

CARTAS AL EDITOR

Meningitis meningocócica y caos

Meningococcal meningitis and chaos

Señor Editor: Recientemente se ha analizado la dinámica de la meningitis meningocócica en Chile¹. Con un modelo de ecuaciones de diferencia basado en la interacción casos-susceptibles y en una proporción constante de portadores más el análisis de la serie observada de casos, con modelos multiplicativos de ARIMA-SARIMA, se ha propuesto que aumentos en la transmisibilidad o en la proporción de portadores podrían producir una dinámica caótica estacional, que impediría una predicción a largo plazo. A pesar de lograr un adecuado ajuste en el modelo ARIMA-SARIMA, a partir del noveno mes la capacidad predictiva disminuye claramente, lo cual induce a pensar en una dinámica caótica (rápida pérdida de información). En esta nota complementamos el trabajo anterior demostrando que en la dinámica de la serie observada de casos existe efectivamente caos, y estimamos la tasa de pérdida de información de la serie de casos.

Analizamos la serie mensual de casos entre 1975 y 1994 sin $S(t)$ y con desestacionalización ($W(t) = S(t) - S(t-12)$). Se construyeron los atractores graficando los datos en ejes ($X(t)$, $X(t+\partial)$, $X(t+2\partial)$), siguiendo a Takens (1981)² con $\partial = 3$ meses y a Schaffer y Kot (1985)³. En ambas series $S(t)$ y $W(t)$ se calcularon las dimensiones de correlación (d) con el algoritmo de Grassberger y Procaccia⁴ (1983) y el mayor exponente de Lyapunov (L) con el algoritmo de Wolf et al⁵; ambos algoritmos implementados en el programa SANTIS (Signal Analysis and Time Series Processing, 1996). Como referencia, estas dos últimas características miden la complejidad y geometría fractal del atractor (d no entera) y la tasa de crecimiento exponencial de las incertezas (L) o predictibilidad⁶.

Los resultados confirman que la meningitis meningocócica en Chile tiene una dinámica caó-

tica instalada sobre un patrón estacional de base. Su dinámica es compleja ($d = 2,14$) con geometría fractal (d no entera) y una pérdida de información estimada en 0,542 Bits/año. La complejidad no cambia mayormente al desestacionalizar la serie; sin embargo, la pérdida de información disminuye. La diferencia entre los exponentes de Lyapunov de $S(t)$ y $W(t)$ es una medida de la impredecibilidad introducida por el factor estacional. Como referencia, la dinámica teórica generada por el modelo de Canals¹ (1996) analizada con el mismo método reveló una dimensión de correlación $d = 2,358$ y un exponente de Lyapunov $L = 0,512$ Bits/año, ambos valores muy semejantes a los de la serie observada de casos.

Las dimensiones de correlación aquí estimadas son algo menores que las detectadas en otros países. Olsen et al⁷ (1988) encontraron dimensiones de 3,07 en Sarapiquí, 4,01 en Coquimbo y 3,92 en Escarlatina en Copenhague, aunque dichos autores reconocen que sus valores están sobreestimados. El exponente de Lyapunov de la serie no desestacionalizada es similar a lo obtenido por otros autores. Schaffer y Kot³ (1985) obtuvieron 0,56 Bits/año y 0,6 Bits/año para Sarapiquí en Nueva York y Baltimore, respectivamente. Olsen et al⁷ señalan 0,6 Bits/año en Sarapiquí, 0,65 Bits/año para Coquimbo y 0,52 Bits/año en Escarlatina en Copenhague. Canals y Labra⁸ (1997) encuentran dimensiones de correlación entre 1,936 y 2,827 y exponentes de Lyapunov entre 0,512 y 1,107 Bits/año en un estudio en siete enfermedades infecciosas en Chile.

La dinámica de las enfermedades infecciosas obedece a gran cantidad de factores en interacción. Esta puede ser predominantemente de tipo estacional (como tifoidea, hepatitis o meningitis, o presentar recurrencia epidémica periódica

Tabla 1. Dimensión de correlación (d) y mayor exponente de Lyapunov (L) (Bits/año) de la serie de casos de meningitis meningocócica en Chile

	S(t)	W(t)	∂L
d	2,540	3,084	
L	0,542	0,362	0,180

S(t): serie de casos; W(t): serie desestacionalizada; ∂L es el cambio en L después de desestacionalizar.

como Sarampión y Escarlatina o una situación de epidemia⁹.

Considerando exclusivamente la fracción lineal del sistema es posible considerar la dinámica de las enfermedades infecciosas como resultante de la interacción entre la variación estacional de la transmisibilidad y de los ciclos de mayor período generados por la interacción casos-susceptibles⁹. Sin embargo, la variación en las tasas de contacto entre los individuos (como en el hacinamiento), la humedad o la temperatura pueden causar "resonancia" provocando oscilaciones en la casuística que se mantienen y/o amplifican en el tiempo³. Los factores estocásticos como fenómenos migratorios y otros que afecten el tamaño poblacional pueden afectar la dinámica³.

Los factores como densodependencia, transmisibilidad e interacción casos-susceptibles participan en la fracción no-lineal del sistema y cambios importantes en ellos fuerzan dinámicas caóticas que generan la conocida impredecibilidad a largo plazo de las enfermedades infecciosas, como en el caso aquí analizado. El reconocimiento del caos en la dinámica, y la determinación de la tasa de pérdida de información del sistema a través del tiempo (exponente de Lyapunov) permiten optimizar los mecanismos de vigilancia y control de las enfermedades infecciosas. El estudio de la fracción no lineal del sistema permite identificar los componentes de los parámetros forzantes que intervienen en la génesis de brotes epidémicos u otras situaciones impredecibles. En el caso de la meningitis, los umbrales que determinan bifurcaciones en las dinámicas se vencen localmente en áreas de hacinamiento o situaciones ecológicas particulares¹.

Mauricio Canals L, Fabián Labra S¹

Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Chile. Casilla 2, Correo 15, La Granja, Fax: 56 (2) 5416840; y Laboratorio de conductas cíclicas, Sueño y Neurobiología, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

¹ Cirujano Dentista

REFERENCIAS

1. CANALS M. Una aproximación a la dinámica de la meningitis meningocócica mediante sistemas dinámicos y series de tiempo. *Rev Méd Chile* 1996; 124: 178-88.
2. TAKENS F. Detecting strange attractors in turbulence. *Lect Notes in Math* 1981; 898: 366-81.
3. SCHAFER WM, KOTT M. Nearly one dimensional dynamics in an epidemic. *J Theor Biol* 1985; 112: 403-27.
4. BRASSBERGER P, PROCACCIA I. Measuring the strangeness of strange attractors. *Physica* 1983; 9D: 89-208.
5. WOLF A, SWIFT JB, SWINNEY HL, ET AL. Determining Lyapunov exponents from a time series. *Physica* 1985; 16D: 285-317.
6. HASTING HM, SUGIHARA B. *Fractals: a user's guide for the natural sciences*. Oxford University Press 1995.
7. OLSEN LF, TRUTH GL, SCHAFER WM. Oscillations and chaos in epidemics: A non-linear dynamic study of six childhood diseases in Copenhagen, Denmark. *Theor Population Biology* 1988; 33: 344-70.
8. CANALS A, LABRA F. Infectious diseases dynamics: analysis of the complexity and topological similarity of their attractors. *Theor Population Biology* (submitted), 1997.
9. CANALS A, MARTINEZ LO, FIRINGUETTI L. Dinámica de enfermedades infecciosas. Parte I: Estacionalidad. *Rev Méd Chile* 1989; 117: 87-94.