

Comportamiento fractal de infecciones asociadas al cuidado de la salud en el Hospital de Meissen ESE II Nivel, para los años 2011, 2012 y 2013.

Javier Rodríguez-Velásquez^{1,*}, Signed Prieto-Bohórquez¹, Catalina Correa-Herrera¹, Yolanda Soracipa-Muñoz¹, Ninfa Chaves-Torres⁵, Álvaro Javier Narváez-Mejía⁶, José Mojica-Madera⁷, Mónica Aguilera-Rodríguez⁸, Diego Tapia-Herrera⁹, Jairo Jattin¹⁰

Resumen

Introducción: la dimensión fractal estadística ha sido de utilidad para la caracterización de diversos fenómenos, incluyendo la dinámica cardíaca fetal y del adulto, así como comportamientos asociados al sistema inmune. Las Infecciones Asociadas al Cuidado de la Salud son un problema de salud de alta importancia a nivel mundial.

Objetivo: establecer el comportamiento fractal estadístico de la frecuencia de aparición de Infecciones Asociadas al Cuidado de la Salud.

Material y métodos: Se aplicó la ley de Zipf-Mandelbrot a la distribución de frecuencias de aparición agrupadas por especialidad de Infecciones Asociadas al Cuidado de la Salud en el Hospital Meissen ESE II Nivel, para los años 2011, 2012 y 2013. Se calculó la dimensión fractal estadística para cada año, hallando los rangos en los que se desenvuelve la dinámica en estos años y posteriormente se realizaron simulaciones de estas dinámicas anuales.

Resultados: Se observó un comportamiento a escala de la dinámica de aparición de Infecciones Asociadas al Cuidado de la Salud por especialidad, los valores de la dimensión fractal fue de 0,6104, 0,7560 y 0,4332 para los años 2011, 2012 y 2013 respectivamente.

Conclusión: La ley de Zipf/Mandelbrot permite caracterizar de forma objetiva y reproducible el comportamiento de la frecuencia de aparición de las Infecciones Asociadas al Cuidado de la Salud en el tiempo; las dimensiones fractales acotadas consecutivas en el tiempo permitirían generar predicciones, constituyendo una herramienta de ayuda para la vigilancia epidemiológica y la clínica.

Palabras clave: Fractales, Infección, Salud

Fractal behavior of infections associated with health care at Meissen Hospital ESE II Level, for the years 2011, 2012 and 2013.

Abstract

Introduction: The statistical fractal dimension has been useful for the characterization of diverse phenomena, including the fetal and adult cardiac dynamics, as well as the behaviors associated with the immune system. Health Care Associated Infections are a major health problem worldwide.

Objective: to establish the statistical fractal behavior of the frequency of occurrence of Health Care Associated Infections.

Material and methods: The Zipf-Mandelbrot law was applied to the frequency distribution of occurrences grouped by Health Care Associated Infections in II level at Meissen ESE Hospital for the years 2011, 2012 and 2013. The statistical fractal dimension was calculated for each year, finding the ranges in which the dynamics develops in these years and later simulations of these annual dynamics were carried out.

Results: Scale behavior of the dynamics of occurrence of Health Care Associated Infections by specialty was observed; the values of fractal dimension were 0.6104, 0.7560 and 0.4332 for the years 2011, 2012 and 2013 respectively.

Conclusion: The law of Zipf / Mandelbrot allows to characterize objectively and reproducibly the behavior of the frequency of occurrence of Health Care Associated Infections over time; the consecutive bounded fractal dimensions over time would allow predictions to be generated, constituting an aid tool for epidemiological and clinical surveillance.

Keywords: Fractals, Infection, Health.

Este artículo es producto del proyecto: Evaluación física y matemática de variables hemodinámicas de pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos fundamentada en la geometría fractal y los sistemas dinámicos: Cuantificaciones de aplicación clínica en 14 horas; desarrollado en el Centro de Investigaciones de Clínica del Country, en alianza con la Universidad Militar Nueva Granada.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: grupoinight2025@yahoo.es

Cra. 79B N° 51-16 Sur. Int. 5. Apto. 102, Barrio Kennedy, Bogotá D.C., Colombia. Teléfono: 4 52 7541

1 Grupo Insight. Universidad Militar Nueva Granada-Centro de Investigaciones Clínica del Country. Bogotá, Colombia.

5 Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

6 Hospital Meissen ESE II nivel. Bogotá, Colombia.

7 Hospital Meissen ESE II nivel. Bogotá, Colombia.

8 Hospital Meissen ESE II Nivel. Bogotá, Colombia.

9 Grupo Insight. Centro de Investigaciones Clínica del Country. Bogotá, Colombia.

10 Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

Recibido: 29/06/2017; Aceptado: 21/07/2017

Cómo citar este artículo: J. Rodríguez-Velásquez, et al. Comportamiento fractal de infecciones asociadas al cuidado de la salud en el Hospital de Meissen ESE II Nivel, para los años 2011, 2012 y 2013. Infectio 2018; 22(2): 70-75

Introducción

Benoît Mandelbrot creó la geometría fractal, la cual permite calcular el grado de irregularidad de los objetos, ya sean abstractos o naturales, por medio de dimensiones fractales¹⁻³. Existen diferentes tipos de objetos fractales y diferentes definiciones de dimensión fractal. Por ejemplo, para los fractales salvajes, tales como las estructuras del cuerpo humano, la dimensión fractal se calcula con el método de Box-Counting⁴. La dimensión de Hausdorff^{3,4} se usa para calcular la dimensión de fractales matemáticos, mientras que la dimensión de los fractales estadísticos se mide mediante la Ley de Zipf/Mandelbrot, a partir de las distribuciones de las frecuencias de la variable estudiada⁵.

El comportamiento fractal estadístico fue descubierto inicialmente en los lenguajes naturales⁵⁻⁸, evidenciando que la distribución de la frecuencia de las palabras exhibe una estructura ordenada, jerarquizada y estática, la cual puede evaluarse a partir de la dimensión fractal estadística. Este tipo de dimensión fractal evalúa el grado de complejidad de sistemas compuestos por variables con diferentes frecuencias de aparición. Para esto se asignan rangos a las frecuencias, y para la mayor frecuencia se asigna el menor rango, obteniendo una organización jerárquica que presenta un comportamiento hiperbólico. Posteriormente se realiza una linealización logarítmica de las frecuencias y de los rangos para calcular el grado de complejidad^{6,7}.

Mandelbrot encontró que los valores de dimensión fractal disminuían en los textos de cartas escritas por monjas que padecían Alzheimer⁸, lo que evidencia una pérdida de la complejidad del lenguaje. Las diferencias entre dimensiones fractales estadísticas también se ha podido observar en los repertorios de linfocitos B y T^{9,10} mediante una analogía lingüística, posteriormente analizando el comportamiento fractal estadístico del repertorio T específico contra el alérgeno Poa p9¹¹ se hallaron diferencias matemáticas de aplicación clínica, entre la respuesta inmune ante la presencia y ausencia de interferón α .

Con la aplicación de la ley de Zipf-Mandelbrot se desarrolló un diagnóstico matemático de la monitoría fetal en el contexto de una reinterpretación de la concepción salud-enfermedad de los sistemas dinámicos¹², mediante la definición de CDS (Componentes Dinámicos del Sistema), los cuales representan los cambios en la altura del trazado de la monitoría fetal. Esto permitió el desarrollo de cuantificaciones objetivas y reproducibles, que superaron los problemas de reproducibilidad inter e intra observador¹³.

Las Infecciones Asociadas al Cuidado de la Salud (IACS) causan resultados adversos en los pacientes, incluyendo aumento de la mortalidad, hospitalización prolongada y como resultado un aumento en los costos de salud¹⁴⁻¹⁶, con índices de mortalidad entre 7,3%¹⁴ y 45%¹⁷⁻²² dependiendo del país y de las bacterias involucradas en la infección. Se ha encontrado

que la prevalencia global de las IACS es uno de los problemas de salud más importantes²³, especialmente en los países desarrollados donde se halla entre el 5,1% y el 11,6%²⁴. De acuerdo con estimaciones de la OMS, entre el 5% y el 10% de los pacientes atendidos en Instituciones de salud de países desarrollados sufrirán una o más infecciones asociadas al cuidado de la salud, mientras que en los países subdesarrollados, se estima que la proporción de pacientes afectados por ésta causa podría ser mayor al 25%²⁵. En Norteamérica, 1 de cada 136 pacientes hospitalizados enfrenta afecciones graves en relación con las IACS, representando aproximadamente 80.000 muertes al año; en México, cerca de 450.000 IACS son responsables de 32 decesos por cada 100.000 habitantes anualmente²⁶. En Colombia, para el año 2013, la proporción de IACS fue de 1,25 a nivel nacional, encontrándose las mayores tasas en Antioquia, Bogotá, Santander, Tolima y Valle del Cauca²⁷.

De acuerdo con el Boletín Epidemiológico Distrital de Infecciones hospitalarias del 2010, el índice global de infección hospitalaria observado en Bogotá durante este año (2.1 a 2,5 casos por 100 egresos) fue superior al promedio histórico, acercándose a la zona de alerta del corredor endémico y el porcentaje de casos confirmados en Bogotá fue del 42.0%²⁸. Actualmente, las IACS constituyen un problema de salud pública relevante a nivel mundial, afectando no sólo a los pacientes que las padecen sino a su familia, las estructuras hospitalarias y la comunidad en general²⁴. Como consecuencia de esto, los hospitales se ven enfrentados a una creciente presión para disminuir la incidencia de estas infecciones a través de leyes que requieren informes públicos de las tasas de infecciones hospitalarias, las reglas de reembolso y los esfuerzos públicos de los grupos de consumidores¹⁶. Se han desarrollado múltiples estudios que muestran el incremento de las IACS, sin embargo, no se cuenta con una metodología predictiva del fenómeno, lo que sería de gran utilidad para la toma de decisiones, no solo a nivel hospitalario, sino a nivel de la salud pública.

Dado que el establecimiento de un orden fractal estadístico para esta dinámica constituye el primer paso para el desarrollo de posibles predicciones que pueden desarrollarse a futuro, el propósito de este trabajo es establecer el comportamiento fractal estadístico de la frecuencia de aparición de IACS en el Hospital de Meissen ESE II nivel, buscando órdenes matemáticos descriptivos del fenómeno.

Materiales y métodos

Tipo de estudio

Se desarrolló un estudio retrospectivo observacional analítico durante enero del 2011 a diciembre del 2013, de los casos reportados con cualquier tipo de IACS consignados en el archivo digital del Hospital de Meissen ESE II nivel en Bogotá. El diagnóstico de las diferentes IACS fue establecido de acuerdo a los parámetros convencionales para cada tipo específico estudiado, y fue confirmado clínicamente o por laboratorio.

Procedimiento

Inicialmente, se calculó la frecuencia de aparición de casos para cada tipo de especialidad incluida en los archivos para cada año estudiado (ver tabla 1). Posteriormente, se calculó la dimensión fractal estadística, entendida como el grado de complejidad de un sistema, cuya dinámica se puede estudiar con frecuencias de aparición de determinadas variables. Este tipo de dimensión fractal puede tomar valores entre 0 y 1 y se establece mediante la ley de Zipf – Mandelbrot.

Para ello inicialmente se asigna a cada frecuencia encontrada un rango, dando a la mayor frecuencia el menor rango y aumentando el rango a medida que va disminuyendo el valor de las frecuencias.

Posteriormente se grafican estas frecuencias respecto a los rangos con el fin de establecer si se presenta una distribución hiperbólica, que es la condición para la aplicación de este tipo de dimensión fractal. A continuación se realiza una linealización para hallar el grado de complejidad de la distribución para cada año a partir del cálculo de la dimensión fractal estadística, mediante la Ley de Zipf/Mandelbrot, definida en la ecuación 1:

$$D = \frac{\log(r+V)}{\log(F/P)}$$

Donde:

D : es la dimensión fractal estadística, r designa el rango correspondiente al rango de frecuencia P . $V = 1/N-1$, siendo N el número total de frecuencias obtenidas, en este estudio este valor varía para cada año, F : corresponde a un parámetro de la linealización requerida para hallar la dimensión fractal, que es el punto de intersección con el eje vertical.

Una vez se obtuvieron las dimensiones fractales para cada año, se halló un rango con el menor y el mayor valor, y posteriormente se desarrollaron tres simulaciones de posibles dinámicas anuales que presenten un grado de complejidad dentro de este rango.

Consideraciones éticas

El diseño del estudio sigue los requisitos de la declaración de Helsinki y las leyes establecidas en los artículos 13 y 11 de la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud Colombiano, esta investigación está indicada como sin riesgo para los pacientes porque las medidas matemáticas se realizan a partir de registros de la base de datos del Meissen ESE II nivel, tomando sólo los archivos digitales (sin acceso a los nombres, la fuente de datos o la historia clínica de los pacientes), recogidos específicamente para fines de investigación. Además, se tuvieron en cuenta todas las precauciones para proteger la privacidad y confidencialidad de los sujetos.

Tabla 1. Frecuencias de aparición para cada una de las especialidades encontradas.

ESPECIALIDAD	FA			
	r	2011	2012	2013
Ginecología	1	61	92	61
Medicina Interna	2	58	78	86
Quirúrgicos	3	30	NA	NA
Pediatría	4	17	45	13
UCI Adultos	5	15	46	100
UCI Neonatos	6	11	53	128
Ortopedia	7	4	NA	NA
UCI Intermedios	8	4	NA	NA
Cirugía	9	3	45	70
UCI	10	3	NA	NA
Urgencia Pediátricas	11	3	NA	NA
URN	12	3	NA	NA
UCI Pediatría	13	2	NA	NA
Urología	14	1	NA	NA
Urgencias	15	NA	2	6
Urgencias adultos	16	NA	NA	2
Clínica heridas	17	NA	NA	1

Frecuencia de aparición: FA: Frecuencias de aparición para cada una de las especialidades encontradas. **r:** rango asignado a cada una de las frecuencias para la posterior aplicación de la ley Zipf-Mandelbrot. Unidad de cuidados intensivos **UCI:** Unidad de Cuidados Intensivos, **URN:** Unidad Recién Nacidos, **URG:** Urgencias, **NA:** No aplica.

Resultados

Se analizó una población total de 1454 pacientes durante los tres años estudiados, de los cuales 1045 pacientes fueron utilizados para este estudio por ser casos confirmados de IACS, de los cuales 622 fueron mujeres, es decir un 59,52%, y 423 fueron hombres, correspondiendo al 40,48%, con edades entre 1 día de nacido y 96 años de edad. Para cada año los valores de infectados fueron de 215 para el 2011, de 361 para el 2012 y para el 2013 fue de 469 (tabla 1).

Las especialidades relacionadas con los mayores valores de frecuencias fueron: Ginecología para el año 2011 y 2012; y UCI neonatos para el año 2013 (tabla 1). Los valores de las frecuencias de aparición estuvieron entre 1 y 128. Al aplicar la ley Zipf- Mandelbrot a la distribución de frecuencias de aparición de cada año, se obtuvo el comportamiento hiperbólico para posteriormente hallar las dimensiones fractales estadísticas, que presentaron valores de 0,6104 para el año 2011 (figura 1); de 0,7560 para el año 2012 (figura 2), y de 0,4332 para el año 2013 (figura 3). De esta forma se observó un comportamiento a escala de la dinámica anual de las frecuencias de aparición de IACS, en el contexto de la ley Zipf- Mandelbrot.

Al realizar las tres simulaciones (figura 4), los valores de las frecuencias de aparición oscilaron entre 2 y 119, mientras que las dimensiones fractales estadísticas estuvieron entre 0,5301 y 0,7412

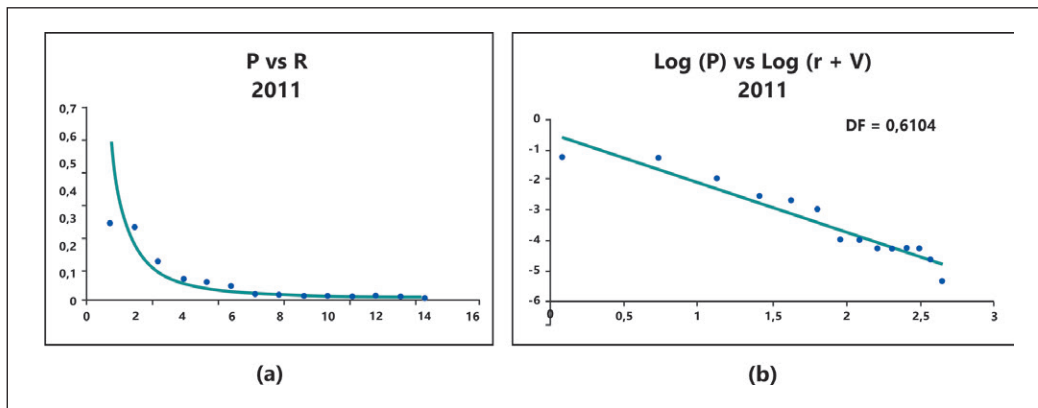


Figura 1. (a) Gráfica del comportamiento hiperbólico de las frecuencias de aparición de IACS para el año 2011. (b) Linealización logarítmica del comportamiento hiperbólico y dimensión fractal estadística (DF).

Discusión

Este es el primer trabajo en el cual se aplica la ley de Zipf-Mandelbrot a la dinámica anual de la aparición por especialidades de todo tipo de IACS, encontrando un comportamiento a escala con grados de complejidad variables para cada año, que fue posible caracterizar a través de la dimensión fractal estadística. La metodología desarrollada podría aplicarse en diferentes escalas, no solo a nivel institucional como se realizó en este estudio, sino también en análisis multicéntricos.

Los valores de dimensión fractal fueron finitos y se encontraron rangos para estos valores, lo que permitió desarrollar simulaciones de la dinámica de apariciones de IACS. Estas simulaciones evidencian la capacidad de la metodología para caracterizar adecuadamente este fenómeno, pues las simulaciones obtenidas se encontraron dentro del rango de infecciones establecido previamente. Este tipo de simulaciones en la práctica pueden ser de utilidad en la toma de decisiones en la vigilancia epidemiológica y la clínica para contrarrestar la aparición de estas infecciones, al brindar una comprensión más profunda sobre el fenómeno, desde un punto de vista cuantitativo, objetivo y reproducible, constituyendo una herramienta de ayuda en la vigilancia epidemiológica y en la clínica, permitiendo evaluar planes de prevención o implementación de diferentes medidas.

En el presente estudio no solo se describe el número de IACS para los años 2011-2013, sino que a partir de la ley de Zipf-Mandelbrot se encontraron rangos que permitirían desarrollar predicciones, como se pudo observar con las simulaciones. Dado que se trata de un trabajo de corte estrictamente físico-matemático, no se presentaron sesgos en el desarrollo del estudio, estableciendo en cambio un orden subyacente a la aparente variabilidad del fenómeno. Dado que el trabajo fue desarrollado solamente con la información de tres años, evaluando la dinámica de un Hospital específico, se espera a futuro desarrollar trabajos en los que se evalúe el comportamiento de otras instituciones, así como otros rangos de tiempo, para lograr cuantificaciones en periodos más pequeños. Del mismo modo se espera desarrollar a partir de este trabajo, metodologías de tipo predictivo para facilitar el manejo de este problema en salud pública.

Este tipo de resultados también se ha logrado en otros trabajos con dicha ley; por ejemplo, en el estudio del comportamiento del repertorio específico B y T^{9,10}, encontrando que es posible establecer el grado de complejidad de cada repertorio. También ha sido estudiado el comportamiento del repertorio específico T contra el alérgeno Poa p⁹¹¹ en presencia o ausencia de interferón α , lo que permite diferenciar matemáticamente la respuesta inmune entre ambos casos con la dimensión fractal estadística. De igual forma, se ha estable-

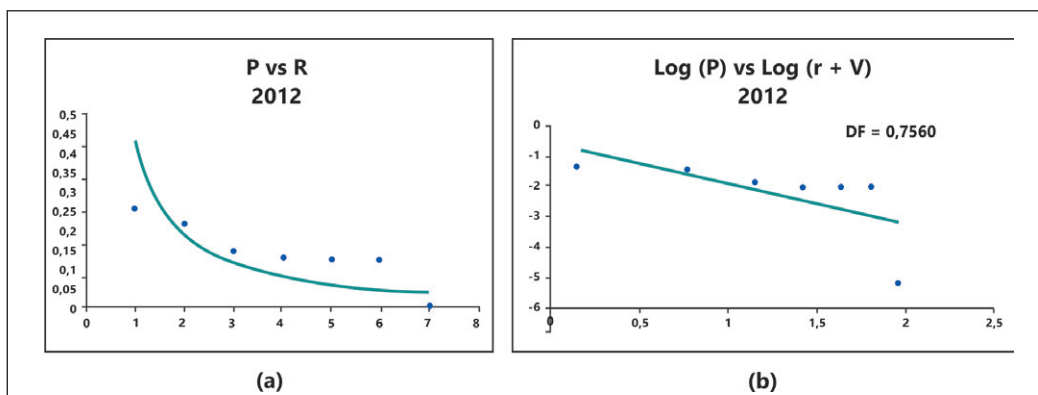


Figura 2. (a) Gráfica del comportamiento hiperbólico de las frecuencias de aparición de IACS para el año 2012. (b) Linealización logarítmica del comportamiento hiperbólico y dimensión fractal estadística (DF).

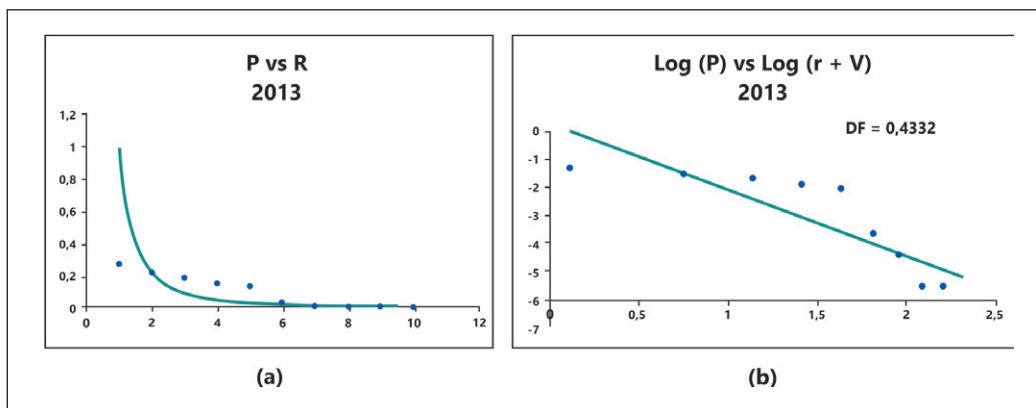


Figura 3. (a) Gráfica del comportamiento hiperbólico de las frecuencias de aparición de IACS para el año 2013. (b) Linealización logarítmica del comportamiento hiperbólico y dimensión fractal estadística (DF).

cido un diagnóstico físico matemático de la monitoría fetal¹² permitiendo superar los problemas intra e inter observador¹³ de la evaluación clínica convencional.

El desarrollo de nuevos diagnósticos clínicos y predicciones prácticas a partir de la aplicación de teorías físicas y matemáticas, ha mostrado ser de utilidad en múltiples campos de la medicina; como para el diagnóstico de la dinámica cardiaca de adulto, diferenciando normalidad de enfermedad y permitiendo la detección de procesos de agudización subdiagnosticados^{29,30}; y también en la dinámica cardiaca neonatal se lograron establecer predicciones de evolución de la dinámica cardiaca asociados a estados de sepsis neonatal³¹. Se han encontrado resultados notables en la predicción de la unión peptídica, así como en la predicción de brotes de malaria en Colombia en 820 municipios³². También, con base en geometría fractal y euclidiana, se desarrolló un diagnóstico objetivo de células pre neoplásicas y neoplásicas de cuello uterino, y Velásquez et al. calcularon todas las posibles vías de evolución entre normalidad y cáncer³³. Así mismo, a partir de los valores de leucocitos y linfocitos, analizados con la teoría de conjuntos se desarrolló una metodología predictiva de linfocitos T CD4 en pacientes con HIV³⁴.

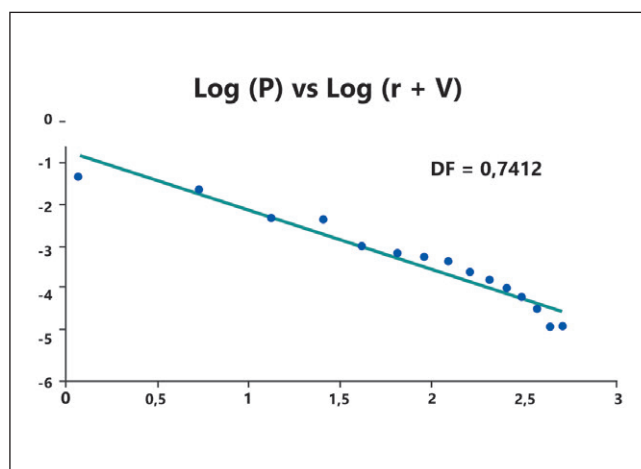


Figura 4. Gráfica de la linealización logarítmica de una de las simulaciones realizadas cuya dimensión fractal estadística (DF) es de 0,7412.

Conclusiones

La aplicación de la ley de Zipf/Mandelbrot permite caracterizar de forma objetiva y reproducible el comportamiento de la frecuencia de aparición por especialidad de todos los tipos de IACS en el tiempo.

Las dimensiones fractales estadísticas obtenidas permiten establecer rangos que acotan el comportamiento de la dinámica de las IACS en el tiempo.

Los rangos establecidos permiten el desarrollo de simulaciones de comportamientos posibles de la dinámica dentro de los rangos acotados.

Al establecer el comportamiento fractal estadístico del comportamiento de la frecuencia de aparición de las IACS, este trabajo constituye un punto de partida para el desarrollo de posibles predicciones, a partir del estudio de la evolución de esta variable en el tiempo, lo que constituiría una herramienta de ayuda para vigilancia epidemiológica.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que ha seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes

Fuente de financiación

Este estudio fue financiado con recursos del Hospital Universitario de San Vicente Fundación

Conflictos de interés

Los autores del manuscrito manifestamos no presentar ningún conflicto de interés.

Agradecimientos

Al Hospital Meissen ESE II nivel de Bogotá, en especial, al Dr. Omar Rovira, Coordinador de Docencia e Investigación, y la Dra. Johana Osorio; Epidemióloga y microbióloga, por permitir el acceso a la base de datos.

Agradecemos a la Universidad Militar Nueva Granada, por su apoyo a nuestras investigaciones. Especialmente a la Vicerrectoría de Investigaciones y la Facultad de Medicina. Extendemos un agradecimiento especial a la Dra. Nydia Alexandra Rojas, Directora de Investigaciones de la Facultad de Medicina, al Dr. Jorge Luque, Decano de la Facultad de Medicina, a la Dra. Yanneth Méndez, Vicerrectora académica y a la Ing. Marcela Iregui, Vicerrectora de Investigaciones.

Agradecemos también, al Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, en especial a los Doctores Tito Tulio Roa, Director de Educación Médica, Jorge Ospina, Director Médico, y Alfonso Correa, Director del Centro de Investigaciones; a la Doctora del Centro Adriana Lizbeth Ortiz, epidemióloga, las enfermeras Silvia Ortiz y Sandra Rodríguez, por el apoyo a nuestras investigaciones.

Bibliografía

- Mandelbrot B. Introducción. En: Los Objetos Fractales. Barcelona: Tusquets Editores SA; 2000. p.13-26.
- Mandelbrot B. How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension. *Science*, New Series 1967;56(3775): 636-38.
- Mandelbrot B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W. H. Freeman and Company; 1972. p. 341-8.
- Peitgen H, Jürgens H, Saupe D. Length area and dimension. Measuring complexity and scaling properties. En: Peitgen H, Jürgens H, Saupe D, editor. *Chaos and Fractals*, New Frontiers of Science. New York: Springer-Verlag; 1992. p.183-228.
- Zipf G. Human behaviour and the principle of least effort: An introduction to human ecology. Cambridge: MA: Addison-Wesley; 1949.
- Mandelbrot B. Scaling and power laws without geometry. In: The Fractal Geometry of Nature. New York: W. H. Freeman and Company; 1972. p. 344-8.
- Mandelbrot B. Árboles jerárquicos o de clasificación, y la dimensión. En: Mandelbrot B, editor. Los Objetos Fractales. Barcelona: Tusquets Eds S.A.;2000. p. 161-6.
- Mandelbrot B. Structure formelle des textes et communication. *World*. 1954;10:1-27.
- Burgos J. Zipf-scaling behavior in the immune system. *Biosystems*. 1996;39(3): 227-32.
- Burgos J. Fractal representation of the immune B cell repertoire. *Biosystems*. 1996; 39 (3):19-24.
- Rodríguez J. Comportamiento fractal del repertorio T específico contra el alérgeno Poa P9. *Rev Fac Med Univ Nac Colomb*. 2005; 53:72-8.
- Rodríguez J, Prieto S, Ortiz L, Bautista A, Bernal P, Avilán N. Diagnóstico Matemático de la Monitoria Fetal aplicando la ley de Zipf Mandelbrot. *Rev Fac Med Univ Nac Colomb*. 2006; 54(2): 96-107.
- Borgatta L, Shrout PE, Divon MY. Reliability and reproducibility of nonstress test readings. *Am J Obstet Gynecol*. 1988;159(3): 554-8.
- Klevens RM, Edwards JR, Richards CL Jr, Horan TC, Gaynes RP, Pollock DA, et al. Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals, 2002. *Public Health Rep*. 2007;122(2):160-6.
- Anderson DJ, Kirkland KB, Kaye KS, Thacker PA 2nd, Kanafani ZA, Auten G, et al. Underresourced hospital infection control and prevention programs: penny wise, pound foolish? *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2007;28(7):767-73.
- Anderson D, Miller B, Chen L, Adcock LH, Cook E, Cromer AL, et al. The Network Approach for Prevention of Healthcare-Associated Infections: Long-Term Effect of Participation in the Duke Infection Control Outreach Network. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2011; 32(4): 315-22.
- Hugonnet S, Eggimann P, Borst F, Maricot P, Chevrolet J C, Pittet D. Impact of ventilator associated pneumonia on resource utilization and patient outcome. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013; 25(12):1090-96.
- Laupland K B, Lee H, Gregson D B, Manns B J. Cost of intensive care unit-acquired bloodstream infections. *J Hosp Infect* 2006; 63(2): 124-32.
- Lee N-Y, Lee H-C, Ko N-Y, Chang C-M, Shih H-I, Wu C-J, et al. Clinical and economic impact of multidrug resistance in nosocomial *Acinetobacter baumannii* bacteremia. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2007;28(6):713-9.
- Primo M G B, Guilarde A O, Martelli C M T, Batista L J D A, Turchi MD. Health care associated *Staphylococcus aureus* bloodstream infection: length of stay, attributable mortality, and additional direct costs. *Braz J Infect Dis*. 2012; 16(6): 503-9.
- Morgan J, Meltzer MI, Plikaytis BD, Sofair AN, Huie-White S, Wilcox S, et al. Excess mortality, hospital stay, and cost due to candidemia: a case-control study using data from population-based candidemia surveillance. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2005; 26(6): 540-7.
- Warren D K, Shukla SJ, Olsen MA, Kollef MH, Hollenbeak CS, Cox MJ, et al. Outcome and attributable cost of ventilator-associated pneumonia among intensive care unit patients in a suburban medical center. *Crit Care Med*. 2003; 31(5):1312-17.
- Hetem DJ, Westh H, Boye K, Jarlöv JO, Bonten MJ, Bootsma MC. Nosocomial transmission of community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Danish Hospitals. *J Antimicrob Chemother*. 2012;67(7):1775-80. doi:10.1093/jac/dks125.
- World Health Organization. WHO Guidelines on Hand Hygiene in Health Care. 2009 [Internet] http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44102/1/9789241597906_eng.pdf
- Who.Int. [Internet] [citado 8 may 2017]. Disponible en <http://www.who.int/gpsc/es/>
- Who.Int. [Internet] [citado 9 may 2017]. Disponible en <http://www.who.int/gpsc/background/es/>
- MinSalud.gov. [Internet] [citado 4 abr 2017]. Disponible en <http://calidadensalud.minsalud.gov.co/IndicadoresdeCalidad/Resultados/IndicadoresdelPSparaDTS.aspx>
- Saludcapital.gov. [Internet] [citado 7 mar 2017]. Disponible en <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/ToDo%20IIH/Bolet%3ADn%20IIH%202010.pdf>
- Rodríguez J, Prieto S, Domínguez D, Melo M, Mendoza F, Correa C, et al. Mathematical-physical prediction of cardiac dynamics using the proportional entropy of dynamic systems. *J. Med. Med. Sci*. 2013; 4(8): 370-381.
- Rodríguez J, Correa C, Melo M, Domínguez, D, Prieto S, Cardona DM, et al. Chaotic cardiac law: Developing predictions of clinical application. *J. Med. Med. Sci*. 2013;4(2): 79-84.
- Rodríguez J, Prieto S, Flórez M, Alarcón C, López R, Aguirre G, et al. Physical-mathematical diagnosis of cardiac dynamic on neonatal sepsis: predictions of clinical application. *J. Med. Med. Sci*.2014; 5(5): 102-108.
- Rodríguez J. Método para la predicción de la dinámica temporal de la malaria en los municipios de Colombia. *Rev Panam Salud Pública*. 2010; 27(3):211-218.
- Prieto S, Rodríguez J, Correa C, Soracipa Y. Diagnosis of cervical cells based on fractal and Euclidian geometrical measurements: Intrinsic Geometric Cellular Organization. *BMC Medical Physics* 2014, 14(2):1-9.
- Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Mora J, Bravo J, Soracipa Y, et al. Predictions of CD4 lymphocytes' count in HIV patients from complete blood count. *BMC Medical Physics*. BMC Medical Physics. 2013; 13:3.