Luis Potosí (10% en 1994) (Villalpando *et al.*, 2010). Es decir, la información es fragmentaria, casuística y poco concluyente sobre este aspecto.

La razón de esta indefinición parece radicar en la falta de estudios que vinculen los factores de riesgos económicos y sociales (FRES) con los que son detectados clínicamente, y que llamaremos causas directas o factores clínicos, que permitan identificar con mayor precisión sus interacciones. Si bien están claramente establecidas las relaciones entre la incidencia de la DM2 y sus causas directas, como el síndrome metabólico,<sup>1</sup> no es posible asegurar que esas relaciones arrojen resultados similares en dos poblaciones con los mismos niveles de ingreso pero con diferentes grados de escolaridad, por mencionar algún caso (Córdoba-Villalobos *et al.*, 2008). Del mismo modo, no hay datos concluyentes para determinar en qué medida los FRES afectan diferencialmente a la DM2 en adultos mayores de 20 años y a los niños o si hay alguna relación generacional entre ambos tipos de pacientes según su estrato social.

Este trabajo no estudia directamente ninguno de estos temas ausentes en la literatura, pero sí la materia prima requerida para tratarlos. Su objetivo es modelar la dinámica de las privaciones sociales (PS) en la población mexicana pobre con y sin DM2 y, por tanto, constituye un paso previo para establecer relaciones más precisas entre los FRES y las causas directas de la enfermedad. La idea es ofrecer evidencia sobre las condiciones de empobrecimiento, actuales y futuras, de los diabéticos y, en particular, del peso de diferencial de ciertas PS en sus condiciones de vida. Con esta evidencia en manos, las relaciones arriba señaladas tendrían una mayor base de sustentación.

---

<sup>1</sup> El síndrome metabólico (SM) es una serie de desórdenes metabólicos que en conjunto constituye un factor de riesgo para desarrollar diabetes y enfermedad cardiovascular. El diagnóstico del SM incluye la medición de la circunferencia abdominal y los niveles de colesterol HDL, triglicéridos, presión arterial y glucosa en ayuno.

La hipótesis base del trabajo es que las probabilidades de experimentar ps en la población mexicana son mayores en los individuos que padecen DM2 según sean los tipos de localidades, ps y factores de riesgo clínico (alcoholismo, tabaquismo y sobrepeso u obesidad) considerados. Se trata de una hipótesis que está en línea con los principales resultados internacionales, más adelante comentados, salvo por el hecho de que su prueba entremezcla dos etapas y varias técnicas que, hasta donde sabemos, son inusuales en esta área del conocimiento.

La primera etapa incluye un análisis estático no paramétrico en el que las ps se dividen por tipos de localidades. La segunda etapa es más compleja técnicamente porque hace uso de los modelos ocultos de Markov (HMM, *Hidden Markov Model*) para analizar dinámicamente las diferencias en las probabilidades de experimentar ps por parte de diabéticos y no diabéticos. En el desarrollo de esta última etapa se hace uso de métodos multivariados para calcular los efectos marginales de las ps sobre las probabilidades estado-dependientes. En cada caso, los resultados apuntan a resaltar la importancia de las ps en la explicación del crecimiento de la diabetes entre la gente más empobrecida del país y, sobre todo, a entender mejor el contexto que rodea a los factores clínicos causantes de la DM2.

El documento consta de cinco secciones adicionales. La segunda ofrece una breve revisión de la literatura más relevante sobre el impacto de las condiciones generales de vida en el desarrollo de la DM2. La tercera muestra los elementos de la prueba de la hipótesis, como la justificación del uso de cadenas de Markov ocultas y la selección, clasificación y pareo de fuentes de datos. La cuarta sección desarrolla el método de cómputo de las probabilidades estado-dependientes y el empleo de modelos multivariados de variables dependientes. La quinta sección hace un balance de los resultados a la luz de la hipótesis enunciada y de la literatura discutida. Finalmente, en la sexta sección se presentan las conclusiones que resumen los principales hallazgos del documento.

## **2. ¿QUÉ SABEMOS EN REALIDAD DE LA INFLUENCIA DE LOS FRES EN EL DESARROLLO DE LA DM2?**

La DM2 es una enfermedad crónica de causas múltiples que afecta a casi 387 millones de personas en el mundo (Yuankai y Hu, 2014). Su deficiente atención provoca complicaciones graves de salud, como in-

farto del corazón, ceguera, falla renal, amputación de las extremidades inferiores y muerte prematura (DeFronzo, 2004). La reducción en la esperanza de vida de los individuos con diabetes se estima entre 5 y 10 años (Donnelly *et al.*, 2000).

Los pacientes diabéticos presentan, además, factores de riesgo que aumentan de forma significativa la probabilidad de desarrollar patología cardiovascular, por ejemplo, ciertos tipos de arterioesclerosis o hipertensión arterial (Sowers, Epstein y Frohlich, 2001). La arterioesclerosis de las arterias coronarias es, de hecho, la responsable de aproximadamente el 80% de la mortalidad y del 75% de las hospitalizaciones en personas con diabetes (Chambless *et al.*, 2000). La progresividad en la hipertensión arterial es considerada, en sí, un predictor de la incidencia de la DM2 porque, aun cuando la asociación entre las dos enfermedades crónicas no transmisibles es multifactorial, ambas tienden a coincidir en el mismo paciente (Conen *et al.*, 2007; Doak y Doak, 1993).

Estas complicaciones, aunadas al largo periodo (hasta por diez años) en el que la DM2 se presenta en forma asintomática y que, por tanto, impide tener un registro realista de los enfermos, hacen de esta pandemia el reto más grande para los centros de atención médica en el mundo (WHO, 2008). Por ello es que, para hacer verdaderamente frente al problema, Dickson (2016) afirma que es importante estudiar los principales factores de riesgo de la enfermedad para actuar más bien en su prevención o, al menos, en su detección temprana.

En la literatura se identifican bien las causas directas asociadas con el desarrollo de la enfermedad debido al control del historial clínico del paciente por parte del médico. Nos referimos al sexo, edad, circunferencia de la cintura, índice de masa corporal, niveles de glucosa, colesterol y presión diastólica, hipertensión, historia familiar, sedentarismo, estilo de vida, alcoholismo, tabaquismo, ingesta principal y tipo y regularidad de la dieta (DeFronzo, 2004). Pero no pasa lo mismo con el conocimiento del resto de la cadena de causas que ocasionan la DM2 y que tiene que ver con las explicaciones a por qué la gente no puede comprar alimentos saludables o disponer de espacios adecuados para ejercitarse. Es decir, los análisis contenidos en la literatura no son tan precisos para dar cuenta de los FRES que están detrás de las conductas alimenticias, adicciones o niveles de atención médica de los enfermos, ya que, como veremos a continuación, el rango de esos factores es muy amplio.

En concreto, los estudios internacionales relacionan el riesgo de desarrollar DM2 con los menores niveles socioeconómicos porque los habitantes de esos estratos tienden a tener un menor control glicémico (Cathorall *et al.*, 2015; Vellakkal *et al.*, 2013; Saydah y Lochner, 2010; Espelt *et al.*, 2008; Agardh *et al.*, 2011), o una mayor vulnerabilidad personal, predisposición a la enfermedad y falta de acceso a la atención médica (Grintsova, Maier y Mielck, 2014; Jiang y Pearlman, 2013). Esa relación es influenciada por el proceso de urbanización y el envejecimiento de la población, pues con servicios médicos caros, poca información nutricional, escasa disponibilidad de alimentos saludables y pocas oportunidades económicas y laborales, hay mayor probabilidad de que los habitantes pobres y viejos desarrollen la DM2 (Robbins *et al.*, 2005; Nguyen *et al.*, 2014; Brown *et al.*, 2004; Rathmann *et al.*, 2009). La razón es que estas personas tienen, en promedio, un menor nivel de escolaridad y, en consecuencia, un mayor estrés psicosocial que, como apunta Norberg *et al.*, (2007), afecta a todo el sistema neuroendocrino y favorece, en el largo plazo, la aparición de la enfermedad.

En México, algunos autores sostienen que las medidas de desigualdad socioeconómica, usadas regularmente para analizar su incidencia en la DM2, tienen mayor significancia estadística en las mujeres que en los hombres porque, por una parte, las mujeres de los niveles socioeconómicos bajos suelen ser más sedentarias y obesas y, por la otra, tienden a experimentar mayor estrés (Hernández-Ávila, Gutiérrez y Reynoso-Noverón, 2013; Álvarez, Goez-Rueda y Carreño-Aguirre, 2012). Las diferencias son más acentuadas por cierto tipo de entidades, ya que es bien sabido que hay localidades donde la proporción de hombres o mujeres con diagnóstico de diabetes es mayor que en otras (INSP, 2006, 2012). Infortunadamente, con la información disponible no es posible conocer cuáles son los FRES que explican la mayor incidencia de la DM2 por género en esos estados.

Otros estudios, como el de Molina, Zúñiga y Díaz (2014), ahondan un poco más en estas diferencias de género al desagregar las causas de decesos de hombres y mujeres diabéticos. Con base en una muestra de 41 312 defunciones tomada del Sistema Nacional de Información en Salud en 2009, estos autores encuentran que en hombres con educación primaria y empleo la DM2 es la principal causa de muerte (con el 24%) en las edades productivas de 15-64 años, mientras que para las mujeres



desocupadas y con primaria la enfermedad es la mayor responsable de sus decesos después de los 65 años (con 34%). Las cosas cambian cuando se introducen niveles de escolaridad más altos en personas ocupadas, pues ahora las mujeres empleadas con educación superior al nivel de primaria mueren mucho menos que los hombres en cualquier intervalo de edad.

### **3. LA PROPUESTA DE ANÁLISIS: LA DINÁMICA DE LAS PS COMO UNA CADENA DE MARKOV**

La revisión anterior deja de manifiesto que todavía quedan pendientes algunos temas relacionados con la desagregación de los términos “socioeconómico” o “estrato social” que resultan importantes para entender el significado de los FRES. La propuesta de este trabajo consiste en considerar a los FRES como las PS que experimentan los mexicanos con y sin DM2, ya sea en ambientes urbanos (localidades con más de 10 000 habitantes) o rurales (localidades con menos de 2 500 habitantes). En particular, tomamos el listado del Oxford Poverty & Human Development Initiative [OPHI] (Alkire *et al.*, 2015) como indicador de los FRES más sensibles que condicionan el desarrollo de la DM2 en la población pobre. El listado incluye las siguientes tres dimensiones con sus diez variables: Educación (1. Años de escolaridad y 2. Asistencia escolar); Salud (3. Mortalidad infantil y 4. Nutrición) y Nivel de Vida (5. Electricidad, 6. Sanidad, 7. Agua, 8. Piso, 9. Combustible y 10. Activos). Cada variable tiene asociado un criterio mínimo debajo del cual una persona incurre en una privación social. El carente en cuestión puede acumular, entonces, hasta un máximo de diez ps con el consecuente riesgo o grado de vulnerabilidad de desarrollar la DM2. De esta manera, el término socioeconómico se entiende aquí como la condición de pobreza de un estrato de la población del país que presenta diferentes grados de carencia en estos diez tipos de satisfactores.

Cabe aclarar que las ps ofrecen, en conjunto, un perfil de la pobreza de los individuos, no de su situación de empobrecimiento general. Y es que las privaciones basadas en la tipología de la OPHI (Alkire *et al.*, 2015) dan una idea limitada de los FRES al concentrarse en las carencias familiares y comunitarias de los pobres y no en los factores regionales o macroeconómicos que condicionan su vida en el hogar. Por esta razón, hay que tener en mente que si bien esta tipología ofrece indicadores

microeconómicos más cercanos del bienestar familiar y, por ende, de las causas directas de la DM2, no es una lista exhaustiva de las PS experimentadas por un pobre.

Para modelar la dinámica de los FRES se propone una cadena de Markov en la que el espacio estado está conformado por las diez ps. El fundamento de la propuesta reside en la propia naturaleza del problema aquí planteado, esto es, que la distribución de la variable aleatoria  $X$  “exposición a la privación social” evoluciona de tal suerte que su probabilidad de alcanzar un estado futuro  $s_j$  depende enteramente de las condiciones del estado actual  $s_i$  (o, mejor dicho, de las ps de la población en el periodo 2002-2012) y que esa estructura de probabilidades se mantendrá constante porque no se esperan cambios significativos en la situación económica y social del país que alteren las condiciones iniciales de la población carente. Es decir, se considera que las características fundamentales de una cadena de Markov homogénea de primer orden, resumidas en la ecuación [1] y [2], son adecuadas para explicar la influencia de las ps sobre la condición de ser o no diabético en el país:

$$P[X_t = s_j | X_{t-1} = s_i, X_{t-2} = s_{i-1}, \dots] = P[X_t = s_j | X_{t-1} = s_i] \quad [1]$$

$$P[X_t = s_j | X_0 = s_i] = P[X_t = s_j | X_{t-1} = s_i] \quad [2]$$

para cada  $t \in [0, T]$  y para algunos  $i, j \in [1, r]$ .

El espacio muestral de  $X$  está formado por los eventos de la  $i$ -ésima población muestral  $N_i$  que experimenta todas o algunas de las privaciones correspondientes al mismo número de variables agrupadas en las dimensiones sugeridas por la OPHI (Alkire *et al.*, 2015). La suma de los eventos experimentados por esas poblaciones  $N$  es un subconjunto del número total de individuos entrevistados, en las dos encuestas aquí utilizadas y que más adelante comentaremos, en 2002, 2006 y 2012. No se incluye al evento “cero privaciones” porque, de acuerdo con los datos de las encuestas, su conteo es realmente despreciable, ya que sólo tres personas declararon estar sin privaciones en el periodo, lo que arroja una probabilidad de menos de 0.0001 de pasar de una o más privaciones a cero privaciones. Así que aquí nos concentraremos exclusivamente en los eventos en los cuales la población padece alguna ps que, como sostiene CONEVAL (2016), abarca a un poco más del 80% de los mexicanos.

### 3.1. Las cadenas de Markov ocultas como un medio para descubrir la dinámica subyacente de las ps

El procedimiento aquí utilizado para estimar la dinámica de la familia de  $X$  está basado en los HMM, los cuales, como se sabe, requieren que el fenómeno estudiado evolucione como una cadena de Markov homogénea y que su matriz de probabilidades de transición sea regular y ergódica. De otra manera, los resultados de los HMM no tendrían sentido, pues la estimación de sus parámetros supone, de entrada, dos mecanismos probabilísticos. El primero es la existencia de una inobservada cadena de Markov homogénea  $\{C_t\}$ , en la que el vector ergódico  $\delta$  sea tomado como su distribución inicial, y el segundo es la generación de un conjunto de distribuciones de probabilidades, uno para cada estado de  $\{C_t\}$ , que produzca las observaciones de un conjunto finito de  $n$  posibilidades (Mac Donald y Zucchini, 1997). Ambos mecanismos están involucrados en el trabajo al considerar, por un lado, que la dinámica de la “exposición a la privación social” (o ps de ahora en adelante) en México describe, en efecto, una cadena de Markov con propiedades ergódicas, como lo sostiene Kadelbach (2017), y, por otro lado, que las probabilidades de tener cierto número de ps en un estado  $p$  (éxito) o no  $1-p$  (fracaso) se ajustan mejor por una distribución binomial (Lystig y Hughes, 2002).

El proceso resultante de combinar los dos mecanismos arroja una secuencia aleatoria discreta  $\{S_t; t \in T\}$  que, de forma condicional sobre  $C^{(T)} = \{C_t; t = 1, \dots, T\}$ , es mutuamente independiente. En este proceso si  $C_t = i$ , entonces  $S_t$  toma el valor  $s$  con probabilidad  ${}_t\pi_{si}$ , dependiendo de la distribución condicional sobre  $S_t$ . Como en nuestro caso la distribución condicional es una binomial, las probabilidades estado-dependientes  ${}_t\pi_{si}$  toman la siguiente estructura formal:

$$P(S_t = s / C_t = i) = {}_t\pi_{si} = \binom{n_t}{s} (p_i)^s (1 - p_i)^{n_t - s} \quad [3]$$

Una vez establecida la ecuación [3], lo que sigue es estimar los parámetros de HMM o, más preciso, la matriz  $\Pi$  de probabilidades estado-dependientes  ${}_t\pi_{si}$  y los momentos de la distribución binomial asociados a los estados. Como en nuestro ejercicio existen  $j = 1, 2, \dots, n$  estados no observables que determinan la distribución de probabilidad del vector  $X_n$ , bajo algún vector de parámetros  $\theta$ , los métodos usados para estimar

los parámetros de HMM deben incluir una función de log-verosimilitud del tipo:

$$l = \sum_{t=1}^T \ln(P[\mathbf{X}_t, S_t | \theta, \mathbf{X}_{1:t-1}]) \quad [4]$$

con  $S_t \in \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$  (Lystig y Hughes, 2002).

Esta función adopta algunas variantes de acuerdo con el método de cómputo subyacente. En el caso del algoritmo aquí utilizado, llamado *expectation maximization* (EM), la función se redefine como:

$$Q(\theta, \theta_0) = E_{\theta_0} \left[ \sum_{t=1}^T \ln(P[\mathbf{X}_t, S_t, \theta | \theta_0, \mathbf{X}_{1:t-1}]) \right] \quad [5]$$

donde  $Q(\theta, \theta_0)$  es el valor esperado condicional y  $\theta_0$  es un conjunto de parámetros iniciales.<sup>2</sup>

En la primera etapa del algoritmo EM, llamada etapa E, se fija, primero, un conjunto de valores  $\theta_i$  y luego se calcula [5] para  $\theta_0 = \theta_i$ ; en la segunda y última etapa, M, se estima el valor esperado para el cual [5] posee el mayor valor de  $\theta_0$ . Aquí seguiremos la recomendación sugerida por Mac Donald y Zucchini (1997) de iniciar el cómputo de [5] con  $\theta_i = 0.5$  cuando se usa una binomial como distribución condicional.

La ventaja de utilizar los HMM para descubrir la estructura original de los datos de las PS es que los estados y las probabilidades de transición se determinan y no se presuponen, como en el caso de las cadenas de Markov directas, con arreglo a un proceso  $S_t$ , en el que la media de los valores no es, necesariamente, igual a su varianza. De este modo, los HMM dan un sentido más realista al cómputo de los parámetros pues, adicional a la correlación serial, incorporan la sobre dispersión existente en dichas probabilidades, ignorada por las cadenas homogéneas. Con matrices donde las entradas ocurren con diferente media y varianza es posible, además, simular con mayor fidelidad los efectos diferenciales de algunos factores de riesgo de la DM2 sobre las probabilidades estado-dependientes en cada estado, entre otras cosas.

---

<sup>2</sup> Los valores iniciales de las probabilidades usadas en el procedimiento son  $1/n$ , donde  $n$  es el número de estados supuestos.

### 3.2. Fuentes y clasificación de datos

Los datos utilizados en este trabajo provienen de dos fuentes: la *Encuesta Nacional sobre Niveles de Vida de los Hogares* [ENNVIH] (UIA, CIDE y Duke University, 2016) y la *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición* [ENSANUT] (INSP, 2006, 2012). La primera es una encuesta longitudinal que abarca tres periodos en diez años de muestreo replicado a una misma población objetivo de 35 000 individuos, 8 400 hogares, 16 entidades y 150 comunidades. La línea base de la ENNVIH es 2002 con dos rondas sucesivas de entrevistas en 2005-2006 y 2009-2012, respectivamente. La segunda es una encuesta diseñada por el Instituto Nacional de Salud Pública y la Secretaría de Salud para conocer las condiciones de salud y nutricionales de diversos grupos con rezago social. La cobertura de la ENSANUT, denominada *Encuesta Nacional de Salud* (ENSA) en el 2000 (INSP, 2000), incluye 50 528 hogares en los que se aplican 96 031 cuestionarios individuales para distintos grupos de edades en las zonas rurales y urbanas durante 2000, 2006 y 2012.

Debido a que ninguna de las dos encuestas ofrece la información conjunta sobre la DM2 y las PS por sí solas, procedimos a combinar su información con base en los siguientes criterios: 1) tomamos los años comunes de levantamiento de la ENNVIH (2005-2006 y 2009-2012) y la ENSANUT (2006 y 2012) considerando a la encuesta sobre niveles de vida de los hogares como la base de datos para las PS y a la encuesta de salud como la fuente de información de los diabéticos; 2) realizamos el apareamiento de ambas encuestas bajo el supuesto de que cada diabético de la ENSANUT tiene asociadas algunas de las diez PS de la ENNVIH marcadas por las localidades comunes a ambas encuestas; 3) dividimos a la población entre diabéticos y no diabéticos por zonas urbanas y rurales de acuerdo con el número de individuos que resultan de la intersección de ambas encuestas. Como esta intersección es igual al subconjunto menor de los dos universos, resulta que el tamaño final de la muestra aquí considerada asciende al número promedio de las personas entrevistadas en la ENNVIH durante el periodo 2009-2012 (24 222). Este número incluye la tasa de recontacto de las personas entrevistadas en los dos periodos sucesivos a 2002 (la línea base), equivalente al 90% de su periodo precedente y, por tanto, representa a la población objetivo realmente expuesta a las PS en todo el periodo, y 4) ya obtenida la po-

Cuadro 1. Número de observaciones por año, localidad y estado de la cadena, 2002-2012

Año	Estado	Observaciones						Total
		Diabetes			No diabetes			
		Rural	Urbano	Total	Rural	Urbano	Total	
2002	1	105	281	386	1 736	2 681	4 417	4 803
	2	212	820	1 032	2 540	9 262	11 802	12 834
	3	67	462	529	1 108	4 948	6 056	6 585
2006	1	131	664	795	2 157	6 937	9 094	9 889
	2	130	384	514	1 808	4 069	5 877	6 391
	3	72	566	638	1 181	6 123	7 304	7 942
2012	1	116	375	491	1 389	4 226	5 615	6 106
	2	164	560	724	2 699	5 583	8 282	9 006
	3	157	575	732	1 872	6 506	8 378	9 110

Fuente: elaboración propia.

blación objetivo asumimos que los datos de diabéticos de la ENSA del 2000 experimentaron las mismas ps de las personas entrevistadas por la ENNVIH de 2002 en las localidades comunes a ambas encuestas. De esta manera, obtuvimos información en tres puntos en el tiempo (2002, 2006 y 2012) sobre las ps que experimentan los diabéticos en México. La distribución final de la muestra por periodos, zonas de residencia y estados de la cadena aparece resumida en el cuadro 1.

Los estados, más adelante comentados, se construyeron con arreglo a la siguiente clasificación: individuos con una privación (estado 1); individuos con dos y tres privaciones (estado 2), e individuos con más de tres privaciones (estado tres). Cada estado es un *proxy* de las categorías propuestas por CONEVAL (2016) para diferenciar los grados de pobreza, esto es, los estados 1, 2 y 3 representan la población carente, los pobres moderados y los pobres extremos, respectivamente.

## 4. LOS RESULTADOS

El ejercicio estadístico desarrollado con base en el cuadro 1 incluye, sucesivamente, el cálculo del tamaño óptimo de estados, el análisis estático multivariado de las ps por estado de la cadena, el cómputo de los parámetros del HMM y los efectos marginales de las ps sobre las probabilidades estacionarias.

### 4.1. Número óptimo de estados

Sobre el primer aspecto, los cuadros 2A y 2B muestran que el tamaño óptimo de las matrices  $\Pi$  es de  $3 \times 3$  cuando se utiliza una binomial como distribución condicional en poblaciones con y sin DM2, respectivamente. En ambos casos, los valores de los dos criterios de información desplegados en los citados cuadros —criterio de información de Akaike (AIC, *Akaike Information Criterion*) y criterio de información bayesiano

**Cuadro 2A. Número óptimo de estados para la población con DM2**

Distribución de probabilidad	Número de estados	Log verosimilitud	AIC	BIC
Binomial	2	-52 237.5	121 762.8	131 840.1
	3	-59 219.4	118 088.2	124 795.2
	4	-58 818.1	120 817.5	128 157.5

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 2B. Número óptimo de estados para la población sin DM2**

Distribución de probabilidad	Número de estados	Log verosimilitud	AIC	BIC
Binomial	2	-48 228.3	112 417.5	121 721.4
	3	-54 965.5	101 166.2	106 912.0
	4	-50 733.3	112 904.0	119 763.2

Fuente: elaboración propia.

(BIC, *Bayesian Information Criterion*)— resultan menores con tres estados. Este resultado confirma la conclusión alcanzada por Kadelbach (2017) de que un número mayor o menor debilita el patrón de las ps como una cadena de Markov, por lo que una matriz con tres estados es adecuada para modelar la dinámica de las ps en México durante el periodo considerado.

## 4.2. Análisis estático multivariado de las ps por estado de la cadena

Para tener una idea general de la importancia de dividir a la muestra por estados de la cadena, desarrollamos un análisis multivariado de varianza (MANOVA, *Multivariate Analysis of Variance*) de las ps por tipo de localidad y condición de padecimiento de la DM2. El cuadro 3 presenta los resultados del MANOVA para cada uno de los estados, en los que se asigna un código “1” a los diabéticos y un código “0” a los no diabéticos; de tal suerte que si se presenta un valor  $p < 0.05$  y un estadístico positivo (negativo) se puede asegurar, entonces, que existe una diferencia de medias a favor del individuo con DM2 (sin DM2) en determinada ps. En caso contrario, esto es, si  $p > 0.05$ , se considera simplemente que no hay diferencia de medias (o de efecto tratamiento) y que las dos poblaciones (diabéticos y no diabéticos) son igualmente afectadas por la privación respectiva.

Los datos muestran que hay una abrumadora diferencia de medias para los individuos en cada una de las diez ps, pues de un total de sesenta valores  $p$  sólo seis resultan mayores a 0.05. Es decir, los diabéticos y no diabéticos experimentan diferencialmente las ps. En particular, destaca el hecho de que mientras los individuos rurales y urbanos sin DM2 padecen una diferencia de privaciones mayor que los diabéticos en el estado 1, lo opuesto sucede cuando se consideran los estados 2 y 3. En estos dos últimos estados hay una tendencia general a que exista una diferencia de privaciones mayor en los diabéticos que en los no diabéticos, sobre todo cuando pasamos al estado 3. En el estado 2 los habitantes rurales rompen la tendencia, pues en ese caso se observa que en seis de las diez privaciones, cuyo estadístico resulta significativo, los individuos sin DM2 presentan una diferencia de medias mayor que la de su contraparte.

Las diferencias no son, sin embargo, iguales por tipo de privación social ni por estado de la cadena. La construcción de los intervalos si-



Cuadro 3. Análisis multivariado de varianza para poblaciones de diabéticos y no diabéticos por estado de la cadena, privación social y tipo de localidad

Dimensión	Estado 1			
	Rural		Urbano	
	Estadístico	valor <i>p</i>	Estadístico	valor <i>p</i>
Años de escolaridad	-0.0207	0.0000	-0.0611	0.0000
Asistencia escolar infantil	-0.0187	0.0710	-0.0481	0.0060
Mortalidad infantil	-0.0193	0.0000	-0.0585	0.0000
Nutrición	-0.0407	0.0000	-0.0674	0.0000
Electricidad	-0.0192	0.0000	-0.0557	0.0000
Mejoras en sanidad	-0.0206	0.0000	-0.0630	0.0000
Agua potable segura	-0.0187	0.0630	-0.0650	0.0000
Pavimentación	-0.0199	0.0000	-0.0677	0.0000
Combustible para cocina	-0.0341	0.0000	-0.0706	0.0000
Propiedad de activos	-0.0525	0.0950	-0.0288	0.0000
	Estado 2			
Años de escolaridad	0.0248	0.0000	0.1686	0.0000
Asistencia escolar infantil	-0.0502	0.0300	0.0729	0.0000
Mortalidad infantil	-0.0044	0.5150	0.0338	0.0000
Nutrición	0.0273	0.0000	0.0528	0.0000
Electricidad	-0.0515	0.0000	0.0257	0.0020
Mejoras en sanidad	-0.0294	0.0000	0.0429	0.0000
Agua potable segura	-0.0391	0.0160	0.0888	0.0000
Pavimentación	-0.0401	0.0000	0.0097	0.0300
Combustible para cocina	-0.0080	0.0010	0.0351	0.0000
Propiedad de activos	0.0299	0.0000	0.0400	0.0000
	Estado 3			
Años de escolaridad	0.0606	0.0000	0.0296	0.0000
Asistencia escolar infantil	0.0107	0.2430	0.0210	0.0000
Mortalidad infantil	0.0198	0.0000	0.0101	0.0000
Nutrición	0.0168	0.0000	0.0110	0.0000
Electricidad	0.0341	0.0000	0.0433	0.0000
Mejoras en sanidad	0.0291	0.0000	0.0171	0.4500
Agua potable segura	0.0361	0.0000	0.0111	0.0000
Pavimentación	0.0299	0.0000	0.0443	0.0000
Combustible para cocina	0.0254	0.0000	0.0320	0.0000
Propiedad de activos	0.0151	0.0000	0.0044	0.0000

Fuente: elaboración propia.

multáneos de Bonferroni, para cada uno de los estadísticos del cuadro 4, en los que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, revela que las mayores diferencias se dan en nutrición y activos en los estados 2 y 3. Esas diferencias crecen, por ejemplo, en el caso de activos en el sector urbano, de un rango de 58.82-61.65 por ciento en el estado 1 a 95.62-97.09 por ciento en el estado 3. Pero también cobran importancia otras ps que no son significativamente diferentes en el estado 1, por ejemplo, combustible para cocina o años de escolaridad. Es decir, cuando se pasa de un estado a otro se incrementa también el tamaño de las diferencias de medias entre los diabéticos y no diabéticos. Las diferencias mayores se dan en el estado 3, donde los diabéticos rurales son el grupo que registra mayor número de privaciones con diferencias más grandes que su contraparte (rurales sin diabetes).

Para ver cómo estos resultados se alteran con la introducción de algunos factores de riesgo clínicos corremos un modelo logit multinomial en el que aparecen como variable dependiente las carencias principales por cada estado de la cadena y como independientes tabaco, alcohol y sobrepeso u obesidad. Así, al relacionar tabaco, alcohol y sobrepeso u obesidad contra activos o contra activos y nutrición procuramos cuantificar la contribución marginal de esos factores clínicos en las ps de los diabéticos representadas por activos (estado 1) y activos y nutrición (estado 2). Para el cálculo de los parámetros del modelo se utiliza la librería del paquete R localizable en: <<https://cran.r-project.org/package=mnlogit>>.

Los resultados principales del cuadro 5 muestran que, cuando se toman de forma individual, los factores clínicos contribuyen poco a explicar la condición de los diabéticos con determinadas carencias. De hecho, con excepción del consumo de tabaco en los individuos que padecen de las ps predominantes en los estados 1 y 2, los coeficientes de los otros dos factores clínicos resultan estadísticamente insignificantes (sobrepeso u obesidad cuando hay todo tipo de ps) o con el signo contrario al esperado (consumo de alcohol en individuos con privaciones en activos y en activos y nutrición). En concreto, hay una probabilidad marginal positiva (negativa) de padecer DM2 en los habitantes urbanos y rurales que consumen tabaco (o alcohol) cuando experimentan carencias en activos y en activos y nutrición, pero muy pequeña.

**Cuadro 4. Intervalos simultáneos de Bonferroni por tipo de privación social y localidad para poblaciones con y sin DM2 (porcentajes)**

Dimensión	Estado 1	
	Rural	Urbano
	Intervalos de confianza: 95%	
Años de escolaridad	(-0.016, 0.49)	(0.40, 0.86)
Asistencia escolar infantil	(0.00, 0.09)	(0.00, 0.17)
Mortalidad infantil	(0.02, 0.29)	(0.21, 0.57)
Nutrición	(21.55, 28.45)	(3.46, 4.6)
Electricidad	(0.00, 0.1)	(0.01, 0.2)
Mejoras en sanidad	(0.52, 2.44)	(1.04, 1.71)
Agua potable segura	(0.00, 0.01)	(-0.02, 0.06)
Pavimentación	(0.00, 0.01)	(-0.02, 0.1)
Combustible para cocina	(0.20, 1.77)	(0.11, 0.41)
Propiedad de activos	(49.97, 57.92)	(58.82, 61.65)
	Estado 2	
Años de escolaridad	(14.47, 18.06)	(27.08, 31.01)
Asistencia escolar infantil	(0.06, 0.73)	(0.59, 1.45)
Mortalidad infantil	(2.23, 3.91)	(4.28, 6.21)
Nutrición	(79.95, 83.7)	(45.68, 50)
Electricidad	(0.07, 0.16)	(0.66, 1.57)
Mejoras en sanidad	(7.48, 10.22)	(18.99, 22.49)
Agua potable segura	(-0.05, 0.29)	(1.43, 2.65)
Pavimentación	(0.94, 2.13)	(2.19, 3.64)
Combustible para cocina	(40.08, 44.88)	(14.21, 17.36)
Propiedad de activos	(92.36, 94.75)	(96.74, 98.11)
	Estado 3	
Años de escolaridad	(50.72, 59.94)	(40.07, 53.71)
Asistencia escolar infantil	(0.02, 1.76)	(0.30, 4.48)
Mortalidad infantil	(5.48, 10.52)	(6.33, 14.72)
Nutrición	(93.91, 97.64)	(71.28, 82.78)
Electricidad	(7.41, 13.03)	(5.16, 13.02)
Mejoras en sanidad	(42.7, 51.96)	(48.22, 61.82)
Agua potable segura	(0.70, 3.3)	(0.30, 4.48)
Pavimentación	(15.26, 22.52)	(27.04, 39.94)
Combustible para cocina	(89.74, 94.71)	(75.48, 86.24)
Propiedad de activos	(91.25, 92.65)	(95.62, 97.09)

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. Resultados del modelo logit multinomial por tipo de riesgo clínico y localidad en individuos con DM2

Rural						
Variablen	Coeficiente	Error estándar	Valor (z)	P >[z]	[90% intervalo de confianza]	
Activos						
Alcohol	-0.5	0.1	-4.81	0	-0.7	-0.29
Tabaco	0.4	0.11	3.77	0	0.19	0.6
Sobrepeso u obesidad	0	0.07	-0.06	0.95	-0.15	0.14
Los tres factores de riesgo	0.09	0.09	1	0.32	-0.09	0.27
Activos y nutrición						
Alcohol	-0.49	0.1	-4.78	0	-0.7	-0.29
Tabaco	0.39	0.11	3.7	0	0.18	0.6
Sobrepeso u obesidad	0	0.07	-0.05	0.96	-0.15	0.14
Los tres factores de riesgo	0.09	0.09	0.98	0.33	-0.09	0.27
Activos, nutrición, combustible, rezago educativo						
Alcohol	-0.34	0.26	-1.32	0.19	-0.85	0.17
Tabaco	0.38	0.31	1.2	0.23	-0.24	0.99
Sobrepeso u obesidad	-0.32	0.2	-1.6	0.11	-0.7	0.07
Los tres factores de riesgo	-0.07	0.26	-0.28	0.78	-0.58	0.44
Urbano						
Activos						
Alcohol	-0.58	0.08	-7.18	0	-0.74	-0.42
Tabaco	0.37	0.08	4.36	0	0.2	0.53
Sobrepeso u obesidad	0.07	0.06	1.25	0.21	-0.04	0.18
Los tres factores de riesgo	-0.09	0.07	-1.33	0.18	-0.22	0.04
Activos y nutrición						
Alcohol	-0.58	0.08	-7.18	0	-0.74	-0.42
Tabaco	0.37	0.08	4.37	0	0.2	0.53
Sobrepeso u obesidad	0.07	0.06	1.25	0.21	-0.04	0.18
Los tres factores de riesgo	-0.09	0.07	-1.33	0.18	-0.22	0.04
Activos, nutrición, combustible, rezago educativo						
Alcohol	-0.3	0.31	-0.97	0.33	-0.91	0.31
Tabaco	-0.21	0.33	-0.63	0.53	0.85	0.44
Sobrepeso u obesidad	0.17	0.26	0.64	0.53	-0.34	0.67
Los tres factores de riesgo	0.02	0.33	0.05	0.96	-0.62	0.66

Nota: si P es menor a 0.05 o z es mayor en valor absoluto a 1.96, la variable es significativa.  
Fuente: elaboración propia.

Al considerar los tres factores clínicos en conjunto las cosas no mejoran en nada porque, ahora, ningún coeficiente resulta estadísticamente significativo por tipo de ps y localidad. Este resultado es, en principio, contra intuitivo debido a que las conclusiones de los principales estudios reseñados en la sección 2 apuntan a una abrumadora evidencia en favor del peso de esos factores clínicos en el desarrollo de la DM2. Pero si analizamos con detalle algunas particularidades de los datos de las encuestas, veremos que este resultado es explicable. Para empezar, hay un problema de subregistro en los pacientes entrevistados por la ENSANUT que sesga los cálculos del modelo multilogit. De acuerdo con Villalpando *et al.*, (2010) este asunto no es nuevo, ya que desde 2006 se encontró que por cada caso diagnosticado en el país hay otro sin diagnosticar. Asimismo, es probable que la ENSANUT no sea capaz de captar, por sí sola, las relaciones entre ambos tipos de factores, no sólo porque no es una encuesta especializada en DM2, sino, también, porque es altamente factible que los entrevistados hayan dejado de ingerir bebidas alcohólicas o perdido peso a consecuencia de la enfermedad, y eso provoca que las relaciones estadísticas entre los factores sean espurias.

### **4.3. La dinámica de las ps en los diabéticos: computo de los parámetros de HMM**

¿Cómo evolucionará la estructura de las probabilidades de la ps de las personas que padecen DM2? La respuesta inicia con la presentación de los cuadros 6A y 6B, en los que se muestran las estimaciones de  ${}_t\pi_{si}$  para cada una de las matrices  $\Pi$  correspondientes a diabéticos y no diabéticos. En ellos se puede observar que, aun cuando los dos tipos de poblaciones tienen mayores probabilidades de permanecer en un mismo estado que de migrar a otro, los individuos que padecen DM2 presentan valores más altos en las entradas de las matrices, ya sea en la diagonal o arriba de ella, de los estados con más privaciones. Por el contrario, los individuos sin DM2 registran menores probabilidades de migrar a estados más depauperados y con mayores probabilidades de regresar al estado 1, como ya se advierte en el cuadro 3.

El balance general de estas diferencias se expresa en las probabilidades estacionarias que aparecen al calce de ambos cuadros. De acuerdo con los valores del vector estacionario  $\delta$ , mientras el 80.6% de pacientes sin

Cuadro 6A. Matrices de probabilidades estado-dependientes para la población sin DM2

Estados	$\pi_{i1}$	$\pi_{i2}$	$\pi_{i3}$	Media	Varianza
1	0.5812	0.3124	0.1065	1.738	1.635
2	0.1145	0.7834	0.1022	3.379	2.352
3	0.0729	0.2139	0.7131	5.630	2.801
Vector estacionario					
	0.194	0.5412	0.2648		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 6B. Matrices de probabilidades estado-dependientes para la población con DM2

Estados	$\pi_{i1}$	$\pi_{i2}$	$\pi_{i3}$	Media	Varianza
1	0.5521	0.1226	0.3253	1.715	1.387
2	0.0205	0.8103	0.1692	3.059	2.017
3	0.0125	0.2222	0.7653	5.043	2.538
Vector estacionario					
	0.0364	0.5305	0.4331		

Fuente: elaboración propia.

DM2 experimentará en el futuro más de una privación, el porcentaje para la población con DM2 que migrará a los estados 2 y 3 será de 96.4%. Como consecuencia, las personas sin DM2 tendrán en el largo plazo cinco veces más probabilidades (19.4%) de permanecer en el estado 1 que los diabéticos (3.6%). El largo plazo, en este caso, coincide con la primera vez que la cadena alcanza los valores estacionarios y que en el caso de México es de 32 iteraciones o años (Kadelbach, 2017).

Es importante notar que las diferencias en las probabilidades estacionarias obedecen, en buena medida, a las diferencias de medias asociadas a cada estado. Y como podemos ver en la penúltima columna de los citados cuadros, la media para los estados 2 y 3 es mucho mayor que la del estado 1, lo que explica que el proceso  $S_t$  converja con mayor fuerza en los dos últimos estados. Por el mismo razonamiento podemos decir

que con coeficientes de variación iguales en el estado 3 el valor de  $\delta_3$  es mayor en el cuadro 6B que en el 6A, dado que en aquella son más grandes las entradas de la matriz en  $\pi_{i3}$ .

Cuando dividimos la muestra por localidades urbanas y rurales podemos observar otros aspectos de la dinámica de las ps que no aparecen en los datos agregados. Para empezar, queda claro en los cuadros 7A y 7D que la población diabética es la que tiene la mayor probabilidad de transitar a estados con más número de ps en localidades rurales o urbanas.

La diferencia es aún mayor si se consideran las submuestras urbanas, pues ahí la probabilidad estacionaria de permanecer en el estado 1 es casi dos veces para la población sin DM2 (50.9%) que para la que padece la enfermedad (27.6%). En las submuestras rurales esta diferencia es más estrecha: 46.6% contra 38.1%. Así que, al mezclar ambos resultados, se puede concluir que de mantenerse las condiciones económicas y sociales del periodo de estudio (2002-2012), los diabéticos tendrán mayor probabilidad de experimentar un número creciente de ps en el futuro inmediato.

En particular, la situación parece más complicada para los diabéticos rurales porque, aun cuando tienen una mayor probabilidad estacionaria de permanecer en el estado 1 que sus contrapartes urbanas (38.1% *versus* 27.6%), registran el doble de probabilidad que los diabéticos urbanos de transitar al estado 3 (22.1% *versus* 11.4%). La razón reside en que las matrices  $\Pi$  extraídas de los datos reales revelan probabilidades más altas en la columna  $\pi_{i3}$  del cuadro 7A que en la de 7D y eso no significa otra cosa más que menor bienestar para los diabéticos rurales. De hecho, una parte de esta población es una de las más expuestas a experimentar progresivamente mayores ps, pues, con excepción de los individuos urbanos libres de DM2, no hay ningún otro valor ergódico mayor para el estado 3 que la de los diabéticos del sector rural.

#### **4.4. Los efectos marginales de las ps sobre las probabilidades estado-dependientes**

Un aspecto relevante de la dinámica de la cadena es el impacto marginal de las ps sobre las probabilidades estado-dependientes. Y es que el conocimiento de ese impacto nos ayuda a entender mejor cuál es la privación social que mayor influencia tiene sobre las probabilidades de

**Cuadro 7. Probabilidades estado-dependientes y estacionarias por localidad**

A. Rurales con DM2				B. Rurales sin DM2			
Probabilidades estado-dependientes (%)				Probabilidades estado-dependientes (%)			
	Estados				Estados		
	1	2	3		1	2	3
1	88.30	9.40	2.30	1	92.40	5.50	2.10
2	4.50	81.30	14.20	2	4.90	89.80	5.30
3	12.00	17.50	70.50	3	13.50	16.20	70.30
Probabilidades estacionarias (%)				Probabilidades estacionarias (%)			
	1	2	3		1	2	3
	38.10	39.80	22.10		46.60	42.50	10.90
C. Urbanos sin DM2				D. Urbanos con DM2			
Probabilidades estado-dependientes (%)				Probabilidades estado-dependientes (%)			
	Estados				Estados		
	1	2	3		1	2	3
1	87.50	9.80	2.60	1	76.70	15.60	7.70
2	11.20	73.60	15.10	2	6.50	89.80	3.70
3	16.10	19.80	64.10	3	21.50	16.70	61.80
Probabilidades estacionarias (%)				Probabilidades estacionarias (%)			
	1	2	3		1	2	3
	50.90	31.90	17.20		27.60	61.00	11.40

Fuente: elaboración propia.

permanecer o migrar en cada estado de la cadena. Los cuadros 8A y 8B presentan los resultados de un modelo logit multinomial en el que las  $\pi_{si}$  aparecen como variables dependientes y las ps como independientes para las poblaciones de diabéticos y no diabéticos. Como en el caso del cuadro 5, los valores de los cuadros 8A y 8B se calculan usando la librería del paquete R localizable en: <<https://cran.r-project.org/package=mnlogit>>.



**Cuadro 8A. Efectos marginales de las ps en las probabilidades estado-dependientes de los individuos con DM2**

Privación	$\pi_{11}$	$\pi_{12}$	$\pi_{13}$	$\pi_{21}$
Años de escolaridad	-0.0676	0.0004	0.0714	-0.0557
	(-7.96)***	(0.04)	(22.35)***	(-2.62)***
Asistencia escolar infantil	-0.03338	0.0002	0.0353	-0.0279
	(-11.36)***	(-0.06)	(-15.97)***	(-3.74)***
Mortalidad infantil	-0.0950	-0.0970	-0.0511	-0.0190
	(-7.98)***	(13.39)***	(7.01)***	(-1.51)
Nutrición	-0.0150	0.0282	0.0886	-0.0442
	(-6.42)***	(8.01)**	(46.63)**	(-5.91)**
Electricidad	-0.0264	0.0260	0.0186	-0.0071
	(-0.88)	(1.22)	(2.51)**	(-0.31)
Mejoras en sanidad	-0.0062	-0.0043	0.0328	-0.0322
	(-1.31)	(-0.08)	(4.98)***	(-2.89)***
Agua potable segura	-0.0217	0.0133	0.0195	-0.0435
	(-2.79)***	(0.72)	(1.38)	(-1.25)
Pavimentación	-0.0210	0.0042	0.0220	-0.0253
	(-4.79)***	(0.62)	(8.29)***	(-2.78)***
Combustible para cocina	-0.0132	0.0150	0.0209	-0.0148
	(-2.06)***	(3.55)***	(8.83)***	(-1.06)
Propiedad de activos	-0.0243	0.0113	0.0093	-0.0616
	(-7.31)***	(2.28)***	(2.46)***	(-6.34)***

Nota: estadístico t entre paréntesis.

\*\* Nivel de significancia de 5%. \*\*\* Nivel de significancia de 1%.

Fuente: elaboración propia.

	$\pi_{22}$	$\pi_{23}$	$\pi_{31}$	$\pi_{32}$	$\pi_{33}$
	0.0424	0.0084	-0.0449	-0.1027	0.0424
	(6.55)***	(-10.82)***	(3.93)***	(33.62)***	(2.66)***
	0.0225	0.0415	-0.0227	-0.0518	0.0202
	(-3.74)***	(-13.53)***	(7.49)***	(13.72)***	(1.97)**
	-0.0851	0.0667	-0.0867	-0.1009	0.1057
	(16.65)***	(-12.01)***	(12.49)***	(23.2)***	(8.42)***
	0.1229	0.1622	-0.1252	-0.0865	0.0063
	(26.39)**	(-34.74)**	(26.39)**	(27.62)**	(0.58)
	0.0129	0.0454	-0.0133	-0.0200	-0.0127
	(0.67)	(-1.25)	(1.18)	(0.74)	(-0.38)
	0.0288	0.0451	-0.0285	-0.0213	0.0292
	(3.97)***	(-5.73)***	(5.95)***	(3.43)***	(-3.44)***
	0.0322	0.0772	-0.0326	-0.0134	0.0496
	(3.53)***	(-6.36)***	(3.53)***	(1.83)	(3.07)***
	0.0239	0.0166	-0.0230	-0.0271	0.0140
	(3.73)***	(-3.14)***	(2.98)***	(3.97)***	(0.90)
	0.0195	0.0107	-0.0204	-0.0205	-0.0011
	(4.87)***	(-2.42)***	(5.68)***	(6.77)***	(-0.88)
	0.0021	0.0349	-0.0190	-0.0453	0.0430
	(0.41)	(-2.97)***	(-0.25)	(14.04)***	(2.51)**

**Cuadro 8B. Efectos marginales de las ps en las probabilidades estado-dependientes de los individuos sin DM2**

Privación	$\pi_{11}$	$\pi_{12}$	$\pi_{13}$	$\pi_{21}$
Años de escolaridad	-0.0643	0.0004	0.0651	-0.0483
	(-26.52)***	(0.08)	(33.53)***	(-4.58)***
Asistencia escolar infantil	-0.0318	0.0002	0.0318	-0.0252
	(-15.15)***	(0.07)	(-15.97)***	(-2.81)***
Mortalidad infantil	-0.0836	0.0871	0.0441	-0.0164
	(-23.93)***	(18.75)***	(16.32)***	(-1.89)
Nutrición	-0.0132	0.0243	0.0797	-0.0404
	(-8.56)***	(14.41)***	(77.72)***	(-5.91)***
Electricidad	-0.0234	0.0231	0.0168	-0.0064
	(2.34)***	(1.71)	(1.87)	(-0.27)
Mejoras en sanidad	-0.0056	-0.0039	0.0297	-0.0283
	(-1.31)	(-0.11)	(8.31)***	(-3.37)***
Agua potable segura	-0.0198	0.0121	0.0168	-0.0375
	(-3.59)***	(1.45)	(3.69)***	(-1.88)
Pavimentación	-0.0186	0.0038	0.0198	-0.0220
	(-4.79)***	(0.72)	(7.26)***	(-3.12)***
Combustible para cocina	-0.0124	0.0134	0.0180	-0.0138
	(-4.12)***	(4.01)***	(6.62)***	(-2.12)***
Propiedad de activos	-0.0209	0.0097	0.0084	-0.0547
	(-7.31)***	(3.26)***	(4.91)***	(-8.46)***

Nota: estadístico *t* entre paréntesis.  
 \*\* Nivel de significancia de 5%. \*\*\* Nivel de significancia de 1%.  
 Fuente: elaboración propia.

	$\pi_{22}$	$\pi_{23}$	$\pi_{31}$	$\pi_{32}$	$\pi_{33}$
	0.0408	0.0073	-0.0408	-0.0929	0.0377
	(13.1)***	(-18.94)***	(10.48)**	(29.82)***	(3.19)***
	0.0193	0.0361	-0.0200	-0.0460	0.0178
	(6.55)***	(-9.67)***	(8.42)***	(34.31)***	(2.28)**
	0.0769	0.0604	-0.0802	-0.0931	0.0941
	(20.81)***	(-13.51)***	(18.73)***	(26.1)***	(9.48)***
	0.1135	0.1462	-0.1076	-0.0792	0.0054
	(36.94)***	(-52.11)***	(52.77)***	(32.23)***	(-0.73)
	0.0116	0.0418	-0.0113	-0.0180	0.0110
	(0.84)	(-2.91)**	-1.34	(2.45)**	(-0.68)
	0.0255	0.0404	-0.0263	-0.0189	0.0264
	(6.94)***	(-8.02)***	(6.94)***	(4.29)***	(-3.93)***
	0.0288	0.0706	-0.0288	-0.0127	0.0436
	(4.12)***	(-9.09)***	(4.12)***	(2.35)**	(3.07)***
	0.0221	0.0147	-0.0212	-0.0255	0.0132
	(5.97)***	(-3.92)***	(7.46)***	(-7.01)***	(2.03)**
	0.0180	0.0091	-0.0178	-0.0180	-0.0009
	(4.87)***	(-2.73)***	(5.68)***	(5.81)***	(-0.2)
	0.0018	0.0314	-0.0018	-0.0402	0.0378
	(0.82)***	(-5.93)***	(0.66)	(14.04)***	(6.71)***

En ambos cuadros se observa un patrón común: el impacto marginal de las ps sobre las probabilidades que están en la diagonal de  $\Pi$  tienen los signos esperados. Es decir, que  $\pi_{11}$ ,  $\pi_{22}$  y  $\pi_{33}$  reaccionan de la manera prevista a los efectos marginales de las diez ps en los dos tipos de poblaciones. Así, mientras una reducción en las privaciones de escolaridad y mortalidad infantil es determinante para incrementar  $\pi_{11}$ , un aumento de estas dos (con nutrición) eleva la probabilidad de permanecer en estados más depauperados,  $\pi_{22}$  y  $\pi_{33}$ . Como en el caso del MANOVA, a medida que pasamos a estados con mayores ps, la probabilidad de permanecer en ese estado pasa a depender más de otras variables no presentes en los estados con menores privaciones. En el estado 3, por ejemplo, la falta de acceso al agua o de activos contribuye a elevar  $\pi_{33}$  en una proporción más importante que en  $\pi_{22}$ . Los efectos marginales de las ps sobre las probabilidades estado-dependientes que no están en la diagonal tienden a ser positivos (negativos) cuando se migra a un estado más (menos) depauperado. Por ejemplo, los efectos marginales de las ps más importantes (mortalidad infantil, nutrición y escolaridad) sobre las probabilidades estado-dependientes son positivos con  $\pi_{12}$  y  $\pi_{13}$ , pero negativos con  $\pi_{21}$  y  $\pi_{31}$ .

## 5. BALANCE GENERAL

Los datos anteriores permiten asegurar que existe evidencia confiable para apoyar, de forma parcial, la hipótesis del artículo. Y es que, aun cuando no resultan claras las relaciones estadísticas entre los FRES y los factores clínicos, los métodos estáticos y dinámicos aquí empleados avalan el hecho de que los habitantes de las zonas rurales con diabetes tienen una mayor probabilidad, presente y futura, de experimentar más ps que cualquier otro grupo de la muestra. En particular, los resultados respaldan la idea de que las privaciones de los diabéticos tienen un patrón dinámico que las hace diferentes por estado de la cadena y tipo de carencia. Es decir, que mientras las carencias en nutrición y activos son determinantes para los diabéticos de los primeros dos estados observados entre 2002 y 2012, el rezago en educación y la mortalidad infantil son cruciales para determinar las probabilidades futuras de su empobrecimiento. Estas probabilidades resultan cada vez más importantes para los habitantes rurales a medida que se transita a estados más depauperados.

Este cuadro concuerda con los resultados de algunos estudios que muestran, por un lado, que el número de carencias promedio por mexicano (2.9) corresponde al valor ergódico de ps obtenidos en los cuadros 6A y 6B (CONEVAL, 2016) y, por otro lado, que los rezagos en educación, nutrición y activos son carencias comunes a las personas de estratos bajos con DM2, vivas o muertas (Molina, Zúñiga y Díaz, 2014; Medina y López, 2010; Barquera y Tolentino, 2010). No obstante estas coincidencias, queda aún pendiente la pregunta de si las matrices de probabilidades estado-dependientes describen una situación realista. La respuesta más simple es que esas matrices sólo expresan un escenario probable en caso de que las condiciones económicas y distribucionales del ingreso del país no cambien. Y, por los resultados de algunos trabajos, no parece ser un escenario muy distante de la realidad.

Campos y Monroy (2016) afirman, por ejemplo, que el crecimiento económico de México entre 2005 y 2014 no fue pro-pobre, en el sentido que no redujo la pobreza de la población mexicana, sino que, al contrario, profundizó la heterogeneidad económica entre las entidades federativas y favoreció la desigualdad por deciles poblacionales. De acuerdo con sus cálculos, las expansiones del producto interno bruto (PIB) lograron reducir la situación de pobreza de sus habitantes únicamente en tres entidades del país, mientras que en otras once la pobreza registró un aumento sustancial en época de contracciones. Es decir, que con excepción de dos entidades que experimentaron un crecimiento neto pro-pobre, en el resto de la república los cambios en el producto sólo afectaron negativamente el bienestar de los habitantes.

En estas condiciones, en las que sólo dos entidades experimentaron un crecimiento pro-rico, no es lógico esperar, entonces, cambios significativos en las condiciones de bienestar de la población depauperada durante el periodo. De hecho, hay autores que sostienen que, además de observar una mayor divergencia económica entre las entidades del norte y del sur del país, los índices de distribución del ingreso, marginación o de desarrollo humano continuaron siendo alarmantes aun en épocas de relativo crecimiento. Cordera (2017) estima que, en 2014, los cuatro deciles más pobres de la población obtuvieron el 14.1% del ingreso total, mientras que los dos deciles más ricos del país concentraron el 51.1%, con lo que el ingreso de los primeros llegó a representar apenas menos del 20% de los segundos. Esta desigualdad se expresó, a su vez,

en una mayor inequidad en indicadores socialmente muy sensibles, como educación y salud, pues se calcula que entre 1984 y 2014 el decil más rico aumentó su escolaridad media de 9 a 13.8 años, mientras que el decil más pobre casi no registró cambio alguno (de 3 a 3.6 años). Asimismo, en 2008, la mortalidad materna en las entidades de mayor marginación fue cuatro veces superior a la de las entidades de menor marginación con el consecuente incremento en la vulnerabilidad de los huérfanos (Cordera, 2017, pp. 70-71).

Las cifras macroeconómicas detrás de estos indicadores revelan, pues, una economía con un crecimiento secular estancado, con años inclusive por debajo del crecimiento poblacional, y concentrado en algunas zonas urbanas en las que la productividad, los salarios, el empleo formal y los mecanismos de distribución del producto han permitido a menos del 20% de la población mexicana estar exento de las ps (Chiquiar y Ramos-Francia, 2009). En el resto del país, donde vive la mayoría de la población carente, la mitad del empleo lo ofrecen las actividades informales en las que los salarios reales van a la baja desde hace más de 10 años, la productividad total de los factores es más baja que la media nacional y la distribución del producto enfrenta problemas formidables. Así que el escenario descrito por las matrices de las probabilidades estado-dependientes no es para nada descabellado, dado que, a menos que ocurra una transformación radical en los mecanismos distributivos del producto del país, es muy probable que las personas rurales que en la actualidad padecen DM2 empobrecerán más que ningún otro grupo del país en el futuro inmediato.

El problema con dicho escenario es que es muy agregado y eso impide llegar a conclusiones más refinadas sobre el impacto de los FRES en el desarrollo de la DM2. Por eso es que resulta importante complementar nuestro análisis estadístico con otros estudios que incluyan variables claves como sexo, edad, estructura parental, hábitos alimenticios de padres e hijos, ingreso y ocupación de los miembros de las familias de los diabéticos. Ninguna mención a estas variables aleja a los estudios de la discusión internacional y deja un hueco considerable en cualquier análisis estadístico de la DM2, sobre todo porque son determinantes para el caso de México, en donde existe una prevalencia de la enfermedad muy alta. Como se sabe, en países con altas tasas de prevalencia la aparición de la DM2 ocurre en etapas más tempranas y eso hace que se potencien

las consecuencias negativas para los diabéticos por su mayor tiempo de exposición a la enfermedad. En estos casos se vuelve importante, por ejemplo, un estudio por sexo y edad para identificar al grupo etario de enfermos que está más propenso a padecer las ps, con lo cual los pronósticos de los vectores ergódicos se volverían más realistas.<sup>3</sup>

Otros dos puntos que están más allá del objetivo de este trabajo y que bien podrían formar parte de una agenda futura de investigación son el vínculo de la DM2 con la HTA y la profundización de las conexiones entre los FRES y las causas directas de la DM2, mediante el uso de encuestas especializadas. Sobre el primer punto, hay que destacar que debido a la estrecha relación bidireccional mantenida con la HTA, la DM2 se ha convertido en una de las causas principales de enfermedad y muerte prematura en el mundo (López-Jaramillo *et al.*, 2014). El incremento en el riesgo de accidentes cardiovasculares de los diabéticos, como el daño micro-vascular, las enfermedades isquémicas del corazón y el infarto, constituye en sí un serio problema epidemiológico para cualquier sistema de salud del mundo que no puede soslayar ningún estudio sobre la DM2 (Bloomgarden, 2011). En México, este es un aspecto de máxima importancia por las cargas económicas asociadas con el tratamiento de enfermedades cardíacas de los diabéticos, lo cual merece, por tanto, un trato por separado.

El segundo y último punto es también de particular relevancia debido a que no es posible analizar las relaciones finas entre los FRES y las causas directas de la DM2 sin el apoyo de datos que contengan el historial clínico del paciente y sus condiciones comunitarias de vida, antes y después de adquirir la enfermedad. Esto requiere de un banco de datos alimentado por encuestas en las que se desarrolle, de forma

---

<sup>3</sup> La diabetes de aparición temprana ha crecido mucho en México durante las últimas dos décadas y hoy en día está presente en el 21.5% de los casos, de los cuales 70% tiene un peso mayor al saludable y presenta el síndrome metabólico. Concretamente, entre 2000 y 2012 la prevalencia de la DM2 se incrementó en el país dos veces (de 4.6 a 9.2%), muy por debajo de la tasa experimentada por el grupo de 20 a 29 años, cuyo incremento fue de cuatro veces (de 0.4% a 1.6%) (Hernández-Ávila, Gutiérrez y Reynoso-Noverón, 2013). El resultado de este rejuvenecimiento de la DM2 redundará, sin duda, en un incremento en la incidencia de diabetes relacionada con complicaciones crónicas, un mayor número de casos que se retirarán de forma prematura de su empleo por limitaciones físicas y una menor esperanza de vida.



previa, una categorización de los FRES que son vitales para la comunidad del diabético para, luego, diferenciarlas por causas evitables (de origen social) e inevitables (de origen genético-hereditarias) de la DM2. De otra manera, cualquier estimación sobre esta relación correría el riesgo de ser sesgada y poco robusta.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados del HMM apoyan la hipótesis de que una parte de la población, que es rural y diabética, es la que tiene más probabilidad actual y futura de experimentar ps en México. Las carencias varían por estado de la cadena y tipo de privación, de tal suerte que entre más ps acumule un individuo más grande es la diferencia de probabilidades estado-dependientes a favor de los diabético-rurales, es decir, que a medida que un individuo transita a estados más depauperados, más alta es la probabilidad de que ese individuo sea diabético y viva en las zonas rurales del país. Las privaciones en nutrición y activos son determinantes para toda la población en los estados 1 y 2 de la cadena actual, pero no en forma exclusiva en el estado 3, ya que ahí los rezagos en educación y salud (mortalidad) se vuelven decisivos para los diabéticos rurales, tanto en el presente como en el futuro.

La veracidad de estas conclusiones encuentra respaldo en diversos estudios que destacan los pobres efectos distributivos del crecimiento del PIB sobre la situación de pobreza de la población. El nulo efecto neto pro-pobre del crecimiento registrado durante el periodo de análisis, en casi todas las entidades federativas, da pie a pensar que el cuadro proyectado por los valores estacionarios de las probabilidades estado-dependientes va más allá de un simple ejercicio estadístico. Hay razones sólidas para pensar que, a menos que ocurra un radical cambio en los mecanismos redistributivos del ingreso del país, los mexicanos de las zonas rurales que padecen enfermedades crónicas no transmisibles, como la DM2, serán los que empobrecerán aún más en el futuro inmediato. En este sentido, las conclusiones del trabajo apoyan la idea de que la pobreza en México mantiene una relación directa con la DM2 no sólo en el presente, sino también en el futuro. La falta de resultados contundentes en el modelo multilogit impide establecer la influencia de estas ps sobre las causas directas de la DM2 y, por tanto, validar por completo la hipótesis

planteada. Las recomendaciones aquí sugeridas permiten allanar el camino para futuros intentos de restablecer el ya consabido vínculo de los FRES con las causas directas de la DM2 y, así, explicar las ps que más inciden sobre las condiciones materiales de los diabéticos. ◀

## REFERENCIAS

- Agardh, E.E., Allebeck, P., Hallqvist, J., Moradi, T. y Sidorchuk, A. (2011). Type 2 diabetes incidence and socio-economic position: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Epidemiology*, 40(3), pp. 804-818.
- Alkire, S., Jindra, C., Robles, G., Seth, S. y Vaz, A. (2015). *Global Multidimensional Poverty Index 2015*. [en línea] Disponible a través de: Oxford Poverty & Human Development Initiative <[https://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/Global-MPI-8-pager\\_10\\_15.pdf](https://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/Global-MPI-8-pager_10_15.pdf)>.
- Álvarez, C.L., Goez-Rueda, J.D. y Carreño-Aguirre, C. (2012). Factores sociales y económicos asociados a la obesidad: los efectos de la inequidad y de la pobreza. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 11(23), pp. 98-110.
- Arredondo, A. y De Icaza, E. (2011). Costo de la diabetes en América Latina. Evidencias del caso mexicano. *Value in Health*, 14, pp. 585-588.
- Barquera, S. y Tolentino, L. (2010). La obesidad y la diabetes en México: problemas de salud pública en aumento. En: M. Chapela, *En el debate: diabetes en México* (pp. 53-84). México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X).
- Bloomgarden, Z.T. (2011). Diabetes and cardiovascular disease. *Diabetes Care*, 34(3), pp. e24-e30.
- Brown, A.F., Ettner, S.L., Piette, J., Weinberger, M., Gregg, E., Shapiro, M.F., Karter, A.J., Safford, M., Waitzfelder, B., Prata, P.A. y Beckles, G.L. (2004). Socioeconomic position and health among persons with diabetes mellitus: a conceptual framework and review of the literature. *Epidemiology Review*, 26, pp. 63-77.
- Campos, V.R. y Monroy, G.L. (2016). ¿El crecimiento económico reduce la pobreza en México? *Revista de Economía Mexicana. Anuario UNAM*, 1, pp. 140-185.
- Cathorall, L.M., Xin, H., Aronson, R., Peachey, A., Bibeau, D.L., Schulz, M. y Dave, G. (2015). The influence of neighborhood poverty on blood glucose levels: Findings from the community to eliminate stroke (CITIES) program. *Horizons of Health Health*, 8(2), pp. 87-96.

- Chambless, L.E., Folsom, A.R., Clegg, L.X., Sharrett, A.R., Shahar, E., Nieto, F.J., Rosamond, W.D. y Evans, G. (2000). Carotid wall thickness is predictive incident clinical stroke. The atherosclerosis risk in communities (ARIC) study. *Epidemiology*, 151(5), pp. 478-487.
- Chiquiar, D. y Ramos-Francia, M. (2009). *Competitiveness and Growth of the Mexican Economy*. México: Banco de México.
- Conen, D., Ridker, P.M., Mora, S., Buring, J.E. y Glynn, R.J. (2007). Blood pressure and risk of developing type 2 diabetes mellitus: The Women's Health Study. *European Heart Journal*, 28(23), pp. 2937-2943.
- CONEVAL (2016). *Médeción de la pobreza*. [CONEVAL página principal> Medición de la Pobreza> Anexo estadístico 2008-2016]. [en línea] Disponible en: <[http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/AE\\_pobreza\\_2008-2016.aspx](http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/AE_pobreza_2008-2016.aspx)> [Consultado el 11/01/2018].
- Cordera, R. (2017). *La perenne desigualdad*. México: Fondo de Cultura Económica (FCE).
- Córdoba-Villalobos, J., Barriguete-Meléndez, J., Lara-Esqueda, A., Barquera, S., Rosas-Peralta, M., Hernández-Ávila, M., De León-May, M. y Aguilar-Salinas, C. (2008). Las enfermedades crónicas no transmisibles en México. Sinopsis epidemiológica y prevención integral. *Salud Pública de México*, 50(5), pp. 419-427.
- DeFronzo, R.A. (2004). Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *The Medical Clinics of North America*, 88(4), pp. 787-835.
- Dickson, K. (2016). Prevalence of diabetes and its associated risk factors in south-western Uganda. *American Journal of Diabetes Medicine*, 24(1), pp. 15-17.
- Doak, C.C. y Doak, L.G. (1993). The literacy challenge in diabetes education: So that clients may understand. *Diabetes Care and Education*, 14(2), pp. 9-11.
- Donnelly, R., Emslie-Smith, A.M., Gardner, I. y Morris, A. (2000). ABC of vascular disease: Vascular complications of diabetes. *BMJ*, 320(7245), pp. 1062-1066.
- Escobedo-de la Peña, J., Buitrón-Granados, L., Ramírez-Martínez, J., Chavira-Mejía, R., Schargrofsky, H. y Champagne, B. (2011). Diabetes en Mexico. Estudio Carmela. *Cirugía y Cirujanos*, 79(5), pp. 424-431.
- Espelt, A., Borrell, C., Roskam, A.J., Rodríguez-Sanz, M., Stirbu, I., Dalmau-Bueno, A., Regidor, E., Bopp, M., Martikainen, P., Leinsalu, M., Artnik, B., Rychtarikova, J., Kalediene, R., Dzurova, D., Mackenbach, J. y Kunst, A.E.

- (2008). Socioeconomic inequalities in diabetes mellitus across Europe at the beginning of the 21st century. *Diabetologia*, 51(11), pp. 1971-1979.
- Garza-Rodríguez, J., Quiroga-Lozano, M., Yarto-Weber, G., González-Martínez, M. y Solís-Santoyo, L. (2010). Chronic and transient poverty in Mexico. *Economics Bulletin*, 30(4), pp. 3188-3200.
- Grintsova, O., Maier, W. y Mielck, A. (2014). Inequities in health care among patients with Type 2 diabetes by individual socio-economic status (SES) and regional deprivation: A systematic literature review. *International Journal of Equity in Health*, 13:43, 14 pp.
- Hernández-Ávila, M., Gutiérrez, J.P. y Reynoso-Noverón, N. (2013). Diabetes mellitus en México. El estado de la epidemia. *Salud Pública Mexico*, 55(2), pp. S129-S136.
- IDF (2013) [International Diabetes Federation]. *Atlas 2012 Update*. Bruselas: International Diabetes Federation.
- INSP (2000) [Instituto Nacional de Salud Pública]. *Encuesta Nacional de Salud (ENSA)*. [en línea] Disponible en: <[https://www.insp.mx/encuestoteca/Encuestas/ENSA2000/OTROS/ensa\\_tomo2.pdf](https://www.insp.mx/encuestoteca/Encuestas/ENSA2000/OTROS/ensa_tomo2.pdf)> [Consultado el 11/01/2018].
- INSP (2006). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT)*. [en línea] Disponible en: <<https://www.insp.mx/produccion-editorial/publicaciones-antecedentes-2010/661-encuesta-nacional-de-salud-y-nutricion-2006-546.html>> [Consultado el 11/01/2018].
- INSP (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT)*. [en línea] Disponible en: <[http://ensanut.insp.mx/doctos/ENSANUT2012\\_Sint\\_Ejec-24oct.pdf](http://ensanut.insp.mx/doctos/ENSANUT2012_Sint_Ejec-24oct.pdf)> [Consultado el 11/01/2018].
- Jiang, Y. y Pearlman, D. (2013). The link between poverty and type 2 diabetes in Rhode Island. *Rhode Island Medical Journal*, 96(11), pp. 42-46.
- Kadelbach, V. (2017). *Poverty Measurement and Transition Probabilities in Mexico*. Tesis de doctorado, Universidad Anáhuac México, Campus Norte.
- López-Jaramillo, P., López-López, J., López-López, C. y Rodríguez-Álvarez, M. (2014). The goal of blood pressure in the hypertensive patient with diabetes is defined: Now the challenge is go from recommendations to practice. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 6:31, 10 pp.
- Lystig, T.C. y Hughes, J.P. (2002). Exact computation of the observed information matrix for hidden Markov models. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 11(3), pp. 678-689.
- Mac Donald, I.L. y Zucchini, W. (1997). *Hidden Markov and Other Models for Discrete-Valued Time Series*. Boca Raton: Chapman & Hall.

- Medina, O. y López, O. (2010). Una aproximación a los determinantes sociales de la diabetes mellitus tipo 2 en México. En: M. Chapela, *En el debate: diabetes en México* (pp. 25-52). México: UAM-X.
- Molina, R., Zúñiga, C. y Díaz J. (2014). Salud y desigualdad en México: género y diabetes mellitus tipo 2. En: R. Zarate, J. Galván, R. Manrique y M. Esperanza y Ramírez, *Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas, Administración, Gestión de la Innovación y Desarrollo Sustentable, Universidad de Baja California* (pp. 8606-8629). México: Universidad de Baja California.
- Nguyen, T.N., Zynab, K.S., Tang, S.Y., Hu, D., Huo, Y., Dustin, L., Aze, S.P. y Detrano, R.C. (2014). Prevalence of diabetes and hypertension in ethnic minority adults living in rural Yunnan province, China. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 34(1), pp. 50-55.
- Norberg, M., Stenlund, H., Lindahl, B., Andersson, C., Eriksson, J.W. y Weinehall, L. (2007). Work stress and low emotional support is associated with increased risk of future type 2 diabetes in women. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 76(3), pp. 368-377.
- Rathmann, W., Strassburger, K., Heier, M., Holle, R., Thorand, B., Giani, G. y Meisinger, C. (2009). Incidence of Type 2 diabetes in the elderly German population and the effect of clinical and lifestyle risk factors: KORA S4/F4 cohort study. *Diabetic Medicine*, 26(12), pp. 1212-1219.
- Robbins, J.M., Vaccarino, V., Zhang, H. y Kasl, S.V. (2005). Socioeconomic status and diagnosed diabetes incidence. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 68(3), pp. 230-236.
- Saydah, S. y Lochner, K. (2010). Socioeconomic status and risk of diabetes-related mortality in the U.S. *Public Health Reports*, 125(3), pp. 377-388.
- Sowers, J.R., Epstein, M. y Frohlich, E.D. (2001). Diabetes, hypertension and cardiovascular disease an update. *Hypertension*, 37(4), pp. 1053-1059.
- UIA, CIDE y Duke University (2016) [Universidad Iberoamericana, Centro de Investigación y Docencia Económicas y Duke University]. *Encuesta Nacional sobre Niveles de Vida de los Hogares (ENNVIH)*. [en línea] Disponible en: <<http://www.ennvih-mxfls.org/english/index.html>> [Consultado el 22/08/2016].
- Vellakkal, S., Subramanina, S.V., Millet, Ch., Basu, S., Stuckler, D. y Ebrahim, S. (2013). Socioeconomic inequalities in non-communicable diseases prevalence in India: Disparities between self-reported diagnoses and standardized measures. *PloS ONE*, 8(7), pp. 1-12.

- Villalpando, S., Rojas, R., Shama-Levy, T., Avila, M.A., Gaona, B., De la Cruz, V., Rebollar, R. y Hernández, L. (2010). Prevalence and distribution of type 2 diabetes mellitus in Mexican adult population. A probabilistic survey. *Salud Pública de México*, 52(1), pp. S19-S26.
- WHO (2008) [World Health Organization]. *The Cost of Diabetes*. Ginebra: WHO.
- Yuankai, S. y Hu, F.B. (2014). The global implications of diabetes and cancer. *The Lancet*, 383(9933), pp. 1947-1948.