

APLICACIONES SANITARIAS DEL ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES

Existe una amplia variedad de situaciones en las que la investigación o simplemente el análisis de datos relacionados con la salud exige tener en cuenta la dependencia temporal de las observaciones. En estos casos, la información disponible consiste en una o varias series temporales. Una serie temporal es una colección ordenada y periódica en el tiempo de observaciones de una variable. El manejo de series temporales es habitual en el campo de la investigación sanitaria, ya sean éstas: series de mortalidad global o específica, series de hospitalizaciones o de utilización de otros servicios sanitarios, series de datos económicos relacionados con la salud o los servicios sanitarios, o simplemente series relativas a factores de riesgo como las ventas anuales de tabaco a lo largo de un período de tiempo o una serie periódica de datos de contaminación atmosférica. En general, el objetivo del análisis de una o varias series temporales consiste en la descripción de su comportamiento histórico, la predicción de su evolución futura o en la corroboración de la existencia de relaciones causales.

La especificidad del análisis de series temporales se desprende de la posible dependencia temporal de sus observaciones. La mayor parte de los estudios relacionados con datos sanitarios basan el análisis estadístico en el uso de técnicas paramétricas, lo cual exige que los datos constituyan una muestra de observaciones independientes. En una serie temporal las observaciones son dependientes en el tiempo, y por tanto aquella condición no suele cumplirse, lo cual, en general, impide o hace desaconsejable la aplicación de dichos métodos paramétricos. El análisis de series temporales, por el contrario, se basa en

la presencia de autocorrelación en la serie y trata de aproximar el proceso aleatorio generador de las observaciones y aislar sus componentes no observables, sean éstas representativas de la tendencia, la estacionalidad o el ciclo. El análisis de series temporales incluye una amplia variedad de técnicas, entre las que cabe destacar: la construcción de filtros para alisados y para el cálculo de coeficientes de estacionalidad, los modelos ARIMA univariantes y múltiples, el análisis de intervención y las funciones de transferencia y el análisis espectral¹. Dentro de este abanico de técnicas, el uso de los modelos ARIMA propuesto por Box y Jenkins ha conocido en los últimos años un notable desarrollo, el cual ha abarcado numerosos aspectos relacionados con la salud.

Desde el punto de vista de sus aplicaciones sanitarias, una revisión de la literatura científica más reciente nos ha permitido constatar la aplicación de los modelos ARIMA en cuatro tipos de situaciones². La primera categoría incluye el análisis descriptivo de la evolución cronológica de una enfermedad o problema de salud cuyos datos a menudo proceden de las estadísticas vitales o de otros sistemas de notificación de enfermedades, de base legal o administrativa. El análisis de estas series temporales constituye la base de numerosas aplicaciones consistentes en la monitorización o la vigilancia epidemiológica. Uno de los ejemplos clásicos en este campo ha sido el estudio de la mortalidad por gripe desarrollado por Choi y Thacker abarcando desde los modelos de regresión clásicamente utilizados por el Center for Disease Control, al uso de los modelos ARIMA³. Los modelos ARIMA han sido también aplicados al estudio descriptivo de otras enfermedades infecciosas⁴.

Un segundo grupo de aplicaciones, de amplio interés para la planificación sanitaria, es el constituido por aquellos estudios cuyo objetivo es la predicción de la demanda o de la utilización de los servicios sanitarios. Un ejemplo de este grupo de aplicaciones lo proporciona el modelo de predicción de las admisiones de urgencias, desarrollado por Milner⁵ para los distritos sanitarios de la región de Trent. A menudo, el análisis predictivo resulta también de interés en el campo de la vigilancia epidemiológica. Este es el caso del trabajo de Borrell et al.⁶ publicado en este mismo número de *Gaceta Sanitaria*. Este estudio, que combina el análisis descriptivo con el establecimiento de un modelo predictivo, muestra la utilidad de un sencillo indicador de la mortalidad para la vigilancia epidemiológica en el ámbito municipal.

En tercer lugar, el análisis de series temporales tiene un papel importante en los estudios de intervención en los que se trata de evaluar el impacto de una determinada acción sobre las personas, el ambiente o los servicios sanitarios. Mientras que en las dos primeras aplicaciones descritas nos hemos referido al análisis univariado, en este caso el análisis tiene como objetivo estimar la presencia de una relación entre dos o más series temporales. Resulta llamativo el hecho de que, en uno de sus primeros trabajos sobre el análisis de intervención, Box y Tiao⁷ ilustraran el ámbito de aplicaciones de esta técnica, evaluando el impacto de dos leyes promulgadas en Los Ángeles para regular la emisión de gases contaminantes de los vehículos. En un ámbito diferente, pero con un enfoque similar, Tsouros y Young han evaluado los efectos de la introducción de las técnicas de tomografía computarizada (TAC) en Atenas⁸.

Finalmente, el último tipo de aplicaciones del análisis de series temporales se refiere a la estimación de las relaciones causales entre dos o más variables. Esta aplicación resulta, obviamente, de especial importancia en el caso de la epidemiología. En general, suele tratarse de diseños de tipo ecológico-temporal en los que los datos se encuentran en forma agregada y la unidad de análisis es una fracción de tiempo. El núcleo analítico consiste en la estimación de las relaciones dinámicas entre dos series temporales, una que se refiere a un problema de salud, la otra referida a un supuesto factor de riesgo. A pesar de que los diseños ecológicos han sido ampliamente considerados en epidemiología, su consideración se ha decantado más hacia los enfoques geográficos que hacia los temporales⁹. La limitación más importante de los diseños ecológicos es, sin duda, la dificultad de inferir los resultados a nivel individual, ya que dicha inferencia puede resultar afectada por el fenómeno clásicamente conocido como falacia ecológica. Sin duda, esta limitación justifica que los diseños ecológicos, y entre ellos también los temporales, se consideren de interés, más para la generación de hipótesis que para su contrastación.

Recientemente, Norstrom^{10,11} ha revisado los fundamentos metodológicos de los estudios ecológicos temporales, demostrando la aplicabilidad del enfoque

ARIMA en algunos estudios epidemiológicos. De especial interés resulta la propuesta de este autor para obtener la estimación del riesgo relativo a partir de los coeficientes de la función de transferencia, lo cual permite una mayor comparabilidad entre estudios individuales y ecológicos. En un ámbito distinto, Crabtree y colaboradores han mostrado que la aplicación de los modelos ARIMA puede hacerse extensiva al estudio de relaciones causales en series de observaciones periódicas correspondientes a un solo sujeto¹².

En conjunto, creemos que el análisis de series temporales es útil en diferentes dominios de aplicación, que debe formar parte del acervo de conocimientos estadísticos de las ciencias de la salud y que su uso debe ser considerado en todo estudio con datos temporales, al menos como complementario de las técnicas más tradicionales.

La colaboración, entre profesionales de áreas distintas, en este caso la economía, la estadística y la medicina puede constituir una de las claves para un mayor progreso en este campo.

Josep M. Antó

Departament d'Epidemiologia i Salut Pública
Institut Municipal d'Investigació Mèdica

Carles Murillo

Departament d'Econometria Estadística i Economia Espanyola
Universitat de Barcelona

Bibliografía

1. Chatfield C. *The analysis of time series. An Introduction*. London: Chapman and Hall, 1984
2. Murillo C, Antó J.M. y Grupo de Estudio de Series Temporales. *Aplicaciones Sanitarias del análisis de series temporales*. En: Libro de actas del Congreso de la Sociedad Española de Epidemiología. Santiago de Compostela: SEE, 1989.
3. Choi K, Thacker SB. An evaluation of influenza mortality deaths as an indicator of influenza activity. *Am J Epidemiol* 1981; 113: 227-35.
4. Halfenstien U. Box-Jenkins modelling of some viral infectious diseases. *Stat Med* 1986; 5: 37-47.
5. Milner PC. Forecasting the demand on accident and emergency departments in health districts in trend region. *Stat Med* 1988; 7: 1.061-72.
6. Borrell C, Plasència A, Thió S, Martí-Recober M. Vigilancia epidemiológica de la mortalidad a partir de los entierros. *Gac Sanit* 1991; 22(5): 6-16.
7. Box GEP, Tiao GC. Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. *J Am Stat Ass* 1975; 70: 70-9.
8. Tsouros AD, Young RJ. Applications of time series analysis: A case study on the impact of computer tomography. *Stat Med* 1986; 5: 593-606.
9. Morgenstern H., Uses of ecologic analysis in epidemiologic research. *Am J Public Health* 1982; 72: 1336-44.
10. Norstrom T. Deriving relative risks from aggregate data 1. Theory. *J Epidemiol Community Health* 1989; 42: 333-5.
11. Norstrom T. Deriving relative risks from aggregate data 2. An application to the relationship between unemployment and suicide. *J Epidemiol Community Health* 1989; 42: 336-40.
12. Crabtree BF, Ray SC, Schmidt PM, O'Connor PJ, Schmidt DD. The individual over time: Time series applications in health care research. *J Clin Epidemiol* 1990; 43: 241-60.

