

Modelo de estructura de covarianzas para el análisis de las diferencias espaciales de la mortalidad mexicana

Olga López Ríos y Guillaume Wunsch*

El análisis causal de los fenómenos demográficos necesita considerar diferentes problemas: el nivel de análisis, la anterioridad temporal de las causas sobre sus efectos, el paso de conceptos a indicadores y los métodos de análisis estadístico. En este trabajo hemos examinado algunos posibles determinantes de los diferenciales espaciales de la mortalidad en México, utilizando un modelo analítico de caminos con variables latentes. El modelo se ajustó utilizando el programa LISREL, tomando en cuenta los problemas que mencionamos.

Introducción

Los diferenciales espaciales de mortalidad son todavía observables en muchos países, aun en los considerados como desarrollados. En los países en vía de desarrollo, cuya mortalidad está experimentando una transición, los diferenciales de mortalidad pueden ser muy importantes. En México por ejemplo, la esperanza de vida en 1980 variaba para el sexo masculino de 55.87 años en el estado de Oaxaca, a 67.75 años en el Distrito Federal. Durante el mismo periodo, la esperanza de vida femenina varió de 62.94 años (en Oaxaca) a 73.19 (en Quintana Roo).¹

En este artículo, hacemos la suposición de que una parte de los diferenciales de mortalidad entre los estados puede ser producto de las diferencias que existen en el sistema de salud entre los Estados.² Evidentemente existen otros factores que también intervienen en estos diferenciales. En este caso, al considerar a México como ejemplo, hemos tomado en cuenta otros factores: el nivel de desarrollo económico y el nivel de desarrollo social. Suponemos que el sistema de salud consiste en la infraestructura de servicios de salud disponible en un momento del tiempo, y su pro-

* Instituto de Demografía, Universidad Católica de Lovaina, Bélgica.

¹ Este estado no es muy representativo de la situación nacional, en el sentido de que sólo recientemente ha cobrado un auge económico, principalmente en el sector terciario por el desarrollo de Cancún.

² En este trabajo no hemos tomado en cuenta el problema de la autocorrelación espacial; véase, por ejemplo, G. Wunsch y O. López Ríos (en prensa).

pósito es mejorar el nivel de salud de la población. El *desarrollo social*, según nuestro punto de vista es el proceso por el cual las condiciones de vida y el bienestar colectivo se mejoran. Y, finalmente, en el caso de México, el *desarrollo económico* es un proceso de crecimiento económico basado principalmente en la industrialización, la modernización de la agricultura y la productividad por habitante.

Cuando se trata de relacionar los diferenciales de mortalidad con sus posibles determinantes (i.e. causas) es necesario tener en cuenta diferentes problemas que se pueden presentar. Primero, dado que la esperanza de vida es una medida agregada, los determinantes que se consideren, deben ser tomados en este mismo nivel de análisis. Por ejemplo, sería erróneo, concluir sobre una relación individual (nivel micro) partiendo de un esquema que ha sido planteado en nivel agregado (nivel macro), ya que se correría el riesgo de caer en la falacia ecológica, es decir, de hacer inferencias de comportamientos individuales con base en datos agregados.

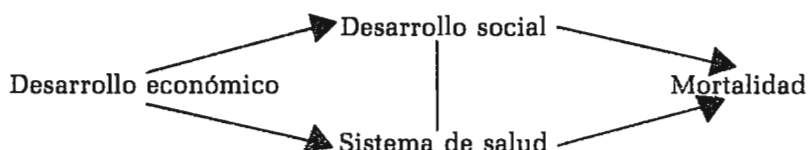
Segundo, la mortalidad, el sistema de salud, el desarrollo económico y el desarrollo social, son conceptos que no se pueden medir directamente. Debe seleccionarse un conjunto de indicadores para cada uno de estos conceptos. Además, si éstos son válidos y fiables, presentarán entre ellos una estrecha correlación. En este sentido se puede considerar que los conceptos que utilizamos están representados por un "conjunto" de indicadores. Si éste es el caso, no es necesario analizar la relación entre dos indicadores independientemente de las otras variables: si se modifica una variable, es probable que las otras, que están interrelacionadas, se modifiquen también.

Finalmente, las causas y sus efectos no pueden ocurrir al mismo tiempo. Este orden causal implica que la mortalidad y sus posibles determinantes no pueden ser estudiados utilizando un conjunto de datos observados en el mismo momento de tiempo: es necesario considerar el intervalo de tiempo que debe existir entre las causas y sus efectos, y suponer que la relación causal es dependiente del tiempo.

Modelo espacio-temporal de los diferenciales espaciales de la mortalidad

En nuestro análisis hemos tratado de tomar en cuenta los tres puntos descritos antes. Primeramente, hemos supuesto el mismo *nivel de análisis* para las variables dependientes e independientes. Puesto que la mortalidad es una variable agregada, se han tomado

las variables explicativas en nivel *contextual*. Hemos supuesto que el nivel de la mortalidad de un estado mexicano es una función tanto de la calidad del sistema de salud del Estado, como del nivel de desarrollo social. Además, suponemos que estos dos factores están causalmente relacionados con el nivel de desarrollo económico del estado. Conceptualmente hablando, el modelo propuesto puede ser representado utilizando la siguiente gráfica causal:



Suponemos además que las dos variables intermedias se relacionan entre sí, ya que dependen de una variable causal anterior (el nivel de desarrollo económico); que se observan en el mismo momento del tiempo y que son afectadas de la misma manera por las otras variables que no han sido consideradas en el modelo ("variables escondidas").

Con respecto al segundo problema, *el de la medida*, se ha representado cada uno de los conceptos por una serie de indicadores observables directamente. Éstos han sido seleccionados de acuerdo con su importancia, por un lado, y de su disponibilidad, por el otro. La lista de conceptos e indicadores se presentan en el cuadro 1.

Estas variables fueron tomadas de datos provientes de los censos de población de estadísticas publicadas por el Instituto de Estadística y por la Secretaría de Salud. Los indicadores de mortalidad fueron tomados de las tablas de mortalidad calculadas por Jiménez O. R. y Corona, V. R. (1988).

Para verificar la calidad de los datos utilizamos métodos estadísticos de análisis exploratorio. A pesar de que el resultado de este análisis no nos mostró la existencia de "errores" significativos (tales como falta de datos, etc.), la experiencia ha mostrado que estos datos no son muy fiables, incluso los obtenidos de tablas corregidas de mortalidad. Por esta razón, este trabajo debe ser considerado más como una proposición para la utilización de los modelos causales en este campo de investigación, que como un análisis perfectamente fiable del impacto del sistema de salud sobre las diferencias espaciales de mortalidad en México, controlado como ya se dijo por el nivel de desarrollo social.

Por último, el *orden causal* considerado supone que las dos variables intermedias coexisten diez años antes de la variable

CUADRO 1

Conceptos e indicadores

(Los símbolos entre paréntesis se refieren a la gráfica causal de la figura 1).

Desarrollo económico (K)

- (x₁) PIB por habitante
- (x₂) Superficie de tierra con riego (%)
- (x₃) Participación del sector industrial al PIB (%)
- (x₄) Población activa que trabaja en el sector secundario (%)
- (x₅) Consumo de energía eléctrica por habitante
- (x₆) Consumo de gasolina por habitante

Desarrollo social (E₁)

- (Y₁) Índice de urbanización (ponderado)
- (Y₂) Concentración urbana (índice de Gini)
- (Y₃) Viviendas con disponibilidad de electricidad (%)
- (Y₄) Viviendas con disponibilidad de agua (%)
- (Y₅) Viviendas con disponibilidad de drenaje (%)
- (Y₆) Mujeres entre 15-40 años con instrucción primaria (%)

Sistema de salud (E₂)

- (Y₇) Unidades médicas por habitante
- (Y₈) Número de consultas por habitante
- (Y₉) Número de médicos por habitante
- (Y₁₀) Camas de hospital por habitante
- (Y₁₁) Población cubierta por la seguridad social (%)

Mortalidad (E₃)

- (Y₁₂) Mortalidad adulta masculina (₂₅Q₁₅)
- (Y₁₃) Mortalidad en la niñez masculina (₄Q₁)
- (Y₁₄) Mortalidad adulta femenina (₂₅Q₁₅)
- (Y₁₅) Mortalidad en la niñez femenina (₄Q₁)

Fuentes: Appendini Kirsten A. de, *Producto interno bruto por entidades federativas, 1900, 1940, 1950 y 1960* (mimeo.); Instituto Mexicano del Seguro Social, *Memoria Estadística*, 1976, México; ISSSTE, *Anuario Estadístico*, 1970, México; Dirección General de Estadística, *Anuarios Estadísticos*, Secretaría de Industria y Comercio, México; *Censo Agrícola Ganadero y Ejidal*, Secretaría de Industria y Comercio, México; *VIII Censo General de Población, 1960, Resumen General*, Secretaría de Industria y Comercio, México, 1962; *IX Censo General de Población, 1970, Resumen General*, Secretaría de Industria y Comercio, México; "Estadísticas de Servicios Médicos y de Salud", *Estadísticas Hospitalarias*, serie V, núm. 1, 1975, México; Unikel, L. y Torres, F. (1970). "La población económicamente activa en México y sus principales ciudades, 1940-1960", en *Demografía y Economía*, vol. IV, núm. 1, Anexo, pp. 38-40, El Colegio de México, México; C. Ruiz y G. Garza (1976). *El desarrollo urbano de México, diagnóstico e implicaciones futuras*, 2a. edición, El Colegio de México, México.

mortalidad y diez años más tarde que el nivel de desarrollo económico. Puesto que varios de estos indicadores fueron tomados de los censos de población hemos tenido que tomar el periodo intercensal (i.e. diez años) como unidad de tiempo, lo que representa una limitación.

El modelo de estructura de covarianzas

Como ya hemos dicho, suponemos un modelo causal dependiente del espacio y del tiempo relacionando el desarrollo económico con la mortalidad a través de dos caminos indirectos; el sistema de salud y el nivel de desarrollo social. Tenemos así tres variables endógenas (E_i , con $i = 1, 2, 3$) y una variable exógena (K) (véase el cuadro 1 para el significado de la notación). Estas variables han sido propuestas como conceptos y como tales no pueden medirse directamente; en la terminología estadística son conocidas como *variables latentes*.

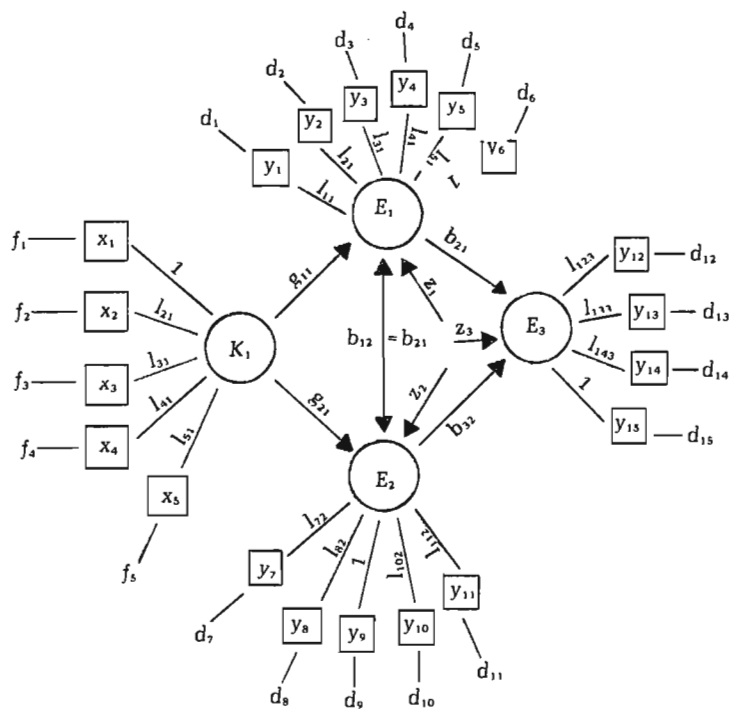
Cada una de estas variables latentes ha sido especificada en nuestro caso por un conjunto de *indicadores*, el conjunto X_i para la variable exógena K y los conjuntos Y_i para las tres variables endógenas E_i . Las variables latentes están relacionadas a través de un *modelo estructural* semejante a un modelo analítico de trayectorias (path analytic model), con la particularidad de que en este caso las variables no son observables. A su vez las variables latentes están relacionadas con sus indicadores a través de dos *modelos de medida*, uno para las X 's y otro para las Y 's, del tipo de análisis factorial confirmatorio. Las variables que no son consideradas en el modelo (variables escondidas) se representan a través de un vector de errores en las ecuaciones, y los indicadores son afectados por los errores de medida.

Si los indicadores se miden con respecto a su media, el modelo queda representado por el siguiente sistema de ecuaciones matriciales:

$$\begin{aligned} e &= Be + Gk + z \\ y &= L_y e + d \\ x &= L_x k + f \end{aligned}$$

donde k y e son los vectores de las variables latentes exógena (K) y endógena (E) respectivamente, x e y son los vectores de sus indicadores, B y G son matrices de los coeficientes estructurales, L_x y L_y son matrices de los coeficientes de regresión de y sobre e y de x sobre k , z es un vector de errores de las ecuaciones (i.e. "va-

FIGURA 1
 Gráfica causal de la relación entre desarrollo económico, desarrollo social, sistema de salud y mortalidad



riables escondidas”), y d y f son vectores de errores de medida. El modelo supone una relación lineal, como en el análisis de trayectorias y el análisis factorial, así como una serie de condiciones necesarias (véase K.G. Jöreskog y D. Sörbom, 1988).

El modelo de estructura de covarianzas puede estimarse mediante el programa LISREL (Linear Structural Relations), desarrollado hace algunos años por K.G. Jöreskog y D. Sörbom. Otro programa que puede ser utilizado es el EQS (Structural Equations Program), desarrollado por P.M. Bentler y distribuido por BMDP. Estos dos programas fueron evaluados con respecto a un tercero: TETRAD, publicado en la revista *Sociological Methods and Research* (19-1, 1990).³

Resultados

El modelo fue ajustado a los datos mexicanos utilizando el método de mínimos cuadrados no ponderados; dado el poco número de observaciones (32) de que disponemos, las estimaciones iniciales necesarias para su estimación fueron efectuadas por el método de variables instrumentales. De manera general el ajuste del modelo en lo que se refiere al aspecto causal puede considerarse bueno; el coeficiente de determinación para las ecuaciones estructurales fue de 0.899. La precisión del índice de ajuste para el modelo completo es positiva (para que el ajuste sea bueno este índice debe ser positivo), y su valor es elevado (0.934) lo que nos indica un buen ajuste del modelo. La gráfica Q de los residuos estandarizados tiene una pendiente de más de uno, lo que confirma aún más el buen ajuste del modelo. Los resultados se pueden ver en el apéndice del cuadro 2.

Respecto al modelo estructural entre las variables latentes, los resultados del análisis muestran que la variable nivel de desarrollo económico está fuertemente relacionada con las variables sistema de salud y nivel de desarrollo social: esta última muestra una fuerte influencia sobre la mortalidad. Por otro lado la variable sistema de salud muestra muy poca relación con los diferenciales de mortalidad entre los estados. Los coeficientes de las trayectorias correspondientes se presentan en el cuadro 2.

El poco impacto que muestra la variable latente sistema de salud sobre la mortalidad no es sorprendente; ya ha sido señalado

³ El programa LISREL no es particularmente sencillo en su aplicación. El EQS no pudo ser utilizado por nosotros.

CUADRO 2
Coefficientes de las trayectorias para el modelo de ecuaciones estructurales*

	<i>Des. soc.</i>	<i>Sistema salud</i>	<i>Mort.</i>
Des. Econ.	0.935	0.766	
Des. Soc.		0.064	-0.527
Sistema de S.	0.064		-0.143
Resultados:			
Los modelos de medida			
Para las variables endógenas (<i>L_t</i>)			
y1	.957	y9	1.000
y2	-.113	y10	.920
y3	.979	y11	1.096
y4	-.310	y12	1.012
y5	-.269	y13	1.004
y6	1.000	y14	1.071
y7	.141	y15	1.000
y8	.676		
Para las variables exógenas (<i>L_t</i>)			
x1	1.000	x4	.974
x2	.539	x5	.841
x3	.329	x6	.793
El modelo estructural			
Entre variables endógenas (<i>B</i>)			
	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>
E1	.000	.064	.000
E2	.064	.000	.000
E3	-.527	-.143	.000
Entre las variables exógenas y la variable endógena (<i>C</i>)			
	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>
K	.935	.766	.000

para el caso mexicano en otros estudios como en L. Cañedo *et al.* (1977), y también se ha observado un resultado semejante para algunos países desarrollados (véase por ej. E.M. Kitagawa y P.M. Hauser, 1973; G. Wunsch, 1979). La relación que puede existir entre sistema de salud y mortalidad es tal vez un problema de oferta y demanda; se debería entonces considerar el acceso al sistema de salud, mismo que depende, con toda seguridad, del nivel del desarrollo social y económico del estado en cuestión.

El modelo fue modificado sustituyendo la doble flecha que nos indica causalidad en los dos sentidos entre nivel de desarrollo social y sistema de salud por un solo efecto causal: nivel de desa-

rollo social sobre sistema de salud.⁴ El modelo modificado muestra solamente una pequeña variación del impacto del nivel de desarrollo social sobre sistema de salud; este resultado podría interpretarse como el impacto del desarrollo social sobre la demanda de servicios de salud. En cuanto al impacto del sistema de salud sobre la mortalidad, no hay ningún cambio, éste sigue siendo insignificante. Es necesario decir que el tipo de datos con los que hemos trabajado no nos permiten profundizar nuestro análisis en esta dirección.

Por lo que toca a las relaciones entre las variables latentes y sus indicadores, los resultados muestran que algunos indicadores tienen una correlación poco significativa con los conceptos que se supone representan. Por ejemplo, el nivel de desarrollo económico está pobremente relacionado con la variable contribución del sector industrial al PIB; en el caso de la variable latente nivel de desarrollo social, no está bien representado por el índice de concentración urbana de Gini, y finalmente, el sistema de salud no está muy correlacionado con la variable número de unidades médicas por habitante. Por otro lado, los cuatro indicadores de riesgos de muerte están estrechamente correlacionados con la variable latente "mortalidad", lo cual nos parece que prueba la veracidad de las tablas de mortalidad utilizadas.

Los resultados de este análisis se podrían mejorar si antes de efectuar la estimación, se aplicara al conjunto de datos alguna técnica de análisis factorial de manera que pudiéramos observar si aparecen diferentes dimensiones, que probablemente representen conceptos independientes. Esto significaría, sin embargo, modificar el modelo estructural introduciendo otros conceptos; los trabajos futuros deberían considerar esta alternativa. Sin embargo, consideramos como una posibilidad reajustar el modelo eliminando los tres indicadores que habían mostrado una correlación insignificante con sus conceptos en la primera etapa del trabajo. Además de esta modificación, efectuamos un cambio de escala de las variables latentes,⁵ asignando a cada variable latente la unidad dada por el indicador en la primera estimación (coeficiente de correlación más bajo). Los resultados se presentan a continuación.

El hecho de modificar la escala, nos condujo a problemas de estimación ya que la matriz de errores resultaba en este caso no positiva definida, condición necesaria para la estimación de pará-

⁴ En este caso tampoco pudimos ordenar las variables con respecto al tiempo.

⁵ En el programa LISREL existe la posibilidad de asignar de antemano el indicador que se considera que representa de manera más fiel el concepto, la correlación más importante.

CUADRO 3
Coefficientes de las trayectorias para el modelo modificado

<i>Des. soc.</i>		<i>Sist. S.</i>	<i>Mort.</i>
Des. Econ.	1.008	0.858	
Des. Soc.		-0.004	-0.540
Sist. S.	-0.004		0.119

metros. Teniendo en cuenta este resultado, continuamos el análisis con la escala anterior. De acuerdo con los resultados obtenidos con el modelo modificado, el ajuste se mejora y los nuevos coeficientes se presentan en el cuadro 3. Se puede observar que las conclusiones que avanzamos anteriormente no se modifican, sino al contrario, se refuerzan.

Conclusiones

Cuando los demógrafos tratan de ir más allá de la simple descripción, es necesario que se consideren los diferentes problemas que pueden presentarse en el análisis causal. El nivel de análisis, el tipo de estructura causal, la secuencia temporal de las causas sobre los efectos, el paso de conceptos a indicadores, los métodos de análisis estadístico, en fin, todas estas cuestiones deben ser tratadas antes de analizar los datos. En este artículo consideramos algunos de estos problemas al analizar los posibles determinantes de los diferenciales espaciales de mortalidad en México. La "teoría" elemental que proponemos puede ser ampliada; se podrían obtener mejores indicadores para las variables latentes contextuales; se podría proponer otro modelo estructural, y se podrían utilizar otros métodos estadísticos de análisis causal. Sin embargo, consideramos que el análisis causal de la relación entre mortalidad y sistema de salud es un enfoque útil para comprender y eventualmente disminuir las diferencias de esperanza de vida entre grupos sociales.

Agradecimientos

Una versión anterior de este trabajo fue presentada en el congreso "Mortality and health care system in the developed countries", Varna, 1990. Los autores agradecen a sus colegas del Instituto de Demografía de la Universidad Católica de Lovaina, a J. Quilodrán,

de El Colegio de México, a K.G. Jöreskog, de la University of Uppsala y a A.M. Aish, de la University of Surrey, por sus valiosos comentarios durante las diferentes etapas de esta investigación.

Bibliografía

- Cañedo, L. *et al.* (1977). "La mortalidad y su relación con factores sociales, económicos y culturales", en *Salud pública de México*, XIX (6), 805-841.
- Jiménez, O.R. y V.R. Corona (1988). *El comportamiento de la mortalidad en México por entidad federativa 1980*, México, UNAM-CRIM.
- Jöreskog, K.G. y D. Sörbom (1988). *LISREL 7. A guide to the Program and Applications*, SPSS, Chicago.
- Kitagawa, E.M. y P.M. Hauser (1973). *Differential Mortality in the United States: A Study in Socioeconomic Epidemiology*, Cambridge, Harvard University Press.
- Wunsch, G. (1979). "Differential Mortality and Cultural Differences. A case Study: Belgium", en *Proceedings of the meeting on socioeconomic determinants and consequences of mortality*, Nueva York, United Nations.
- _____ y O. López Ríos (en prensa). "Space-time methods for the study of regional differences in mortality", en *Espace, Populations, Sociétés*.