

Análisis probabilista con caminata al azar del número de personas viviendo con VIH mundialmente

A probabilistic analysis with random walks of the number of people living with HIV worldwide

Análise probabilística com caminhada aleatória do número de pessoas vivendo com HIV mundialmente

Javier Oswaldo Rodríguez-Velásquez¹; Diego Iván Oliveros-Acosta²; Maria Yolanda Soracipa-Muñoz³; Luz Mery Bernal⁴; Sandra Catalina Correa-Herrera⁵; Laura Ibeth Abraham-Martínez⁶; Luz Azucena Flórez-Preciado⁶; Dharma Rodríguez-Correa⁶; Yoshua Bahamon-Rodríguez⁵; Oscar Mauricio Valero⁷

¹ MD. Director Grupo de Investigación Insight. Centro de Investigaciones de la Clínica del Country. Bogotá, Colombia. grupoinight2025@yahoo.es.

² M.Sc. Ing. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. Línea De Construcción De Software. Departamento Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones. Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas. Bogotá, Colombia.

³ Investigador Grupo Insight. Docente Escuela de Ciencias Básicas Tecnología ECBTI. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Bogotá, Colombia.

⁴ Directora grupo Bioinnova. Docente Escuela de Ciencias de la Salud ECISALUD. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Bogotá, Colombia.

⁵ Investigador(a) Grupo Insight. Centro de Investigaciones de la Clínica del Country. Bogotá, Colombia

⁶ Ing. Docente Escuela de Ciencias Básicas Tecnología ECBTI. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Bogotá, Colombia.

⁷ MD. M.Sc Infecciones y Salud en el Trópico. Epidemiólogo. Docente Escuela de Ciencias de la Salud ECISALUD. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Bogotá, Colombia

Recibido: 17/07/2017. Aprobado: 28/02/2018. Publicado: 10/03/2018

Rodríguez-Velásquez JO, Oliveros-Acosta DI, Soracipa-Muñoz MY, Correa-Herrera SC, Abraham-Martínez LI, Flórez-Preciado LA, Rodríguez-Correa D, Bahamon-Rodríguez Y, Valero OM. Análisis probabilista con caminata al azar del número de personas viviendo con VIH mundialmente. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2018; 36(1): 27-33. DOI:10.17533/udea.rfnsp.v36n1a04

Resumen

Introducción: El estudio de la dinámica anual de la epidemia de VIH a partir de la caminata al azar ha mostrado ser de utilidad para llevar este fenómeno altamente variable a un comportamiento predecible **Objetivo:** Predecir el comportamiento de la dinámica del número de personas viviendo con VIH mediante la caminata al azar probabilista.

Metodología: Se analizaron los valores anuales de personas que a nivel global viven con VIH desde el año 1990 hasta el 2009, a partir de los espacios de probabilidad generados con la caminata al azar probabilista, para posteriormente desarrollar la predicción del valor anual de personas viviendo con VIH para los años 2010, 2011 y 2012. **Resultados:** Se predijeron

los valores anuales de personas viviendo con VIH con un porcentaje de acierto de 98,95% para el año 2010, de 98,82% para el año 2011 y de 98,99% para la predicción realizada para el año 2012. **Conclusiones:** Se establecieron órdenes matemáticos a partir de la caminata al azar probabilista, estableciendo predicciones prácticamente deterministas del

número de personas viviendo con VIH, lo que podría ser útil para las decisiones en Salud Pública y para la evaluación de intervenciones.

-----**Palabras clave:** VIH, Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida, Probabilidad, Epidemias, Sobrevivientes de VIH a Largo Plazo.

Abstract

Introduction: This is a study of the yearly dynamic of the HIV epidemic based on random walks has proven to be useful to take this highly variable phenomenon to a predictable behavior. **Objective:** Predict the behavior of the dynamic of the number of people living with HIV via a probabilistic random walk. **Methodology:** The yearly value of people living with HIV worldwide was analyzed from 1990 to 2009, based on probability spaces produced with a probabilistic random walk, and then, developed the prediction of the yearly value of people living with HIV for 2010, 2011 and 2012. **Results:**

The yearly volume of people living with HIV was predicted with a 98.95% success rate in 2010, 98.82% in 2011 and 98.99% for the 2012 prediction. **Conclusions:** Mathematical orders were established based on the probabilistic random walk, establishing practically deterministic predictions of the number of people living with HIV which could be useful for public health decisions and to evaluate interventions.

-----**Keywords:** HIV, Acquired immunodeficiency syndrome, probability, epidemics, long-term HIV survivors.

Resumo

Introdução: O estudo da dinâmica anual da epidemia do HIV a partir do passeio aleatório tem se mostrado útil para trazer este fenômeno altamente variável a um comportamento previsível. **Objetivo:** Prever o comportamento da dinâmica do número de pessoas vivendo com HIV, através da caminhada aleatória probabilística. **Metodologia:** Analisaram-se os valores anuais das pessoas vivendo globalmente com HIV de 1990 a 2009, a partir dos espaços de probabilidade gerados com o passeio aleatório probabilístico, para posteriormente desenvolver a predição do valor anual das pessoas que vivem com o HIV pelos anos 2010, 2011 y 2012. **Resultados:** Os valores anuais

das pessoas vivendo com HIV foram previstos com uma taxa de sucesso de 98,95% para o ano de 2010, de 98,82% para o ano de 2011 e de 98,99% para a previsão feita para o ano de 2012. **Conclusões:** Ordens matemáticas foram estabelecidas a partir do passeio probabilístico aleatório, estabelecendo predições praticamente determinísticas do número de pessoas vivendo com HIV, o que poderia ser útil para decisões em Saúde Pública e para a avaliação de intervenções.

-----**Palavras-chave:** HIV, Síndrome da Imunodeficiência Adquirida, Probabilidade, Epidemias, Sobreviventes de Longo Prazo com HIV.

Introducción

La probabilidad es una medida matemática adimensional que cuantifica la posible ocurrencia futura de un evento [1-3]; que definida de forma axiomática establece que el valor de la probabilidad de cualquier evento es positivo, la probabilidad del espacio muestral es igual a uno y la probabilidad de la unión de eventos independientes entre sí, es la suma de sus probabilidades [2]. Una de las formas de calcular la probabilidad, es mediante la frecuencia relativa, definida como el cociente entre la cantidad de veces que se presenta tal resultado y el total de repeticiones del experimento [3]. El presente estudio hará uso de la probabilidad teórica y no estadística, ya

que se busca el establecimiento de un método matemático predictivo que sea aplicable a cada dinámica particular.

La caminata al azar, es un modelo desarrollado para el estudio de fenómenos probabilistas. En su estudio se ha definido el desplazamiento medio, que es la distancia recorrida durante el movimiento, este valor está en función del número de pasos dados [2]; este concepto ha mostrado ser de utilidad para acotar movimientos altamente variables como se ha podido evidenciar en las epidemias de dengue, malaria [4] y VIH, así como en fenómenos de la ecología, biología, o economía entre otros [5-11]. Una de las aplicaciones de la caminata al azar es el movimiento browniano, el cual dio paso a grandes avances científicos, como es la deducción de la

existencia del átomo [5]. La geometría fractal también ha logrado avances significativos al caracterizar este tipo de movimiento [6]. La camina al azar también se ha usado en el campo teórico y económico [7-12].

El SIDA es una causa importante de Morbi-mortalidad en el mundo. Hacia Finales del año 2007, ONUSIDA estimó que aproximadamente unos 33,2 millones de personas estaban infectadas por VIH en el mundo; y durante ese mismo año, la mortalidad se calculó que se encontraba alrededor de 2.1 millones a nivel mundial [13]. La región más afectada del mundo corresponde al África Subsahariana con aproximadamente 24.2 millones de infectados por VIH [13]. Según el informe epidemiológico de ONUSIDA, los Estados Unidos es uno de los países que ha reportado mayor número de infectados, con 1200000 personas en promedio viviendo con el VIH y con 16000 muertes atribuibles al SIDA para el año 2006 [14]. Por otro lado, la población afroamericana constituyó el 48% de los casos nuevos de infectados de Estados Unidos, para el año 2007 que el VIH/SIDA fue la cuarta causa de muerte en los Estados Unidos en población afroamericana. A pesar de las estrategias implementadas para la prevención de la enfermedad, ésta sigue siendo un problema de salud pública [13].

Diferentes teorías físicas y matemáticas han permitido diagnosticar y predecir comportamientos considerados altamente irregulares y no predecibles, como son la dinámica cardiacaneonatal y de adulto [15-20]. En el campo de las epidemias, se han realizado predicciones tanto a nivel municipal [21] como anual. A partir del cargamiento de rangos de probabilidades de infectados de malaria y dengue [22,23], se desarrolló una metodología que logra porcentajes de predicción del 100% para el 2007. Así mismo, con base en

una analogía con la caminata al azar se han logrado predicciones de diferentes epidemias, analizadas desde una perspectiva acausal. Entre estos nuevos estudios, se encuentra el análisis de la dinámica temporal de la epidemia de dengue en Colombia para el año 2007, basado en la caminata al azar probabilista, estudiándose la dinámica geométrica del número de casos anuales registrados durante los años 1960 – 2006. Se predijo los valores para el número de infectados en el año 2007 con un porcentaje de acierto del 90,4% respecto al número de casos reportados [4]. Esta misma metodología fue utilizada para la predicción de la dinámica de malaria en Colombia, logrando un porcentaje de predicción de 95.60% [24]. Así también, se han logrado predicciones de la dinámica de obesidad y sobrepeso infantil en diferentes países como Colombia, México, Estados Unidos, Australia, e Inglaterra entre otros [25,26].

El propósito del presente trabajo es evaluar el comportamiento de la dinámica del número de personas viviendo con VIH (PV-VIH), aplicando el concepto de la caminata al azar probabilista, en busca de realizar predicciones acausales en el tiempo para esta variable para los años 2010, 2011 y 2012.

Metodología

Se tomaron los valores anuales de PV-VIH a nivel mundial desde el año 1990 hasta el 2009, de las bases de datos de la ONU-AIDS [27], estos valores se graficaron en un espacio dimensional en el que el eje de las abscisas corresponde a los años, mientras que las ordenadas corresponden a los valores anuales de personas viviendo con VIH (Figura 1).

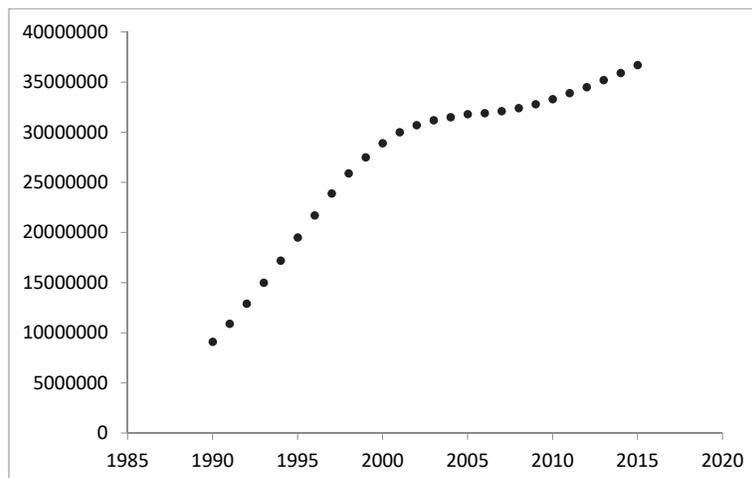


Figura 1. Valores anuales de personas viviendo con VIH a nivel mundiales del año 1990 hasta el 2009, valores en la tabla 1.

Posteriormente, se calcularon las longitudes de las variaciones anuales del número de personas viviendo con VIH (PV-VIH) en el intervalo de tiempo de 1990 a 2009, a partir de la ecuación 1.

$$L = \sqrt{(X_f - X_o)^2 + (Y_f - Y_o)^2} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Siendo X_o y Y_o las coordenadas cartesianas del valor correspondiente al año inicial y X_f y Y_f son las coordenadas cartesianas del año siguiente, debido a que el estudio se está realizando desde el modelo de caminata al azar, el valor de las coordenadas en X que corresponde al tiempo en años, al efectuar la operación indicada entre paréntesis es igual a cero, el comportamiento del número de PV-VIH es estudiado solamente en el eje de las Y.

Con esta distribución de longitudes se estableció el espacio total de probabilidad de la dinámica del número de PV-VIH, donde cada variación anual es considerada como un evento, y la probabilidad de dicho evento se define como la longitud de esta variación dividida entre el total de las longitudes, como puede observarse en la ecuación 2:

$$P(L) = \frac{\text{Longitud variación anual de PV - VIH}}{\text{Total longitudes}} = \frac{L}{TL} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

El total de longitudes corresponde a la suma de las longitudes entre los años estudiados, en este caso 1990 a 2009. Posteriormente la proporción entre la variación anual de cada una de las longitudes respecto al menor valor hallado en dicho periodo fue hallada. De igual forma se construyó otro espacio de probabilidad con el número de PV-VIH reportados en un año, para esto se utilizó la ecuación 3:

$$Y_{2010} = \frac{2Y_{[2007-2009]} \pm \sqrt{(-2Y_{[2007-2009]})^2 - 4 \{Y_{[2007-2009]}^2 + (X_f - X_o)^2 - [(P_{(L)})^2 \times (TL)^2]\}}}{2} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde TL es la suma de las longitudes de los tres últimos años, y $P_{(L)}$ es la probabilidad de TL; con esta ecuación se obtienen dos soluciones pues es una ecuación cuadrática, así que se analizan los espacios de probabilidad de aumentos y disminuciones, así como el compuesto por triplas, para hallar la predicción.

Una vez obtenido el valor para el año 2010, se comparó con el valor real obtenido para hallar el porcentaje de acierto de la predicción. Posteriormente se desarrolló el mismo proceso para hallar las predicciones del 2011 y 2012.

Consideraciones éticas

Este trabajo cumple con las normas éticas, científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, basada en la resolución No. 008430 de 1993, y específicamente con el Título II, Capítulo 1, artículo 11 en

$$P(N) = \frac{\text{Número casos anual de PV - VIH}}{\text{Total casos}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde el total de casos corresponde a la suma de todos los valores desde el año 1990 al 2009.

Para evaluar si en este espacio de probabilidad existen probabilidades cargadas, es decir probabilidades más probables se utiliza la desviación media cuadrática del número de PV-VIH mediante la siguiente fórmula:

$$P(Rn) = \frac{\text{Valor anual de PV - VIH}}{\text{Total casos}} \pm \frac{1}{2\sqrt{N}} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde N es el número de eventos del espacio muestral, esto es el total de casos.

También, se definieron otros dos espacios de probabilidad compuestos por dos eventos: el aumento o disminución del número de casos con respecto al año anterior con el fin de evaluar los aumentos y las disminuciones de la dinámica del fenómeno, con estos aumentos y disminuciones se construyeron triplas, estas triplas constituyen otro espacio de probabilidad, estos dos espacios se tendrán en cuenta para refinar la predicción.

Finalmente se desarrolló la predicción para el año 2010, para esto, se tomaron los valores de PV-VIH de los últimos tres años consecutivos; es decir, 2007, 2008 y 2009 y se construyó un espacio de probabilidad con las longitudes de estos 3 años, luego se definió el promedio aritmético de estos tres años como el valor de la probabilidad para la longitud del año 2010, y posteriormente se llevó este valor a la ecuación 2, de la cual es posible despejar el valor para el año 2010; ecuación 5,

enciso a, que hace referencia a la investigación sin riesgo en seres humanos, dado a que se hizo cálculos sobre datos de acceso público en internet, cuyos resultados no implican la intervención directa sobre los pacientes.

Resultados

Los valores del número PV-VIH para el periodo comprendido entre los años 1990-2009, oscilaron entre 9.100.000 y 32.800.000.

Las longitudes de las variaciones anuales calculadas para los valores anuales de PV-VIH estuvieron entre 100.000 y 9.100.000 y los valores de la probabilidad para estas longitudes estuvieron entre 0,003 y 0,277 (tabla 1). Los valores de probabilidad del número de PV-VIH variaron entre 0,018 y 0,066.

Tabla 1. No. de PV-VIH en miles, Longitud (L), probabilidad (P) para cada año del número de PV-VIH, en el periodo 1991-2009 de acuerdo a datos de UNAIDS (1).

AÑO	No. de PV-VIH (miles)	L	P(L)
1990	9.100		
1991	10.900	1.800.000	0,055
1992	12.900	2.000.000	0,061
1993	15.000	2.100.000	0,064
1994	17.200	2.200.000	0,067
1995	19.500	2.300.000	0,070
1996	21.700	2.200.000	0,067
1997	23.900	2.200.000	0,067
1998	25.900	2.000.000	0,061
1999	27.500	1.600.000	0,049
2000	28.900	1.400.000	0,043
2001	30.000	1.100.000	0,034
2002	30.700	700.000	0,021
2003	31.200	500.000	0,015
2004	31.500	300.000	0,009
2005	31.800	300.000	0,009
2006	31.900	100.000	0,003
2007	32.100	200.000	0,006
2008	32.400	300.000	0,009
2009	32.800	400.000	0,012

Los valores de la proporción de las distancias respecto a la distancia mínima encontrada para este periodo estuvieron entre 1 y 91. La desviación media cuadrática para los valores PV-VIH osciló entre un rango de 0,018 y 0,066, encontrando que la diferencia entre estos últimos y el valor esperado varía en un rango de $-2,24E \times 10^{-5}$ y $2,24 \times 10^{-5}$ (Tabla 2). Los valores de probabilidades halladas para el número de PV-VIH anual a nivel mundial y los valores de la desviación media cuadrática para el periodo comprendido entre los años 1990-2009, muestran que no son equiprobables, presentándose probabilidades cargadas que determinan la predicción para los años 2010, 2011 y 2012.

Tabla 2. Valores de probabilidad (P) del número de PV-VIH, desviación media cuadrática ($+D_{mc}$, $-D_{mc}$) y diferencia entre estos, ($+D_{mc}-P$, $-D_{mc}-P$), para el periodo 1990-2009.

AÑO	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P	DMC- P
1990	0,018	0,018	0,018	2,24E-05	-2,24E-05
1991	0,022	0,022	0,022	2,24E-05	-2,24E-05
1992	0,026	0,026	0,026	2,24E-05	-2,24E-05
1993	0,030	0,030	0,030	2,24E-05	-2,24E-05
1994	0,035	0,035	0,035	2,24E-05	-2,24E-05
1995	0,039	0,039	0,039	2,24E-05	-2,24E-05
1996	0,044	0,044	0,044	2,24E-05	-2,24E-05

AÑO	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P	DMC- P
1997	0,048	0,048	0,048	2,24E-05	-2,24E-05
1998	0,052	0,052	0,052	2,24E-05	-2,24E-05
1999	0,055	0,055	0,055	2,24E-05	-2,24E-05
2000	0,058	0,058	0,058	2,24E-05	-2,24E-05
2001	0,060	0,060	0,060	2,24E-05	-2,24E-05
2002	0,062	0,062	0,062	2,24E-05	-2,24E-05
2003	0,063	0,063	0,063	2,24E-05	-2,24E-05
2004	0,063	0,063	0,063	2,24E-05	-2,24E-05
2005	0,064	0,064	0,064	2,24E-05	-2,24E-05
2006	0,064	0,064	0,064	2,24E-05	-2,24E-05
2007	0,065	0,065	0,065	2,24E-05	-2,24E-05
2008	0,065	0,065	0,065	2,24E-05	-2,24E-05
2009	0,066	0,066	0,066	2,24E-05	-2,24E-05

Al analizar los aumentos y disminuciones del periodo 1990 a 2009, se observa que sólo se presentaron aumentos, de tal forma, al construir el espacio de probabilidad de triplas de aumentos o disminuciones la tripla AAA (donde A es aumento), tiene la probabilidad 1 (Tabla 3), es decir, con seguridad se puede afirmar que el valor de la predicción para el año 2010 va a ser mayor que el valor del 2009 con lo que el fenómeno se convierte en una dinámica prácticamente determinista. Es decir, se estableció el número de PV-VIH con base en el anterior análisis y las dos soluciones halladas para los años 2010, 2011 y 2012 a partir de la ecuación 5, las cuales fueron de 32.950.000, 33.500.000 y 34.150.000, respectivamente. Estos resultados comparados con los valores reales reportados por la ONU-AIDS, corresponden a un porcentaje de acierto de la predicción para el año 2010 del 98.95%, para el año 2011 del 98.82% y para el año 2012 del 98.99%.

Tabla 3. Distribución de probabilidades de triplas consecutivas de aumentos (A) y disminuciones (D).

Combinaciones	Valor	Probabilidad
DDD	0	0,00
DDA	0	0,00
DAD	0	0,00
DAA	0	0,00
ADD	0	0,00
ADA	0	0,00
AAD	0	0,00
AAA	18	1,00
Total	18	1

Discusión y conclusiones

Este es el primer trabajo en el que se realiza una predicción del número de PV-VIH durante el período 2010-2012 a nivel mundial, mediante un estudio fundamentado en la caminata al azar en el tiempo. Para ello se establecieron rangos de valores a partir del valor mínimo y máximo hallado desde el año 1990, y se evaluó la probabilidad de aumentos y disminuciones para años consecutivos en dicho período, permitiendo estudiar el fenómeno desde una perspectiva determinista, lo que se puede observar con los porcentajes de predicción para los 3 años evaluados 2010, 2011 y 2012 que fueron 98,95%, 98,82% y 98,99% respectivamente. Esta metodología no tiene en cuenta factores causales y podría ser una herramienta de ayuda en la toma de decisiones en el área de la salud pública.

La presente metodología transforma la información de la gráfica del número de PV-VIH durante el período 1990-2009 en probabilidades y con el valor de las probabilidades de los últimos tres años consecutivos se predicen las cifras correspondientes a los años 2010, 2011 y 2012. Cuando se considera la dinámica de una epidemia como un sistema dinámico probabilista cuantificado como una caminata compuesta por longitudes probabilistas, se vuelve evidente una auto organización comparada con los supuestos de aleatoriedad o caos [28]. Se han desarrollado modelos matemáticos sobre la epidemia de VIH/SIDA, la gran mayoría de ellos utilizan análisis estadísticos a través de regresión multivariada y realizando predicciones con métodos de iteración no lineal [29], otros utilizan modelos computacionales para realizar proyecciones de la epidemia [30] y otros se basan en modelos exponenciales [31]. Los altos porcentajes obtenidos en las predicciones, permiten mostrar la efectividad de la metodología aplicada en este trabajo, siendo más simple para abordar el fenómeno, por lo que sería de más fácil implementación y uso.

El cálculo de la desviación media cuadrática para los valores de probabilidad en los períodos escogidos puso en evidencia que la dinámica del número de PV-VIH posee una “inercia probabilista”, lo que se evidencia con el cargamiento de las probabilidades, generando que el fenómeno sea casi determinista, en otras palabras, que el número anual de PV-VIH varía muy poco y es más o menos constante para datos consecutivos, permitiendo acotar los valores de esta dinámica, lo que genera que los porcentajes de acierto de las predicciones sean mayores al 98%, porcentaje alto considerando que generalmente las dinámicas con un comportamiento de caminata al azar presentan un comportamiento impredecible. Esta nueva metodología aborda el análisis del comportamiento del número de personas viviendo con VIH, como un sistema en el cual se puede intervenir mediante planes de acción de vigilancia epidemiológica que facilite la toma de decisiones en el área de la salud pública.

Cabe considerar dentro de las limitaciones el posible subregistro de los reportes de las bases de datos de la ONU-AIDS [27], lo que podría implicar pequeñas variaciones en los valores de predicción final. Sin embargo, al haber hallado un comportamiento general de la dinámica, es posible que las predicciones mismas permitan detectar posibles momentos en los que se presenten subregistros. Esto es posible porque se trata de una metodología fundamentada en principios físicos y matemáticos, donde los órdenes establecidos son independientes de los modelos multicausales; en contraposición, a partir de un pensamiento acausal se simplifica el análisis del fenómeno, para desde una dinámica probabilista acausal realizar predicciones del número de PV-VIH.

La perspectiva fisicomatemática acausal que fundamenta el presente trabajo también se ha utilizado para el desarrollo de metodologías diagnósticas y predicciones en otras áreas de la medicina. Por ejemplo, en áreas como la infectología, para predecir el valor de linfocitos TCD4 en pacientes con VIH [32], en otras áreas como son la inmunología y biología molecular [33]. Así mismo, se realizaron recientemente predicciones de mortalidad en la UCI [19].

Agradecimientos

Agradecemos a las directivas y Departamento de investigación de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, por el apoyo brindado a nuestras investigaciones, en especial a la doctora Sandra Patricia Rojas-Berrio, Directora Posgrados, Investigación y Bibliotecas y al doctor Rafael García, Decano de la facultad de ingeniería y ciencias básicas.

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, y a la enfermera Silvia Ortiz, por el apoyo a nuestras investigaciones.

Extendemos nuestros agradecimientos a la Escuela de Ciencias básicas ECBTI de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, por su apoyo al proceso de formación científica, y por su disposición a la discusión y el diálogo sobre temas científicos.

Fuente de financiación

Este trabajo hace parte de los productos alcanzados para el proyecto 85775, financiado por el Departamento de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.

Declaración de conflictos de interés

Los autores del presente manuscrito declaran no tener conflictos de interés.

Referencias

- Laplace Pierre. Ensayo filosófico sobre las probabilidades. Barcelona: Altaya; 1995.
- Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Probabilidad. En: Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Física. Vol. 1. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, S. A.; 1964. Págs. 6-1, 6-16.
- Mood A, Graybill F, Boes D. Introduction to the theory of statistics. 3a Ed. Bogotá: McGraw-Hill; 1974.
- Rodríguez J, Correa C. Predicción temporal de la epidemia de dengue en Colombia: dinámica probabilista de la epidemia. Rev salud pública. 2009; 11(3):443-453.
- Van Kampen N.G. Stochastic Processes in Physics and Chemistry. North-Holland: Personal Library; 1992.
- Redner S. A Guide to First-Passage Process. USA: Cambridge University Press; 2001.
- Goel N, Richter-Dyn N. Stochastic Models in Biology. New York: Academic Press; 1974.
- Doi M, Edwards S. The Theory of Polymer Dynamics. USA: Clarendon Press; 1988.
- De Gennes P. Scaling Concepts in Polymer Physics. Ithaca and London: Cornell University Press; 1979.
- Risken H. The Fokker-Planck Equation. Berlin: Springer; 1984.
- Weiss G. Aspects and Applications of the Random Walk, Random Materials and Processes. New York: North-Holland; 1994.
- Maya C. Las caminatas aleatorias no son de este mundo. Teoría y revisión bibliográfica sobre evidencia empírica. Rev Universidad EAFIT. 2005; 41(138):65-83.
- Situación de la epidemia de SIDA 2007. [Internet]. Programa Conjunto de las Naciones Unidas sobre el VIH/Sida (ONUSIDA) y Organización Mundial de la Salud (OMS) 2007. [Actualizado 2018; citado 10 ago 2017]. Disponible en: www.UNAIDS.org
- Report on the Global AIDS epidemic, 2006. [Internet]. Anexo 1: Country Profiles. Joint United Nations Programme on HIV/AIDS (UNAIDS) 2006. Pag. 480. [Actualizado 2018; citado 12 jun 2017]. Disponible en: www.UNAIDS.org
- Rodríguez J, Prieto S, Correa C, López R, Flórez M, Alarcón M, et al. Metodología diagnóstica de la dinámica cardíaca neonatal mediante la ocupación espacial del atractor caótico. Arch Med (Manizales) 2015; 15(2):305-319.
- Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Mendoza F, Weisz G, Soracipa M, et al. Physical mathematical evaluation of the cardiac dynamic applying the Zipf – Mandelbrot law. Journal of Modern Physics. 2015; 6(13):1881-1888.
- 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, Prieto S, Domínguez D, Correa C, Melo M, Pardo J, et al. Application of the chaotic power law to cardiac dynamics in patients with arrhythmias. Rev. Fac. Med. 2014; 62(4):539-46.
- Rodríguez J. Dynamical systems applied to dynamic variables of patients from the Intensive Care Unit (ICU). Physical and mathematical Mortality predictions on ICU. J. Med. Med. Sci. 2015; 6(8):102-108.
- Rodríguez J, Prieto S, Bernal P, Izasa D, Salazar G, Correa C, et al. Entropía proporcional aplicada a la evolución de la dinámica cardíaca. Predicciones de aplicación clínica. En: Rodríguez LG, Coordinador. La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina: desafíos, contribuciones y compromisos para abordar los problemas complejos del siglo XXI. Tomo 1, 1a ed. Buenos Aires: Comunidad Editora Latinoamericana; 2016. p. 315-44.
- 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):211-8
- Rodríguez J. Dinámica probabilista temporal de la epidemia de malaria en Colombia. Rev. Fac. Med. 2009; 17(2):214-221.
- Rodríguez J, Vitery S, Puerta G, Muñoz D, Rojas I, Pinilla L, et al. Dinámica probabilista temporal de la epidemia de dengue en Colombia. Rev Cubana Hig Epidemiol. 2011; 49(1):74-83.
- Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Pérez C, Soracipa M. Dinámica de la epidemia de malaria en Colombia: predicción probabilística temporal. Rev. Salud pública. 2017;91-100.
- Rodríguez J, Prieto S, Fajardo E, Correa C, López F, Castro J, et al. Caminata al azar predictiva de la dinámica de obesidad: predicciones de obesidad y sobrepeso en la población infantil de Colombia y de variación peso/talla y peso/edad en México. Rev Med. 2013; 21(2):18-29.
- Rodríguez J, Prieto S, Fajardo E, Correa C, López F, Castro J, et al. Predicción de la dinámica temporal de egresos hospitalarios por obesidad en niños y jóvenes en Estados Unidos. Rev Chil Nutr 2015; 42(4):345-350.
- UNAIDS. AIDS info. [Internet]. Number of people living with HIV. [Actualizado 2018; citado 2 mar 2017]. Disponible en: <http://aidsinfo.unaids.org/>
- Löytönen M, Arbona SI. Soc Sci Med. Forecasting the AIDS epidemic in Puerto Rico. 1996; 42(7):997-1010.
- Ding Y Computing back-calculation estimates of AIDS epidemic. Stat Med. 1995; 14(14):1505-12.
- Stillman G, Stacey K. Designing an applications task for Mathematical Methods using AIDS data. In Vale C, Roumeliotis J, Horwood J (Eds). Valuing Mathematics in Society. Proceedings of the 39th Annual Conference of the MAV. Melbourne: Mathematical Association of Victoria; 2002. Págs. 470-480.
- Fazekas de St G, Solomon, P. Short-term prediction of the AIDS epidemic using empirical models. In Solomon P, Fazekas de St Groth C., Wilson S (Eds.) Projections of acquired immune deficiency syndrome in Australia using data to the end of September 1989. Australia: Canberra, National Centre for Epidemiology and Population Health, Australian National University; 1990. Págs. 97-138.
- 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.
- Rodríguez J, Bernal P, Prieto P, Correa C, Álvarez L, Pinilla L, et al. Predicción de unión de péptidos de Plasmodium falciparum al HLA clase II. Probabilidad, combinatoria y entropía aplicadas a las proteínas MSP-5 y MSP-6. Archivos de alergia e inmunología clínica. 2013; 44(1): 7-14.