

VIGILÀNCIA EPIDEMIOLÒGICA DE LA MORTALITAT A PARTIR DELS ENTERRAMENTS*

Carme Borrell i Thió¹ / Antoni Plasència i Taradach¹ / Santiago Thió i Fernández de Henestrosa² /
Manuel Martí-Recober²

¹ Servei d'Epidemiologia i Estadístiques Vitals. Institut Municipal de la Salut de Barcelona /

² Departament d'Estadística i Investigació Operativa. Universitat Politècnica de Catalunya

Resum

Aquest treball proposa construir un model de predicció de la mortalitat setmanal per totes les causes a Barcelona, a partir dels enterraments setmanals com a indicador ràpid i indirecte de la mortalitat, i il·lustrar la utilització del mètode per detectar una possible epidèmia de grip.

Les dades de mortalitat s'han modelitzat segons la metodologia proposada per Box i Jenkins, i s'han relacionat amb la sèrie d'enterraments setmanals mitjançant un model de regressió lineal simple, de manera que cada setmana es disposa del nombre d'enterraments esperat i la seva desviació estàndard.

El model identificat per descriure les dades de mortalitat ha estat un ARIMA (3,0,0). El model de regressió lineal $morts=15,94+0,80 \text{ enterraments}$ relaciona les dues sèries. La metodologia emprada ha permès detectar l'augment de defuncions produït durant l'epidèmia de grip en les primeres setmanes de 1987.

Aquest és un mètode ràpid per a la monitorització setmanal de la mortalitat en una àrea geogràfica ben definida, i per tant, una eina potencialment útil per als departaments de salut pública encarregats de la vigilància epidemiològica.

Paraules clau: Mortalitat. Sèries temporals. Grip. Vigilància.

EPIDEMIOLOGIC SURVEILLANCE OF MORTALITY BASED ON THE BURIALS

Summary

The purpose of this work is to build a prediction model of weekly general mortality in Barcelona, using weekly burials as a quick indirect indicator of mortality, and to illustrate its use in the detection of a suspected epidemic of influenza.

Mortality data have been modelled following the methodology proposed by Box and Jenkins, and have been regressed using a simple linear model against burial data, so that for every week the expected number of deaths is computed.

The model identified that best fitted mortality data was an ARIMA (3,0,0). The lineal regression model relating mortality and burial data was $deaths=15.94+0.80 \text{ burials}$. The use of this methodology allowed the detection of the increase in deaths which occurred during an influenza epidemic in the beginning of 1987.

This method allows the rapid weekly monitoring of mortality in a well defined geographic area, and it is a potentially useful tool to support public health departments in their epidemiologic surveillance responsibilities.

Key words: Mortality. Time-series. Influenza. Surveillance.

VIGILANCIA EPIDEMIOLÒGICA DE LA MORTALIDAD A PARTIR DE LOS ENTIERROS

Resumen

Este trabajo propone construir un modelo de predicción de la mortalidad semanal por todas las causas en Barcelona, a partir de los entierros semanales, como indicador rápido e indirecto de la mortalidad, e ilustrar la utilización del método para detectar una posible epidemia de gripe.

El modelo relativo a los datos de mortalidad se ha elaborado según la metodología propuesta por Box y Jenkins y los datos se han relacionado con la serie de entierros semanales mediante un modelo de regresión lineal simple, de manera que cada semana se dispone del número de entierros esperado y su desviación estándar.

El modelo identificado para describir los datos de mortalidad ha sido un ARIMA (3,0,0). El modelo de regresión lineal $muerdes=15,94+0,80 \text{ entierros}$ relaciona las dos series. La metodología utilizada ha permitido detectar al aumento de defunciones producido durante la epidemia de gripe en las primeras semanas de 1987.

Éste es un método rápido para la monitorización de la mortalidad en un área geográfica bien definida y, por tanto, una herramienta potencialmente útil para los departamentos de salud pública encargados de la vigilancia epidemiológica.

Palabras clave: Mortalidad. Series temporales. Gripe. Vigilancia.

*Una versió parcial de este trabajo fue presentada al XI Scientific Meeting de la International Epidemiological Association (Helsinki, 1987).

Correspondencia: Carme Borrell. IMS. Plaça Lesseps, 1. 08023 BARCELONA.

Este artículo fue recibido el 1 de marzo de 1990 y fue aceptado, tras revisión, el 5 de noviembre de 1990.

Introducció

La vigilància epidemiològica ha estat definida com «la recollecció sistemàtica, l'anàlisi i la interpretació de les dades de salut essencials per a la planificació, implementació i avaluació de la pràctica de la salut pública, juntament amb la disseminació d'aquestes dades a aquells que necessiten conèixer-les»¹. La utilització de les dades de mortalitat ha demostrat ser útil en cas d'una epidèmia de grip o d'un augment important de la temperatura, circumstàncies en què ha estat descrit un augment del nombre de defuncions²⁻¹⁴.

Malgrat els avantatges que representa la informació relativa a la mortalitat, com ara ésser una font d'informació rutinària, tenir una cobertura universal i —en algunes ocasions— reflectir un augment de la morbiditat¹⁵, la seva utilització pràctica per a la vigilància epidemiològica continuada es troba en general molt limitada per la dificultat d'obtenir les dades d'una manera ràpida. Com a conseqüència, els estudis publicats que analitzen la distribució temporal de la mortalitat des de la perspectiva de la vigilància epidemiològica solen ser de tipus retrospectiu i analitzen pics inusuals de la distribució²⁻¹⁴, o bé de tipus prospectiu i, a partir de la predicció del nombre esperat de morts a llarg termini, estableixen una projecció de les taxes esperades per una o més causes en un termini de diversos anys^{16,17}.

Aquest abordatge fa palesa la seva manca d'adequació a les necessitats de vigilància epidemiològica permanent i a curt termini que sovint tenen els departaments de Salut Pública, per tal de dur a terme intervencions específiques amb la màxima rapidesa.

De la consideració d'altres possibles fonts d'informació sobre la mortalitat a Barcelona que fossin alhora vàlides, accessibles i d'obtenció periòdica freqüent, va sorgir l'interès per avaluar la informació relativa als enterraments que tenen lloc a la ciutat, tots realitzats per l'Institut Municipal de Serveis Funeraris.

Donat que es disposa setmanalment del nombre total d'enterraments, s'ha volgut determinar la utilitat d'emprar aquest nombre setmanal com a indicador indirecte de la mortalitat per totes les causes i que permeti, per tant, una detecció més ràpida d'incrementos del nombre total de defuncions.

Amb aquest objectiu, el present treball s'ha proposat: 1. Construir un model de predicció setmanal de la mortalitat per totes les causes a Barcelona, a partir de les dades dels Butlletins Estadístics de Defunció. 2. Determinar la validesa del nombre d'enterraments setmanals com a indicador indirecte de la mortalitat setmanal per totes les causes a la ciutat. 3. Il·lustrar la utilització combinada dels dos objectius anteriors en cas d'una possible epidèmia de grip.

Introducción

La vigilancia epidemiológica ha sido definida como «la recolección sistemática, el análisis y la interpretación de los datos de salud esenciales para la planificación, implementación y evaluación de la práctica de la salud pública, junto con la disseminación de estos datos a aquellos que necesitan conocerlos»¹. La utilización de los datos de mortalidad ha demostrado ser útil en caso de una epidemia de gripe o de un aumento importante de la temperatura, circunstancias en las que se ha descrito un aumento del número de defunciones²⁻¹⁴.

A pesar de las ventajas que supone la información relativa a la mortalidad, como ser una fuente de información rutinaria, tener una cobertura universal y —en algunas ocasiones— reflejar un aumento de la morbilidad¹⁵, su utilización práctica para la vigilancia epidemiológica continuada se encuentra, en general, muy limitada por la dificultad de obtener los datos de una manera rápida. Como consecuencia, los estudios publicados que analizan la distribución temporal de la mortalidad desde la perspectiva de la vigilancia epidemiológica suelen ser de tipo retrospectivo y analizan picos inusuales de la distribución²⁻¹⁴, o bien de tipo prospectivo y, a partir de la predicción del número esperado de muertes a largo plazo, establecen una proyección de las tasas esperadas por una o más causas en un plazo de varios años^{16,17}.

Este abordaje hace patente su falta de adecuación a las necesidades de vigilancia epidemiológica permanente y a corto plazo que los departamentos de Salud Pública tienen a menudo para realizar intervenciones específicas con la máxima rapidez.

Considerando otras posibles fuentes de información sobre la mortalidad en Barcelona que fueran válidas, accesibles y de obtención periódica frecuente, surgió el interés por evaluar la información relativa a los entierros que se llevan a cabo en la ciudad, todos realizados por el Instituto Municipal de Servicios Funerarios.

Teniendo en cuenta que se dispone semanalmente del número total de entierros, se ha querido determinar la utilidad de emplear este número semanal como indicador indirecto de la mortalidad por todas las causas, que permita, por tanto, una detección más rápida de incrementos del número total de defunciones.

Con este objetivo, el presente trabajo se ha propuesto: 1. Construir un modelo de predicción semanal de la mortalidad por todas las causas en Barcelona, a partir de los datos de los Boletines Estadísticos de Defunción. 2. Determinar la validez del número de entierros semanales como indicador indirecto de la mortalidad semanal por todas las causas en la ciudad. 3. Ilustrar la utilización combinada de los dos objetivos anteriores en caso de una posible epidemia de gripe.

Material i mètodes

La font d'informació utilitzada en les estadístiques de mortalitat és el *Butlletí Estadístic de Defunció* (BED), el qual, degudament codificat, és informatitzat pel Centre Ordinador Municipal, que facilita la informació a l'Institut Municipal de la Salut. La sèrie utilitzada ha estat la mortalitat setmanal per totes les causes en els residents a Barcelona de 1983 —any a partir del qual els residents morts fora de la ciutat van ser comptabilitzats— a 1986. Posteriorment s'hi van afegir les dades de l'any 1987.

La modelització de la sèrie de morts s'ha realitzat segons la metodologia proposada per Box i Jenkins¹⁸, la qual es basa en un procés iteratiu que utilitza una ampla família de models definits per paràmetres autoregressius i de mitjana mòbil, coneguts com models ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). Una forma general d'aquests models és:

$$\Phi(B) Z_t = \Theta_0 + \Theta(B)a_t$$

on Z_t és el valor de la sèrie modelada en el temps t . El terme constant està representat per Θ_0 , mentre que Φ i Θ són els polinomis autoregressiu i de mitjana mòbil respectivament. La component aleatòria es representa per a_t . El procés d'ajust del model es basa en diferents etapes seqüencials: la identificació d'un model (a partir de les funcions d'autocorrelació i d'autocorrelació parcial), l'estimació dels paràmetres i la validació del model trobat, i finalment l'establiment de prediccions a partir del model. En el cas que la validació no doni resultats satisfactoris, es torna a començar pel primer pas. L'avaluació dels diferents models possibles es fa a partir del seu ajust a les dades observades, i de la precisió de les prediccions.

L'elecció d'aquesta metodologia obeeix als fets següents: pot permetre bones prediccions a curt termini; utilitza un model dinàmic; assigna més pes a les observacions recents que a les passades; facilita l'estudi de l'evolució de més d'una sèrie, i permet estimar —a través de «l'anàlisi d'intervenció»— l'excés de defuncions durant els períodes en què hi ha algun factor que ho podria ocasionar (com per exemple una epidèmia de grip, o unes temperatures anormalment altes o baixes). L'anàlisi d'intervenció¹⁹ és equivalent a sumar una variable fictícia al model durant un període de diverses setmanes, anàlogament a com es fa en la regressió lineal clàssica. Aquesta estratègia permet un millor ajustament del model i, per tant, unes prediccions més acurades.

Per a poder estudiar els pics inusuals trobats en la sèrie s'han tingut en compte possibles factors associats, com són les temperatures (facilitades per l'Institut Nacional de Meteorologia), així com diferents indicadors de l'epidemicitat de la grip a partir de les dades relatives a les Malalties de

Material y métodos

La fuente de información utilizada en las estadísticas de mortalidad es el *Boletín Estadístico de Defunción* (BED), que, codificado debidamente, es informatizado por el Centro Ordinador Municipal, que facilita la información al Instituto Municipal de la Salud. La serie utilizada ha sido la mortalidad semanal por todas las causas en los residentes en Barcelona desde 1983 —año a partir del cual se contabilizaron los residentes muertos fuera de la ciudad hasta 1986. Posteriormente se añadieron los datos del año 1987.

La elaboración del modelo para analizar la serie de muertes se ha realizado según la metodología propuesta por Box y Jenkins¹⁸, que se basa en un proceso iterativo que utiliza una amplia familia de modelos definidos por parámetros autorregresivos y de media móvil, conocidos como modelos ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). Una forma general de estos modelos es:

$$\Phi(B) Z_t = \Theta_0 + \Theta(B)a_t$$

donde Z_t es el valor de la serie modelada en el tiempo t . El término constante está representado por Θ_0 , mientras que Φ y Θ son los polinomios autorregresivo y de media móvil, respectivamente. La componente aleatoria se representa por a_t . El proceso de ajuste del modelo se basa en diferentes etapas secuenciales: la identificación de un modelo (a partir de las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial), la estimación de los parámetros y la validación del modelo encontrado, y finalmente el establecimiento de predicciones a partir del modelo. En el caso de que la validación no dé resultados satisfactorios, se vuelve a empezar por el primer paso. La evaluación de los diferentes modelos posibles se efectúa a partir del ajuste de los mismos a los datos observados y de la precisión de las predicciones.

La elección de esta metodología obedece a que puede permitir buenas predicciones a corto plazo, utiliza un modelo dinámico, que asigna más peso a las observaciones recientes que a las pasadas, facilita el estudio de la evolución de más de una serie, y permite apreciar —a través del «análisis de intervención»— el exceso de defunciones durante los períodos en que hay algún factor que lo podría ocasionar (como por ejemplo una epidemia de gripe, o unas temperaturas anormalmente altas o bajas). El análisis de intervención¹⁹ es equivalente a sumar una variable ficticia al modelo durante un período de varias semanas, análogamente a como se hace en la regresión lineal clásica. Esta estrategia permite un mejor ajuste del modelo y, por tanto, unas predicciones más precisas.

Para poder estudiar los picos inusuales encontrados en la serie se ha tenido en cuenta posibles factores asociados, como son las temperaturas (facilitadas por el Instituto Nacional de Meteorología), así como diferentes indicadores de la epidemicidad de la gripe a partir de los datos relativos

Declaració Obligatòria declarades a Barcelona (dades de l'Institut Municipal de la Salut), la detecció del virus gripal (dades del Laboratori de Microbiologia de la Facultat de Medicina de la Universitat Central de Barcelona) i les sèries de mortalitat setmanal per al conjunt de malalties de l'aparell respiratori (codis 460-519 de la Classificació Internacional de Malalties, novena revisió ²⁰) i per pneumònia i grip exclusivament (codis 480-487).

Des de finals de l'any 1985 es disposa de les dades del nombre total setmanal d'enterraments que inclouen residents a Barcelona i les dels que no consta la residència (els enterraments on consta la residència fora de Barcelona s'han exclòs) facilitades per l'Institut Municipal de Serveis Funeraris. La sèrie d'enterraments s'ha relacionat amb la sèrie de morts amb una regressió lineal simple.

Els models s'han ajustat amb el programa de sèries temporals P2T del paquet estadístic BMDP ²¹. Posteriorment s'ha escrit un programa específic en llenguatge Fortran per fer les prediccions setmanals, seguint un procés seqüencial que representa: a) rebre el nombre d'enterraments de la setmana anterior; b) comparar el nombre observat d'enterraments amb l'esperat; c) estimar el nombre total de morts a partir dels enterraments (aplicant el model de regressió lineal); d) establir el nombre de morts esperat per a la setmana següent segons el model autoregressiu, i e) establir el nombre esperat d'enterraments per a la setmana següent segons la regressió.

Per tal de facilitar la decisió, s'han definit arbitràriament tres grans situacions, segons el nivell de mortalitat:

—Període normal: el nombre d'enterraments, se situa entre ± 1 desviació estàndard en la previsió adaptativa (predicció que té en compte totes les observacions de la sèrie).

—Període de risc: El nombre d'enterraments se situa entre 1 i 2 desviacions estàndards del valor de la previsió adaptativa.

—Període d'alt risc: El nombre d'enterraments se situa més enllà de dues desviacions estàndards del valor de la previsió adaptativa.

Quan s'està en un període de risc o d'alt risc, s'ha convingut que la predicció feta sigui «no adaptativa» des de la setmana abans de l'inici d'aquest període (predicció que només té en compte les dades anteriors a l'inici del període de risc). Quan el nombre de morts torna als seus nivells habituals es torna a la previsió «adaptativa» ¹⁹.

Finalment, i per tal d'il·lustrar l'adequació del mètode presentat, es descriu el seu comportament en ocasió d'una epidèmia de grip que va tenir lloc durant les primeres setmanes de 1987. A Barcelona, la vigilància epidemiològica de la grip suposa, a més a més de la monitorització de la mortalitat, l'anàlisi de les Malalties de Declaració Obligatòria (MDO) de grip, de la informació relativa a la morbiditat atesa per una xarxa de metges sentinelles, així com de la detecció i identificació del virus gripal responsable de la possible epidèmia en frotis faringis ²².

a las Enfermedades de Declaración Obligatoria declaradas en Barcelona (datos del Instituto Municipal de la Salud), la detección del virus gripal (datos del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Barcelona), y las series de mortalidad semanal para el conjunto de enfermedades del aparato respiratorio (códigos 460-519 de la Clasificación Internacional de Enfermedades, novena revisión ²⁰) y por neumonía y gripe exclusivamente (códigos 480-487).

Desde finales del año 1985 se dispone de los datos del número total semanal de entierros, que incluyen residentes en Barcelona y aquellos cuya residencia no consta (se han excluido los entierros donde consta la residencia fuera de Barcelona), facilitados por el Instituto Municipal de Servicios Funerarios. La serie de entierros se ha relacionado con la serie de muertes con una regresión lineal simple.

Los modelos se han ajustado con el programa de series temporales P2T del paquete estadístico BMDP ²¹. Posteriormente se ha escrito un programa específico en lenguaje Fortran para hacer las predicciones semanales, siguiendo un proceso secuencial que supone: a) recibir el número de entierros de la semana anterior; b) comparar el número observado de entierros con el esperado; c) estimar el número total de muertes a partir de los entierros (aplicando el modelo de regresión lineal); d) establecer el número de muertes esperado para la semana siguiente según el modelo autoregresivo, y e) establecer el número esperado de entierros para la semana siguiente según la regresión.

Para facilitar la decisión, se han definido arbitrariamente tres grandes situaciones, según el nivel de mortalidad:

—Período normal: el número de entierros se sitúa entre ± 1 desviación estándar en la previsión adaptativa (predicción que tiene en cuenta todas las observaciones de la serie).

—Período de riesgo: El número de entierros se sitúa entre 1 y 2 desviaciones estándar del valor de la previsión adaptativa.

—Período de alto riesgo: El número de entierros se sitúa a más de 2 desviaciones estándar del valor de la previsión adaptativa.

Quando se está en un período de riesgo o de alto riesgo, se ha establecido que la predicción efectuada sea «no adaptativa» desde la semana antes del inicio de este período (predicción que sólo tiene en cuenta los datos anteriores al inicio del período de riesgo). Cuando el número de muertes retrocede a sus niveles habituales se vuelve a la previsión «adaptativa» ¹⁹.

Finalmente, y para ilustrar la adecuación del método presentado, se describe su comportamiento en ocasión de una epidemia de gripe que se produjo durante las primeras semanas de 1987. En Barcelona, la vigilancia epidemiológica de la gripe supone, además de la monitorización de la mortalidad, el análisis de las Enfermedades de Declaración Obligatoria (EDO) de gripe, de la información relativa a la morbilidad atendida por una red de médicos centinelas, así como de la detección e identificación del virus gripal responsable de la posible epidemia en frotis faríngeos ²².

Resultats

Modelatge de la mortalitat per totes les causes

Tal com es descriu a la figura 1, les sèries de mortalitat per totes les causes, per malalties de l'aparell respiratori i per pneumònia i grip han presentat una distribució temporal estacional similar durant el període d'estudi, amb predomini dels pics de mortalitat durant els hiverns.

El model identificat per descriure la distribució temporal de la sèrie de morts ha estat un model autoregressiu d'ordre 3 (ARIMA [3,0,0]), que s'adapta adequadament al comportament a curt termini.

Pel fet que aquesta sèrie presenta alguns períodes amb un nombre de morts anormalment alt, ha calgut afegir al model una anàlisi d'intervenció. Les intervencions efectuades són a la taula 1. Tres han coincidit amb l'existència de grip, corroborada tant per les sèries de mortalitat per al conjunt de malalties de l'aparell respiratori i per pneumònia i grip com per l'augment del nombre de casos de grip declarats pel sistema de MDO, i per l'aïllament del virus en mos-

Resultados

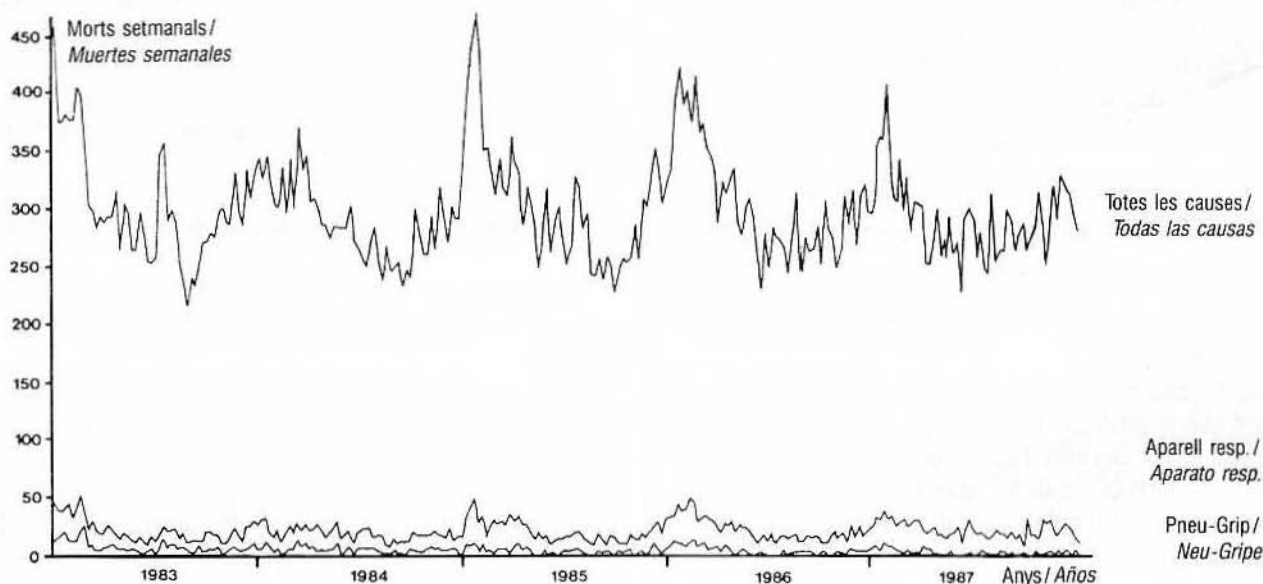
Modelaje de la mortalidad por todas las causas

Como se describe en la figura 1, las series de mortalidad por todas las causas, por enfermedades del aparato respiratorio y por neumonía y gripe han presentado una distribución temporal estacional similar durante el periodo de estudio, con predominio de los picos de mortalidad durante los inviernos.

El modelo identificado para describir la distribución temporal de la serie de muertes ha sido un modelo autorregresivo de orden 3 (ARIMA [3,0,0]), que se adapta adecuadamente al comportamiento a corto plazo.

Debido a que esta serie presenta algunos periodos con un número de muertes anormalmente alto, ha sido necesario añadir al modelo un análisis de intervención. Las intervenciones efectuadas están en la tabla 1. Tres de ellas coinciden con la existencia de gripe, corroborada tanto por las series de mortalidad por el conjunto de enfermedades del aparato respiratorio y por neumonía y gripe, como por el aumento del número de casos de gripe declarados por el

Figura 1. Mortalitat per totes les causes, per malalties de l'aparell respiratori i per pneumònia i grip. Barcelona, 1983-1987.
Figura 1. Mortalidad por todas las causas, por enfermedades del aparato respiratorio y por neumonía y gripe. Barcelona, 1983-1987.



Taula 1. Intervencions efectuades en el model / Tabla 1. Intervenciones efectuadas en el modelo

Setmanes/Semanas	Any/Año	Tipus intervenció/Tipo de intervenció	Factor concomitant/Factor concomitante
1-9	1983	Intervenció «a»/Intervención «a»	Grip/Gripe
28-31	1983	Intervenció «b»/Intervención «b»	Temperatures altes/Temperaturas altas
2-4	1985	Intervenció «c»/Intervención «c»	Grip/Gripe
1-8	1986	Intervenció «a»/Intervención «a»	Baixes temperatures/Bajas temperaturas Grip/Gripe

tres biològiques (en el tercer d'aquests períodes es van constatar, a més a més, temperatures anormalment baixes). La intervenció restant s'ha fet en un període amb temperatures anormalment altes. La descripció exacta del model identificat és a l'Apèndix, on es presenta el nombre de defuncions sumat durant les setmanes de les intervencions, cosa que permet estimar l'excés de morts. Així, per exemple, durant les nou primeres setmanes de l'any 1983 hi va haver un augment de 64 defuncions cada setmana. Per validar aquest model s'han estudiat les funcions d'autocorrelació i d'autocorrelació parcial dels residus. S'ha observat que no hi ha cap valor significatiu. També s'ha constatat que la variància dels residus és de 635, molt inferior a la de la sèrie, que és de 1998, cosa que confirma la bondat del model.

Validació de la sèrie d'enterraments

La sèrie d'enterraments té un fort paral·lelisme amb la del nombre total de morts, tot i que el nombre d'enterraments és més gran perquè a Barcelona s'enterren persones que viuen fora de la ciutat, fenomen degut bàsicament a l'existència de més hospitals de tercer nivell a Barcelona; i al fet que en una part important dels enterraments no consta la residència del difunt (fig. 2). La sèrie d'enterraments es pot relacionar amb la sèrie de morts, amb la qual es troba fortament correlacionada per les dades d'una mateixa setmana (correlació creuada=0,93), correlació que decreix ràpidament pels valors de les setmanes anteriors.

S'ha obtingut una estimació del nombre de morts produïts mitjançant una regressió simple. La recta obtinguda

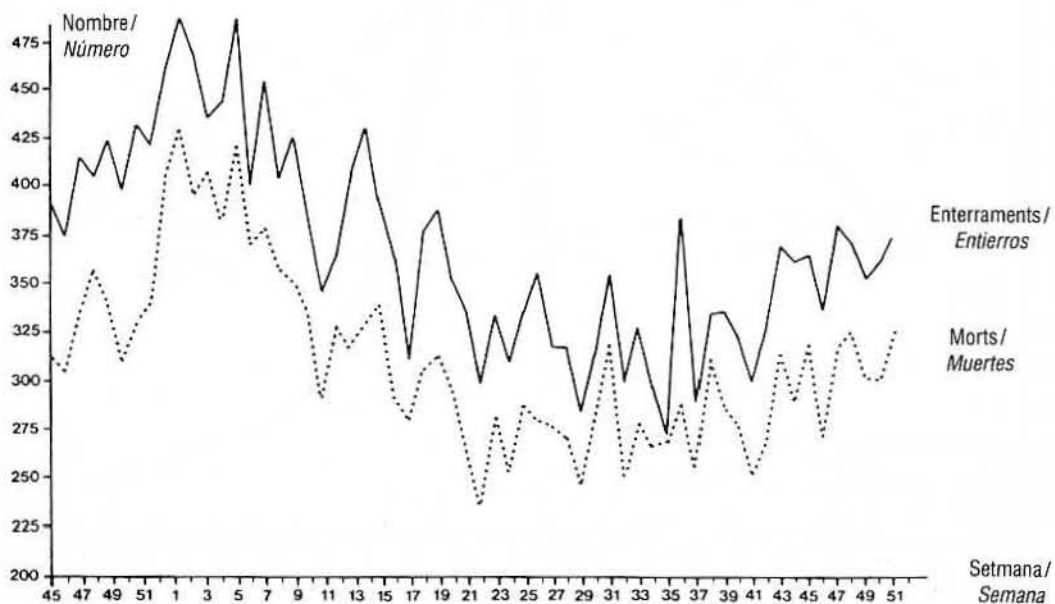
sistema de EDO, y por aislamiento del virus en muestras biológicas (en el tercero de estos períodos se constataron además temperaturas anormalmente bajas). La intervención restante se ha hecho en un período con temperaturas anormalmente altas. La descripción exacta del modelo identificado está en el apéndice, donde se presenta el número de defunciones sumado durante las semanas de las intervenciones, lo cual permite estimar el exceso de muertes. Así por ejemplo, durante las 9 primeras semanas del año 1983 hubo un aumento de 64 defunciones en cada semana. Para validar este modelo se han estudiado las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial de los residuos, y se ha observado que no hay ningún valor significativo. También se ha constatado que la varianza de los residuos es de 635, muy inferior a la de la serie, que es de 1998, lo cual confirma la bondad del modelo.

Validación de la serie de entierros

La serie de entierros tiene un fuerte paralelismo con la del número total de muertes, aunque el número de entierros en Barcelona es mayor porque en esta ciudad se entierren personas que viven fuera de ella, fenómeno debido básicamente a la existencia de más hospitales de tercer nivel en Barcelona, y a que en una parte importante de los entierros no consta la residencia del difunto (fig. 2). La serie de entierros se puede relacionar con la serie de muertes, con la cual se encuentra fuertemente correlacionada por los datos de una misma semana (correlación cruzada=0,93), correlación que decrece rápidamente por los valores de las semanas anteriores.

Se ha obtenido una estimación del número de muertes producidas mediante una regresión simple. La recta obteni-

Figura 2. Sèrie d'enterraments i sèrie de mortalitat per totes les causes. Barcelona, setmana 45 de 1985 a setmana 52 de 1986.
Figura 2. Serie de entierros y serie de mortalidad por todas las causas. Barcelona, semana 45 de 1985 a semana 52 de 1986.



és la següent. Morts = $15,94+0,80$ enterraments, amb una $R^2 = 0,90$ i una desviació estàndard de les morts = 8,8 i desviació estàndard dels enterraments = 0,02.

S'ha comprovat posteriorment mitjançant el càlcul de les funcions d'autocorrelació i d'autocorrelació parcial que els residus d'aquesta regressió no estan autocorrelacionats, la qual cosa confirma que la dependència entre les dues sèries queda ben modelada per la regressió realitzada.

Un exemple: comportament del model en una epidèmia de grip

Com a exemple del funcionament del programa preparat per detectar l'existència d'un període anormalment alt de defuncions, es pot destacar l'epidèmia de grip de les primeres setmanes de l'any 1987.

Durant les primeres sis setmanes de 1987 hi va haver un augment de les MDO de grip (fig. 3), de la notificació de gripes pels metges sentinelles i de l'aïllament del virus A (H1N1), que va anar acompanyat d'un augment del nombre d'enterraments.

La figura 4 mostra la previsió adaptativa durant aquesta temporada; en la primera setmana de gener van començar a augmentar els enterraments. A la figura 5 es presenta la previsió no adaptativa a partir de la setmana 52 de 1986 (que comença el 21 de desembre), i s'hi aprecia que durant les sis primeres setmanes de 1987 es van superar àmpliament les dues desviacions estàndard.

da es la siguiente: muertes = $15,94+0,80$ entierros, con una $R^2 = 0,90$ y una desviación estándar de las muertes = 8,8 y desviación estándar de los entierros = 0,02.

Se ha comprobado posteriormente mediante el cálculo de las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial que los residuos de esta regresión no están autocorrelacionados, lo que confirma que la dependencia entre las dos series queda bien modelada por la regresión realizada.

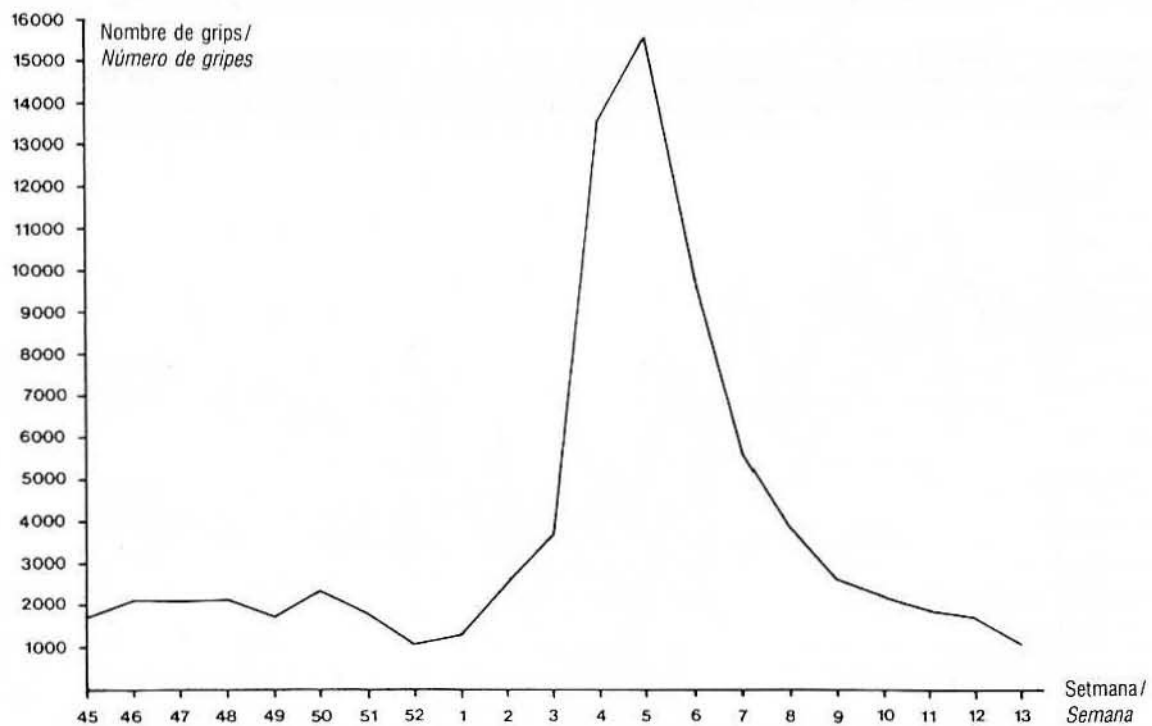
Un ejemplo: comportamiento del modelo en una epidemia de gripe

Como ejemplo del funcionamiento del programa preparado para detectar la existencia de un período anormalmente alto de defunciones, se puede destacar la epidemia de gripe de las primeras semanas del año 1987.

Durante las primeras seis semanas de 1987 hubo un aumento de las EDO de gripe (fig. 3), de la notificación de gripes por los médicos centinelas y del aislamiento del virus A(H1N1), que fue acompañado de un aumento del número de entierros.

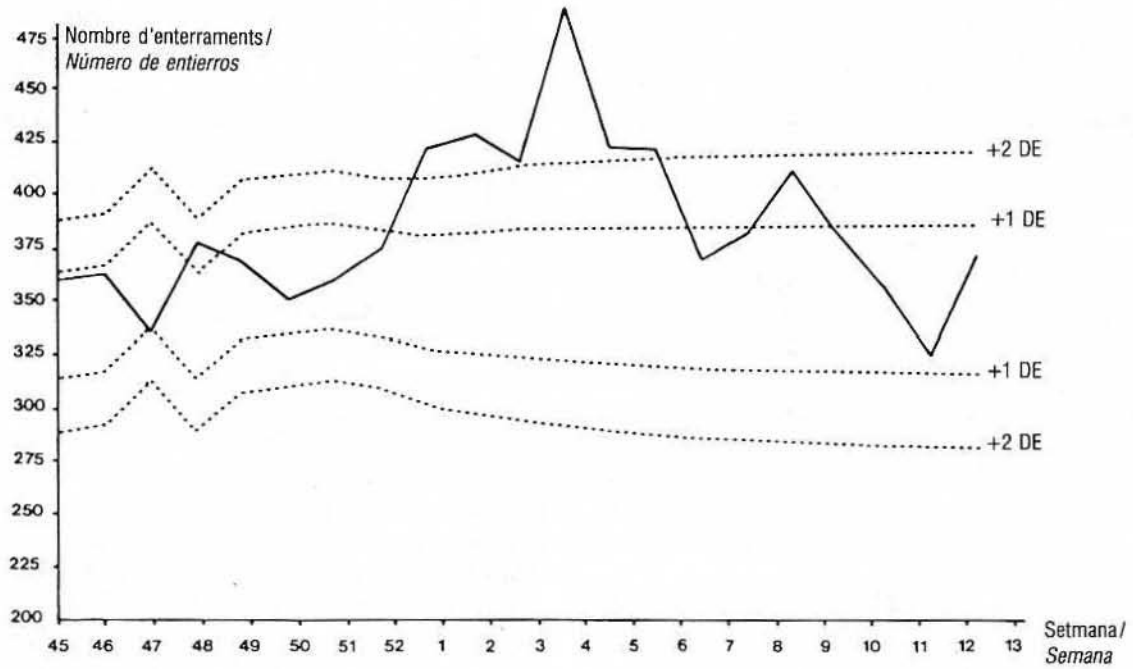
La figura 4 muestra la previsión adaptativa durante esta temporada; en la primera semana de enero empezaron a aumentar los entierros. En la figura 5 se presenta la previsión no adaptativa a partir de la semana 52 de 1986 (que empieza el 21 de diciembre), donde se aprecia que durante las seis primeras semanas de 1987 se superaron ampliamente las dos desviaciones estándar.

Figura 3. Nombre de gripes declarades en MDO (previsió adaptativa). Barcelona, setmana 45 de 1986 a setmana 13 de 1987.
Figura 3. Número de gripes declaradas en EDO (previsión adaptativa). Barcelona, semana 45 de 1986 a semana 13 de 1987.



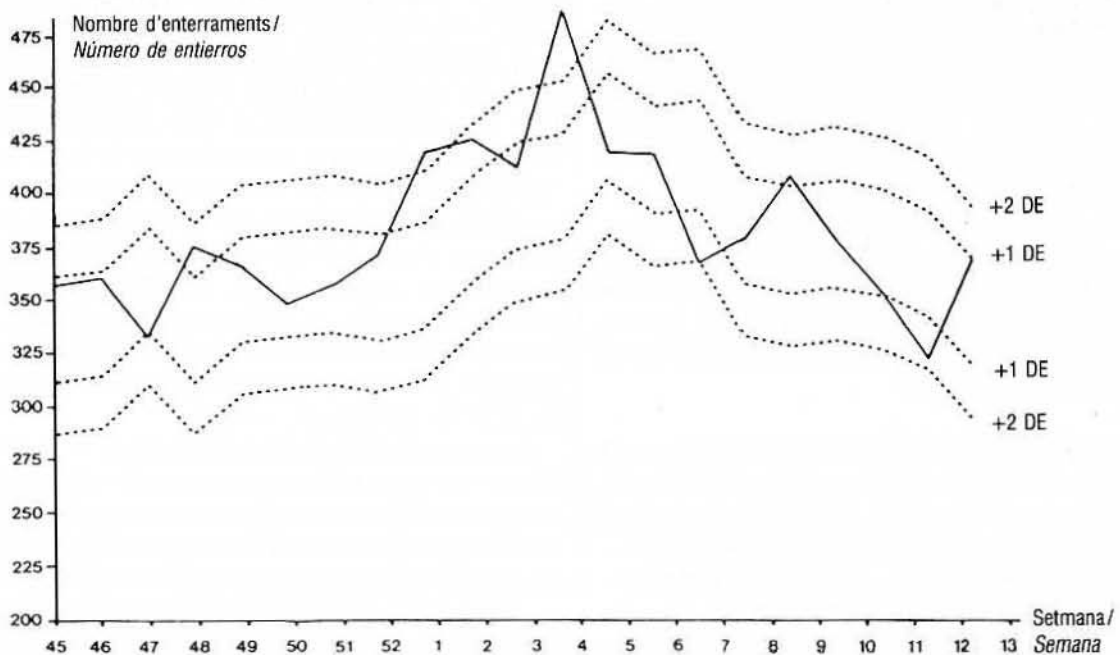
MDO=Malalties de Declaració Obligatoria. EDO=Enfermedades de Declaración Obligatoria.

Figura 4. Nombre d'enterraments (previsió adaptativa). Barcelona, setmana 45 de 1986 a setmana 13 de 1987.
 Figura 4. Número de entierros (previsión adaptativa). Barcelona, semana 45 de 1986 a semana 13 de 1987.



DE=Desviació estàndard / Desviación estándar

Figura 5. Nombre d'enterraments (previsió no adaptativa). Barcelona, setmana 45 de 1986 a setmana 13 de 1987.
 Figura 5. Número de entierros (previsión no adaptativa). Barcelona, semana 45 de 1986 a semana 13 de 1987.



DE=Desviació estàndard / Desviación estándar

Discussió

Aquest estudi presenta un mètode que permet detectar amb periodicitat setmanal i de manera ràpida (del nombre d'enterraments, se'n disposa amb una setmana d'endarreriment) l'augment del nombre de defuncions en una àrea geogràfica ben definida, utilitzant el nombre d'enterraments setmanals com a indicador indirecte de la mortalitat per totes les causes. Segons el nostre coneixement, un mètode similar no ha estat descrit anteriorment, tot i que s'han utilitzat diferents mètodes per fer la predicció de la mortalitat, la majoria d'ells basats en l'ajust de funcions periòdiques²⁻⁸. Els mètodes ARIMA han estat poc emprats en el camp de l'epidemiologia^{23,24}, però, en canvi, s'han utilitzat àmpliament en economia. Cal destacar l'estudi realitzat per Choi i Thacker l'any 1981, on es van utilitzar aquests mètodes per estudiar el nombre esperat de defuncions per pneumònia i grip, i es van comparar amb el mètode de la regressió; es va trobar que els mètodes ARIMA permetien prediccions més acurades⁹⁻¹¹.

S'ha identificat un model ARIMA (3,0,0) per a la sèrie de defuncions, que s'ha relacionat amb la sèrie d'enterraments. És important el fet d'introduir l'anàlisi d'intervenció, ja que fa que el model ajusti millor i al mateix temps permet quantificar l'excés de morts durant aquestes setmanes. La sèrie d'enterraments podria ser modelada per ella mateixa, però inicialment és interessant relacionar-la amb la sèrie real de morts, per poder estudiar durant més temps el comportament de les dues sèries, i en tot cas en el futur, es podria modelar ella sola.

Cal, però, tenir en compte que aquestes estratègies impliquen un seguit d'assumpcions generals. En primer lloc, no existeix encara un mètode únic i àmpliament acceptat per predir la mortalitat. En segon lloc, els criteris per a establir els dintells de risc i d'alt risc són estadístics i per tant modificables. Finalment, la utilització d'informació relativa a la mortalitat a partir dels certificats de defunció comporta determinades limitacions ben conegudes pel que fa a la qualitat de les dades²⁵. Tanmateix, i en el cas de l'estudi que ens ocupa, que utilitza dades de mortalitat total, és poc plausible que les possibles deficiències de qualitat que podrien afectar els resultats (especialment pel que fa a la cobertura) siguin importants, atès que totes les defuncions han de tenir el seu BED corresponent.

La rellevància del mètode presentat s'incrementa pel fet que es disposa d'informació per a la vigilància epidemiològica de la grip, com la que prové del Sistema de Malalties de Declaració Obligatòria, les declaracions de metges sentinelles i les dades del Laboratori de Microbiologia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Barcelona. Com ha estat descrit, aquesta informació permet optimitzar la interpretació de la distribució temporal de la mortalitat total en cas d'epidèmia de grip. Cal destacar, però, que en cas d'una epidèmia important de grip, els indicadors que haurien de

Discusión

Este estudio presenta un método que permite detectar con periodicidad semanal y de forma rápida (se dispone del número de entierros con una semana de atraso) el aumento del número de defunciones en un área geográfica bien definida, utilizando el número de entierros semanales como indicador indirecto de la mortalidad por todas las causas. No tenemos conocimiento de que un método similar se haya descrito anteriormente, aunque se han utilizado diferentes métodos para hacer la predicción de la mortalidad, la mayoría de ellos basados en el ajuste de funciones periódicas²⁻⁸. Los métodos ARIMA han sido poco utilizados en el campo de la epidemiología^{23,24} pero, en cambio, se han utilizado ampliamente en economía. Cabe destacar el estudio realizado por Choi y Thacker en el año 1981, donde se utilizaron estos métodos para estudiar el número esperado de defunciones por neumonía y gripe, y se compararon con el método de la regresión; se concluyó que los métodos ARIMA permitían predicciones más precisas⁹⁻¹¹.

Se ha identificado un modelo ARIMA (3,0,0) para la serie de defunciones que se ha relacionado con la serie de entierros. Es importante el hecho de introducir el análisis de intervención porque hace que el modelo ajuste mejor y al mismo tiempo permite cuantificar el exceso de muertes durante estas semanas. La serie de entierros podría ser modelada por ella misma, pero inicialmente es interesante relacionarla con la serie real de muertes, para poder estudiar durante más tiempo el comportamiento de las dos series, y en todo caso en el futuro, se podría modelar ella sola.

Hay que tener en cuenta que estas estrategias implican una serie de asunciones generales. En primer lugar, no existe aún un método único y ampliamente aceptado para predecir la mortalidad. En segundo lugar, los criterios para establecer los umbrales de riesgo y de alto riesgo son estadísticos y por tanto modificables. Finalmente, la utilización de información relativa a la mortalidad a partir de los certificados de defunción comporta determinadas limitaciones bien conocidas que hacen referencia a la calidad de los datos²⁵. Asimismo, y en el caso del estudio que nos ocupa, que utiliza datos de mortalidad total, es poco plausible que las posibles deficiencias de calidad que podrían afectar los resultados (referido especialmente a la cobertura) sean importantes, teniendo en cuenta que todas las defunciones han de tener su BED correspondiente.

La relevancia del método presentado se incrementa por el hecho de que se dispone de información para la vigilancia epidemiológica de la gripe, como la que proviene del Sistema de Enfermedades de Declaración Obligatoria, las declaraciones de médicos centinelas y los datos del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona. Como se ha descrito, esta información permite optimizar la interpretación de la distribución temporal de la mortalidad total en caso de epidemia de gripe. Pero cabe destacar que, en caso de una epidemia impor-

facilitar-ne més la detecció són els de morbiditat, essent les dades de mortalitat un indicador complementari ^{13,22}.

És clar que la mortalitat per totes les causes tan sols ofereix una descripció «cruda» del fenomen, que sens dubte podria ser diferent si s'analitzés per determinades causes ^{3,4,5-13}, o en determinats grups d'edat ¹⁴. El fet que l'Institut Municipal de Serveis Funeraris no registri la causa de defunció, ni l'edat del difunt ha impedit fer una anàlisi exhaustiva. Tanmateix, creiem que aquests inconvenients queden superats pels beneficis de disposar d'un instrument que permeti, de manera ràpida, accessible i a baix cost, la monitorització de la mortalitat setmanal a la ciutat de Barcelona i la predicció del nombre esperat de defuncions per a la setmana següent, de manera que es pugui detectar ràpidament qualsevol augment de la mortalitat.

Malgrat que la vigilància epidemiològica ha estat una de les activitats de més llarga tradició dintre de la salut pública, encara hi ha lloc per a l'aportació d'estratègies que permetin millorar-ne l'eficàcia. L'estudi presentat proposa un mètode que creiem que pot ser emprat sense dificultats més grans pels departaments de salut pública locals o regionals del nostre país. Fonamentalment representa l'establiment del recompte setmanal de tots els enterraments d'una determinada àrea i la posterior modelització, cosa que creiem que és factible en moltes localitzacions geogràfiques, malgrat que no en tots els municipis els enterraments siguin una competència municipal. D'altra banda, el modelatge de la mortalitat total a partir dels BED és possible retrospectivament en diverses comunitats autònomes, en la mesura que les dades anuals desagregades es publiquin periòdicament o estiguin disponibles per a l'anàlisi.

Finalment, atès que la distribució de la mortalitat és un procés dinàmic i sotmès a canvis temporals, és recomanable la revisió periòdica del model identificat, i la introducció, anualment per exemple, de les dades de mortalitat que s'hagin generat d'ençà de l'anterior modelatge.

APÈNDIX

El model ARIMA (3,0,0) que modelitza la sèrie de mortalitat és:

$$Z_t = 1 / (1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \Phi_3 B^3) a_t$$

on: $\Phi_1 = 0,3921$
 $\Phi_2 = 0,1865$
 $\Phi_3 = 0,1973$

En afegir un factor d'intervenció, el model pren la forma:

$$Z_t = w_a I_a + w_b I_b + w_c I_c + 1 / (1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \Phi_3 B^3) a_t$$

tante de gripe, los indicadores que tendrían que facilitar más la detección son los de morbilidad, mientras que los datos de mortalidad son un indicador complementario ^{13,22}.

Está claro que la mortalidad por todas las causas sólo ofrece una descripción «cruda» del fenómeno, que sin duda podría ser diferente si se analizara por determinadas causas ^{3,4,5-13}, o en determinados grupos de edad ¹⁴. El hecho de que el Instituto Municipal de Servicios Funerarios no registre la causa de defunción ni la edad del difunto ha impedido hacer un análisis exhaustivo. Asimismo, creemos que estos inconvenientes quedan superados por los beneficios de disponer de un instrumento que permita, de forma rápida, accesible y a bajo coste, la monitorización de la mortalidad semanal en la ciudad de Barcelona y la predicción del número esperado de defunciones de la semana siguiente, de manera que se pueda detectar rápidamente cualquier aumento de la mortalidad.

A pesar de que la vigilancia epidemiológica ha sido una de las actividades de tradición más larga dentro de la salud pública, aún hay lugar para la aportación de estrategias que permitan mejorar su eficacia. El estudio presentado propone un método que creemos que puede ser utilizado sin mayores dificultades por los departamentos de salud pública locales o regionales de nuestro país. Fundamentalmente supone el establecimiento del recuento semanal de todos los entierros de una determinada área y, posteriormente, la elaboración de un modelo, cosa que creemos que es factible en muchas localizaciones geográficas, a pesar de que no en todos los municipios los entierros sean una competencia municipal. Por otro lado, el modelaje de la mortalidad total a partir de los BED es posible retrospectivamente en diversas comunidades autónomas, en la medida en que los datos anuales desagregados se publiquen periódicamente o estén disponibles para el análisis.

Finalmente, teniendo en cuenta que la distribución de la mortalidad es un proceso dinámico y sometido a cambios temporales, es recomendable la revisión periódica del modelo identificado introduciendo, anualmente por ejemplo, los datos de mortalidad que se hayan generado desde el anterior modelo.

APÉNDICE

El modelo ARIMA (3,0,0) que modela la serie de mortalidad es:

$$Z_t = 1 / (1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \Phi_3 B^3) a_t$$

donde: $\Phi_1 = 0,3921$
 $\Phi_2 = 0,1865$
 $\Phi_3 = 0,1973$

Al añadir un factor de intervención, el modelo tiene la forma:

$$Z_t = w_a I_a + w_b I_b + w_c I_c + 1 / (1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \Phi_3 B^3) a_t$$

on:

I=Intervenció
w=paràmetre intervenció
 $I_a=1$ en les setmanes amb intervenció deguda a grip.
 $I_a=0$ altrament
 $w_a=64,05$
 $I_b=1$ en les setmanes amb intervenció deguda a temperatures altes.
 $I_b=0$ altrament.
 $w_b=58,53$
 $I_c=1$ en les setmanes amb intervenció deguda a baixes temperatures i grip.
 $I_c=0$ altrament.
 $w_c=95,83$

Agraïment

Agraïm a les següents institucions i persones la seva col·laboració en l'elaboració d'aquest treball: Assumpta Company per la seva participació en l'inici del treball, l'Institut Municipal de Serveis Funeraris per facilitar les dades dels enterraments, l'Institut Nacional de Meteorologia per les dades climatològiques, el Laboratori de Microbiologia de la Facultat de Medicina i especialment Josep Vidal per facilitar-nos les dades microbiològiques, Manuela Tejeda per la mecanització de les MDO, Maribel Urgellés per la preparació del manuscrit, Joan Caylà pels seus comentaris a una versió prèvia, i a tots els metges que treballen a l'atenció primària i que van col·laborar en el programa de Vigilància Epidemiològica de la grip de l'IMS.

Bibliografia

1. Thacker SB, Berkelman RL. Public Health surveillance in the United States. *Epidemiol Rev* 1988; 10: 164-91.
2. Rogot E, Fabsitz R, Feinleib M. Daily variation in USA mortality. *Am J Epidemiol* 1976; 103: 198-211.
3. Nayha S. Short and medium-term variations in mortality in Finland. A study on cyclic variations, annual and weekly periods and certain irregular changes in mortality in Finland during the period 1868-1972. *Scand J Soc Med* 1980; Supl. 21.
4. Ellis FP, Princé HP, Lovatt G, Whittington RM. Mortality and morbidity in Birmingham during the 1976 heathwave. *Q J Med* 1980, New series XLIX; 193: 1-8.
5. Housworth J, Langmuir A. Excess mortality from epidemic influenza, 1957-1966. *Am J Epidemiol* 1974; 100: 40-8.
6. Alling DW, Blackwelder WC, Stuart-Harris CH. A study of excess mortality during influenza epidemics in the United States, 1968-1976. *Am J Epidemiol* 1981; 113: 30-43.
7. Tillett HE, Smith JWG, Clifford RE. Excess morbidity and mortality associated with influenza in England and Wales. *Lancet* 1980; i: 793-5.
8. Serfling RE. Methods for current statistical analysis of excess pneumonia-influenza deaths. *Public Health Rep* 1963; 78: 494-506.
9. Choi K, Thacker SB. An evaluation of influenza mortality surveillance, 1962-1979. 1. Time series forecasts of expected pneumonia and influenza deaths. *Am J Epidemiol* 1981; 113: 215-26.
10. Choi K, Thacker SB. An evaluation of influenza mortality surveillance, 1962-1979. 2. Percentage of pneumonia and influenza deaths as an indicator of influenza activity. *Am J Epidemiol* 1981; 113: 227-35.
11. Choi K, Thacker SB. Mortality during influenza epidemics in the United States, 1976-1978. *Am J Public Health* 1982; 72: 1280-3.

donde:

I=Intervención
w=parámetro intervención
 $I_a=1$ en las semanas con intervención debida a gripe
 $I_a=0$ de otra manera
 $w_a=64,05$
 $I_b=1$ en las semanas con intervención debida a temperaturas altas
 $I_b=0$ de otra manera
 $w_b=58,53$
 $I_c=1$ en las semanas con intervención debida a temperaturas bajas y gripe
 $I_c=0$ de otra manera
 $w_c=95,83$

Agradecimiento

Agradecemos a las instituciones y personas siguientes su colaboración en la realización de este trabajo: a Assumpta Company por su participación en el inicio del trabajo, al Instituto Municipal de Servicios Funerarios por facilitar los datos de los entierros, al Instituto Nacional de Meteorología por los datos climatológicos, al Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina de la Universidad, y especialmente a Josep Vidal, por facilitarnos los datos microbiológicos, a Manuela Tejeda por la mecanización de las MDO, a Maribel Urgellés por la preparación del manuscrito, a Joan Caylà por sus comentarios a una versión previa, y a todos los médicos que trabajan en la atención primaria y que colaboraron en el programa de Vigilancia Epidemiológica de la gripe del IMS.

12. Lui KJ, Kendal AP. Impact of influenza epidemics on mortality in the United States from October 1972 to May 1985. *Am J Public Health* 1987; 77: 712-6.
13. Glezen WP. Serious morbidity and mortality associated with influenza epidemics. *Epidemiol Rev* 1982; 4: 25-44.
14. Stroup DF, Thacker SB, Herdon JL. Application of multiple time series analysis to the estimation of pneumonia and influenza mortality by age 1962-1983. *Stat Med* 1988; 7: 1045-59.
15. WHO. *Manual of mortality analysis*. Geneva, 1980.
16. Aoki N, Kasagai F, Horibe H. Projection of mortality from cerebrovascular disease, 1985 through 2000 AD, in Japan. *Jpn Circ J* 1987; 51: 138-43.
17. Li FP. Cancer mortality in China, 1975-2000: implications for cancer control. *Cancer Detect Prev* 1980; 3: 499-506.
18. Box GEP, Jenkins GM. *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day, 1976.
19. Box GEP, Tiao GC. Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. *J Amer Statist Ass* 1975; 70: 70-9.
20. Organización Mundial de la Salud. *Manual de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades, Traumatismos y Causas de Defunción*. 9ª rev. Washington, 1978. Publicación nº 353.
21. *BMDP Statistical Software*. University of California Press, 1983.
22. Anònim. *Informe de l'activitat de la grip durant la temporada 1986-87 a la ciutat de Barcelona*. Servei d'Epidemiologia i Estadístiques Vitals. Institut Municipal de la Salut. Ajuntament de Barcelona, 1987.
23. Catalano R, Serxner S. Time series designs of potential interest to epidemiologists. *Am J Epidemiol* 1987; 126: 724-31.
24. Helfenstien U. Box-Jenkins modelling of some viral infectious diseases. *Stat Med* 1986; 5: 37-47.
25. Domingo A, Company A. Valoración de la calidad de los certificados de defunción. Aplicación de un cuestionario en Barcelona ciudad. *Gac Sanit, Sèrie Monogràfica* 1983. 1: 16-25.