

Predicción de la prevalencia de la enfermedad periodontal en la población colombiana en el contexto de la caminata al azar probabilista

Prediction Of The Prevalence Of Periodontal Disease In The Colombian Population In The Context Of Probabilistic Random Walking

Javier Oswaldo Rodríguez Velásquez^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4585-3010>

María Alejandra González Bernal² <https://orcid.org/0000-0002-6299-2135>

Adíela Ruiz Gómez² <https://orcid.org/0000-0003-2011-2555>

Sandra Catalina Correa Herrera¹ <http://orcid.org/0000-0003-4998-1228>

Signed Esperanza Prieto Bohórquez¹ <http://orcid.org/0000-0002-7896-231X>

¹Grupo Insight. Bogotá D.C., Colombia.

²Universidad Cooperativa de Colombia. Grupo Odontoposgrados. Facultad de Odontología. Seccional Bogotá, Colombia.

*Autor para correspondencia: grupoinsight2025@yahoo.es

RESUMEN

Introducción: La enfermedad periodontal es un problema de salud pública que requiere de un seguimiento en el tiempo que permita la implementación de planes de salud apropiados.

Objetivo: Establecer el comportamiento de la dinámica de la enfermedad periodontal a través de la caminata al azar probabilista mediante la simulación de los valores de la prevalencia de la enfermedad periodontal en Colombia.

Métodos: Se tomaron los valores disponibles y reportados por el Estudio Nacional de Salud Bucal II al IV de la prevalencia de la enfermedad periodontal, y a partir de estos se realizaron tres simulaciones de este comportamiento, para hacer predicciones de los valores de la prevalencia para los años 1998 y 2014 mediante

la caminata al azar probabilista. Adicionalmente, se realizaron tres simulaciones predictivas para la dinámica de la prevalencia hasta el año 2030, para establecer el comportamiento teórico que esta variable pueda seguir.

Resultados: Las tres simulaciones teóricas permitieron hacer predicciones del índice de prevalencia para el año 1998 y 2014 con un porcentaje de acierto cercano al 100 %. Adicionalmente se observó que el evento más probable es que se presente un aumento en índice de prevalencia para el año 2030 respecto al valor obtenido para el 2014.

Conclusiones: Es posible realizar predicciones del comportamiento de la dinámica de la enfermedad periodontal que permitan evaluar los planes de acción en salud orientados a disminuir la prevalencia de las enfermedades periodontales.

Palabras clave: prevalencia; periodontitis; probabilidad; Colombia.

ABSTRACT

Introduction: Periodontal disease is a public health problem which requires follow-up over time that allows the implementation of appropriate health plans.

Objective: Establish the behavior of the dynamics of periodontal disease through probabilistic random walking by simulating the values of periodontal disease prevalence in Colombia.

Methods: The values available and reported by the National Oral Health Study II to IV on periodontal disease prevalence were taken, and from these, three simulations of this behavior were carried out to make predictions of the prevalence values for the years 1998 and 2014 through probabilistic random walking. Additionally, three predictive simulations were performed for the dynamics of prevalence until 2030 to establish the theoretical behavior that this variable can follow.

Results: The three theoretical simulations allowed to make predictions of the prevalence rate for the years 1998 and 2014 with a percentage of success close to 100 %. Additionally, it was observed that the most likely event is that there will be an increase in the prevalence rate by 2030 compared to the value obtained by 2014.

Conclusions: It is possible to make predictions of the periodontal disease's dynamics behavior that allow evaluating health action plans aimed at reducing the prevalence of periodontal diseases.

Keywords: prevalence; periodontitis; probability; Colombia.

Recibido: 07/06/2020

Aceptado: 16/03/2021

Introducción

Existen fenómenos aleatorios en la naturaleza que son considerados indeterministas al no estar sujetos a metodologías desarrolladas a partir de asociaciones de causa y efecto. La probabilidad es la medida matemática que evalúa la posible ocurrencia de un evento a futuro.⁽¹⁾ Laplace definió la probabilidad como la división entre los eventos favorables sobre el total de eventos que dieron como resultado de un experimento.⁽²⁾ Un experimento puede ser el lanzamiento de una n cantidad de veces una moneda. La caminata al azar, es una representación gráfica que describe las posibles trayectorias de un sistema que evoluciona de forma aleatoria. La caminata al azar probabilista fue establecida por Norbert Wiener, a partir de lo cual es posible caracterizar un movimiento probabilístico acotando su dinámica y encontrando valores que predicen dentro de ciertos rangos la evolución de su dinámica.⁽³⁾ Desde esta perspectiva es posible hacer predicciones en áreas como son la ecología, biología, economía, entre otros.^(4, 5, 6, 7)

Antes de la década de los años cincuenta del siglo xx la salud periodontal era calificada mediante los signos y síntomas físicos del paciente. Pierre Fauchard, médico francés en 1728 dio a conocer la primera codificación completa de las enfermedades dentales.⁽⁸⁾ Los estudios realizados bajo esta perspectiva no eran comparables, razón por la que se vio la necesidad de establecer índices periodontales que permitieran realizar estudios epidemiológicos, considerando a la salud y la enfermedad periodontal como un fenómeno poblacional.^(9, 10) Adicionalmente se plantea que el conocimiento de sus factores causales puede llevar a estrategias cada vez más efectivas para su prevención y control, sin embargo, la vía causal de la enfermedad periodontal no está del todo clara.⁽¹¹⁾ Se

han realizado intentos para establecer esta vía causal, en estudios observacionales descriptivos de corte transversal, en muestras probabilistas con población y edad específica.^(12, 13, 14, 15) Estos estudios buscan una relación entre la prevalencia de periodontopatías y factores como la edad, en pacientes que reciben diálisis, enfermedad cardiovascular, problemas mentales, entre otros.^(12, 13, 14, 15, 16)

Por las consideraciones anteriores se ha visto la necesidad de abordar la enfermedad periodontal desde marcos diferentes a los tradicionales. Por ejemplo, el estudio realizado por Kublinski et al.⁽¹⁷⁾ plantea la posibilidad de hacer seguimientos más precisos en las alteraciones patológicas que ocurren en los tejidos periodontales aplicando la geometría fractal. Keipes et al.⁽¹⁸⁾ desde esta misma perspectiva establecieron patrones fractales para huesos trabeculares y radiografías dentales.^(17, 18)

Estudios realizados en el contexto de la epidemiología, revelan la posibilidad de hacer predicciones, en el tiempo, del número de infectados anuales durante el desarrollo de una epidemia, a partir de metodologías desarrolladas en el marco de teorías físicas y matemáticas.^(19, 20, 21, 22, 23) Desde el contexto de la caminata al azar probabilista se ha logrado predecir el comportamiento anual de la epidemia de dengue, malaria, VIH/SIDA y lesiones causadas por siniestros de tránsito.^(20, 21, 22, 23) Metodologías que pueden ser aplicables para predecir la dinámica anual de la prevalencia de la enfermedad periodontal.

El estudio del comportamiento de una epidemia permite evaluar el impacto que esta pueda tener al futuro, así como la asignación de recursos para disminuir su incidencia. Para hacer un estudio epidemiológico de la dinámica de una epidemia se requiere del registro continuo de los casos reportados ya sean por semanas epidemiológicas, mensuales o anuales en cada país. Este fue el caso de la obesidad y sobrepeso: solo hasta cuando la Organización Mundial de la Salud la consideró un problema de salud pública, todos los países que no habían realizado registros comenzaron a hacer seguimientos continuos de esta epidemia.⁽²³⁾ Estados Unidos de América, Finlandia, Australia e Inglaterra, ya se encontraban realizando registros de los casos de obesidad y sobrepeso.⁽²⁴⁾ Estos datos fueron utilizados para hacer predicciones en Colombia y Ciudad de México mediante la metodología fundamentada en la caminata al azar probabilista. Para ello se

realizaron simulaciones teóricas para completar los datos de prevalencia de obesidad y sobrepeso para los años en que no se realizaron estudios en Colombia y Ciudad de México. Este proceso de comparación entre países que si contaban con datos continuos, permitió analizar la dinámica de prevalencia de obesidad y sobrepeso en Colombia y Ciudad de México, logrando predicciones iguales o superiores al 97,58 %.

El propósito de este estudio es analizar la dinámica de la prevalencia de la enfermedad periodontal en la población colombiana, en el contexto de la caminata al azar probabilista, a partir de los datos del Estudio Nacional de Salud y II Estudio de Morbilidad Oral en 1977-1980, el Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB) III 1998 y ENSAB IV 2012-2014.⁽²⁵⁾ Para ello se realizaron tres simulaciones teóricas de series de tiempo que permiten observar el comportamiento de la enfermedad periodontal durante tres periodos comprendido entre los años 1980-1997, 1998-2013 y 2014-2029, para hacer predicciones de la prevalencia de la enfermedad periodontal para los años 1998 y 2014.

Métodos

Para el estudio se tomaron los datos del Estudio Nacional de Salud y II Estudio de Morbilidad Oral en 1977-1980, el ENSAB III 1998 y ENSAB IV 2012-2014.⁽²⁵⁾ De estos tres estudios se tomaron los valores de la prevalencia de la enfermedad periodontal en alguna de sus fases en Colombia.⁽²⁵⁾ A partir de estos datos se realizaron tres simulaciones teóricas estableciendo series de tiempo que permiten observar el comportamiento de la enfermedad periodontal durante tres periodos comprendidos entre los años 1980-1997, 1998-2013 y 2014-2029. Posteriormente, las series de tiempo simuladas fueron graficadas en un plano de dos dimensiones, en donde el eje x representa el tiempo en años y en el eje y el valor anual del índice reportado. Posteriormente se calculó la longitud (L) entre los dos puntos coordenados de los valores anuales simulados con la siguiente ecuación:

$$L = \sqrt{(X_f - X_0)^2 + (Y_f - Y_0)^2} \quad (\text{ecuación 1})$$

Siendo (X_0, Y_0) el par ordenado del año y de la prevalencia de enfermedad periodontal inicial, mientras que es (X_f, Y_f) el par ordenado para el año y el índice de enfermedad periodontal siguiente.

A continuación se procedió a calcular la probabilidad de cada una de las longitudes halladas, considerando cada longitud como un evento, mediante la división entre la longitud anual y la totalidad de las longitudes registradas con la siguiente ecuación:

$$P(L) = \frac{L}{TL} = \frac{\text{Longitud anual de prevalencia de enfermedad periodontal}}{\text{Total de longitudes de prevalencia de enfermedad periodontal}} \quad (\text{ecuación 2})$$

Adicionalmente, fue calculada la probabilidad anual de la prevalencia de la enfermedad periodontal reportada y los valores que fueron simulados, dividiendo cada valor de la prevalencia de enfermedad periodontal y la totalidad de los valores de la prevalencia de enfermedad periodontal reportados y simulados, con la siguiente ecuación:

$$P(N) = \frac{L}{TL} = \frac{\text{Valor de prevalencia de enfermedad periodontal}}{\text{Total de valores de prevalencia de enfermedad periodontal}} \quad (\text{ecuación 3})$$

Posteriormente, se evaluó la posibilidad de que exista un valor de probabilidad evaluado con la ecuación 3 más probable que otro, mediante la desviación media cuadrática, tal y como lo muestra la siguiente ecuación:

$$P(Rn) = P(N) \pm \frac{1}{2\sqrt{N}} \quad (\text{ecuación 4})$$

En donde N representa la cantidad de eventos del espacio muestral.

Predicciones de la prevalencia de enfermedad periodontal anual

Para realizar las predicciones anuales de la prevalencia de enfermedad periodontal se requiere realizar un despeje algebraico, mediante la sustitución de la ecuación 2 en la ecuación 1, para llegar de manera sistemática a una ecuación de segundo grado en términos de Y, es decir, se llegó a la siguiente ecuación $aY^2 + bY + c = 0$. La solución de la ecuación de segundo grado es la siguiente:

$$Y_f = \frac{2Y_0 \pm \sqrt{(-2Y_0)^2 - 4\{Y_0^2 + (X_f - X_0)^2 - [P(L)^2 \times (TL)^2]\}}}{2} \quad (\text{ecuación 5})$$

Para la predicción de este valor para el año 1998, en esta ecuación fue sustituido el valor de la prevalencia de enfermedad periodontal del año 1997 en Y_0 , en $P(L)$ el promedio de la longitud de las probabilidades de los años 1995, 1996 y 1997, en TL la suma total de las longitudes de los años 1995, 1996 y 1997. Efectuadas

las respectivas operaciones indicadas en la ecuación 5, se establecen dos soluciones para Y_f que representan el rango de valores en que puede variar el valor de la prevalencia de enfermedad periodontal para el año 1998; adicionalmente estos valores fueron promediados.

Posteriormente fue necesario observar el comportamiento de dos eventos, aumento (A) y disminución (D) durante las tres simulaciones teóricas que fueron realizadas. Paso seguido, fue calculada el número de veces que aparecieron los eventos de “A” y “D”, para luego calcular su probabilidad. En el caso de encontrar como evento más probable el “A”, se suma y se calcula el promedio de las dos soluciones arrojadas por la ecuación 5, posteriormente este valor promedio es sumado con el valor mayor arrojado por la ecuación 5, para luego dividirlo entre dos. De esta manera, este último promedio representa el valor de la prevalencia de enfermedad periodontal para el año 1998. De forma análoga se hizo para predecir la prevalencia de enfermedad periodontal para el año 2014.

Finalmente, se realizaron comparaciones entre los valores obtenidos mediante la predicción respecto a los valores reportados de la prevalencia de enfermedad periodontal para el año 1998 y 2014, de este modo confirmar la capacidad predictiva de la metodología para este fenómeno específico.

Resultados

La figura 1 permite analizar mediante las tres simulaciones (S1, S2 y S3) el comportamiento de la dinámica de la prevalencia de la enfermedad periodontal en la población colombiana. Adicionalmente, se puede observar que esta dinámica tiene un comportamiento análogo a una caminata al azar probabilista, a partir de la cual se realizaron los cálculos de la longitud con la ecuación 1.

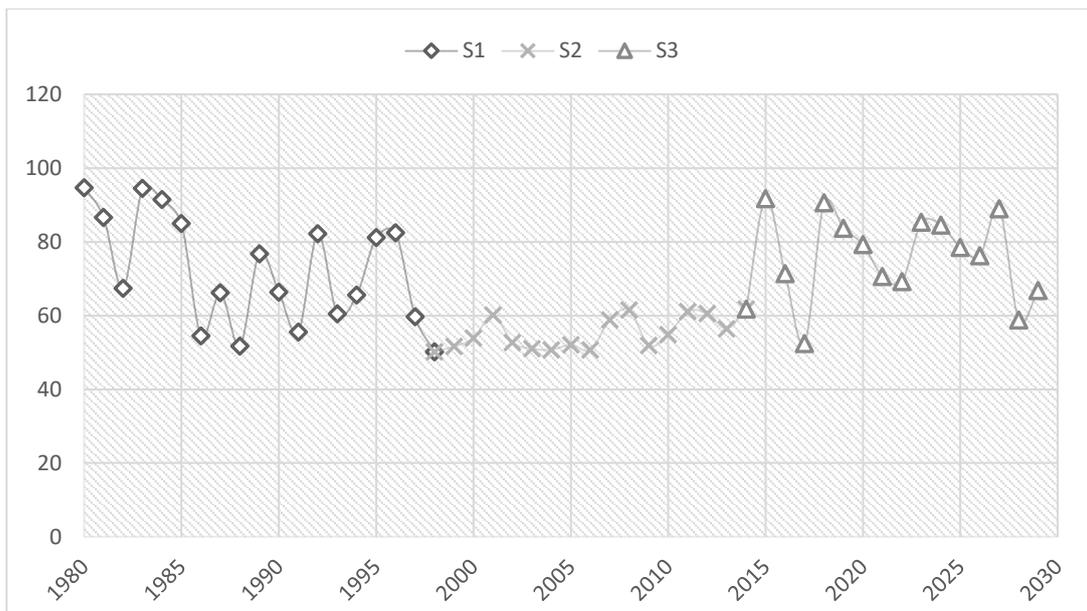


Fig. 1. Dinámica de la prevalencia de la enfermedad periodontal en Colombia simulados, donde S1 es la simulación realizada para los años 1980-1997, S2 para los años 1998-2013 y S3 para los años 2014-2029.

En la tabla 1 se encuentran todos los posibles valores simulados para las tres series de tiempos comprendidas entre los años 1980-1998, 1998-2014 y 2014-2029.

Tabla 1. Simulaciones y valores reales de la prevalencia de la enfermedad periodontal en Colombia durante el periodo comprendido entre los años 1980-1997, 1998-2013 y 2014-2029

Año	Prevalencia de enfermedad periodontal	Año	Prevalencia de enfermedad periodontal	Año	Prevalencia de enfermedad periodontal
1980	94,70	1997	59,70	2014	61,80
1981	86,64	1998	50,20	2015	53,91
1982	67,45	1999	51,64	2016	75,09
1983	94,50	2000	53,87	2017	67,20
1984	91,45	2001	60,17	2018	89,30
1985	84,97	2002	52,71	2019	90,22
1986	54,54	2003	51,03	2020	83,72
1987	66,18	2004	50,73	2021	54,13
1988	51,73	2005	52,08	2022	61,83
1989	76,77	2006	50,67	2023	74,40
1990	66,37	2007	58,81	2024	74,66

1991	55,51	2008	61,54	2025	78,30
1992	82,20	2009	51,89	2026	84,31
1993	60,45	2010	54,82	2027	89,01
1994	65,57	2011	61,09	2028	58,87
1995	81,15	2012	60,59	2029	66,79
1996	82,50	2013	56,39	2030	63,25

* Valores resaltados en negrita, corresponden a los valores reales reportados.

En la tabla 2 se encuentran los valores máximos y mínimos calculados para la simulación 1 del primer periodo (S1), simulación del segundo periodo (S2) y simulación 3 del tercer periodo (S3). El valor mínimo y máximo de prevalencia de la enfermedad periodontal en Colombia para la S1 varió entre 50,2 y 94,7, para la S2 varió entre 50,2 y 61,8, y para la S3 varió entre 53,91 y 90,22 (ver Tabla 1). A continuación se encuentran los valores máximos y mínimos de las longitudes de la prevalencia de la enfermedad periodontal en Colombia para la S1 que varió entre 1,350 y 30,42, para la S2 estos valores variaron entre 0,300 y 6,650, para la S3 estos valores variaron entre 0,002 y 0,178. Los valores de la probabilidad calculados para cada uno de los valores simulados para la enfermedad periodontal en Colombia, variaron entre 0,037 y 0,069 para la S1, entre 0,057 y 0,070 para la S2, entre 0,046 y 0,078 para la S3. Los valores desviación media cuadrática se ubicaron entre 0,023 y 0,082 para la S1, entre 0,040 y 0,087 para la S2, entre 0,032 y 0,063. La diferencia entre la desviación media cuadrática y la probabilidad varió entre -0,013 a 0,013 para la S1, entre -0,017 y 0,017 para la S2, entre -0,015 y 0,015 para la S3 (ver Tabla 1). Lo anterior evidencia la no equiprobabilidad del fenómeno, en cambio, un cargamiento de la probabilidad a un evento específico que permita desarrollar la predicción para los años 1998 y 2014. Las dos soluciones arrojadas por la ecuación 5 fueron de 48,12 y 54,46, estos valores representan el rango en el cual puede variar el valor de prevalencia de la enfermedad periodontal en Colombia para el año 1998 o también el valor mínimo y máximo de este rango. El evento más probable fue de “D” con una probabilidad de 0,588, respecto al evento “A” que obtuvo una probabilidad de 0,412. Al realizar los respectivos promedios el valor predicho para el año 1998 fue de 49,71, al comparar este valor con el reportado, el cual fue de 50,2, se logra un porcentaje de acierto del 99 % (valores no se muestran). Para la predicción del año 2014, la ecuación 5 arrojó los siguientes valores 63,33 y 53,05. Al realizar los

respectivos promedios el valor predicho para el año 2014 fue de 60,76, al comparar este valor con el reportado, el cual fue de 61,8, se logra un porcentaje de acierto del 98,32 % (valores no se muestran).

Tabla 2. Valores mínimos (Min) y máximos (Max) de las tres simulaciones realizadas durante el periodo comprendido entre los años 1980-1997, 1998-2013 y 2014-2029. Donde L: es la longitud de cada variación; P(L) la longitud probabilista de la prevalencia de la enfermedad periodontal en Colombia; DMC±: desviación media cuadrática

S1	Prevalencia de enfermedad periodontal	L	P(L)	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P	DMC- P
Min	50,2	1,350	0,005	0,037	0,050	0,023	0,013	-0,013
Max	94,7	30,43	0,113	0,069	0,082	0,055	0,013	-0,013
S2	Prevalencia de enfermedad periodontal	L	P(L)	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P	DMC- P
Min	50,2	0,300	0,005	0,057	0,074	0,040	0,017	-0,017
Max	61,54	9,650	0,171	0,070	0,087	0,053	0,017	-0,017
S3	Prevalencia de enfermedad periodontal	L	P(L)	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P	DMC- P
Min	53,91	0,260	0,002	0,046	0,061	0,032	0,015	-0,015
Max	90,22	30,140	0,178	0,078	0,092	0,063	0,015	-0,015

Discusión

Este es el primer estudio que analiza la prevalencia de la enfermedad periodontal en la población colombiana, realizando una analogía con la caminata al azar probabilista. Para ello se realizaron tres simulaciones teóricas de series de tiempo a partir de las cuales fue posible analizar la dinámica de la prevalencia de la enfermedad periodontal en la población colombiana durante los años en el Ministerio de Salud de Colombia no se realizaron estudios. A partir de las dinámicas simuladas, se encontró que para el año 2030 es más probable que se presente un aumento, lo cual revela que es necesario comenzar a diseñar planes de acción orientados a disminuir la incidencia en las enfermedades periodontales tanto a nivel nacional como internacional.

La metodología aplicada permite evaluar esta dinámica desde una perspectiva acausal, no obstante, los altos porcentajes de acierto, mayores al 98 %, obtenidos

al contrastar las predicciones realizadas para los años 1998 y 2014 con los datos reportados por el Ministerio de Salud de Colombia, permiten confirmar la capacidad predictiva de la metodología, evidenciando que será de ayuda para evaluar la efectividad de los planes de acción tomados en determinados años.

Desde esta perspectiva acausal se han desarrollado metodologías para evaluar el comportamiento de epidemias, estableciendo predicciones del número de infectados de malaria y dengue en Colombia,^(19, 20) con porcentajes de acierto de 95,6 %⁽¹⁸⁾ y para la epidemia de dengue de 90,4 %.⁽²⁰⁾ En el campo de la odontología recientemente se establecieron simulaciones predictivas del índice COP-d en población adulta colombiana durante el periodo comprendido entre 1995 hasta 1998 y de 1998 hasta 2015 con base en la teoría de la probabilidad, en la cual se lograron porcentajes de acierto del 93,64 % y 98,10 %, respectivamente; lo que constituye un método de estimación futura del comportamiento de esta variable lo que facilitará el diseño de políticas y estrategias de prevención y promoción de la salud dental en Colombia.⁽²⁶⁾

Vale la pena resaltar que la metodología aplicada en este estudio fue diseñada para analizar los resultados de sus predicciones en el contexto de la física acuasal. Es decir, no establece relaciones de causa y efecto sobre la prevalencia de la enfermedad periodontal, en cambio, encuentra órdenes matemáticos en la prevalencia de la enfermedad periodontal, lo que permite hacer predicciones espacio temporales. Es por esta razón, que esta metodología puede contribuir a realizar seguimientos de planes de prevención y promoción de la salud periodontal, cuyos resultados cuantificables sirvan de patrón de comparación con otros países.

En la literatura médica también se encuentran otros estudios que aplican metodologías físicas y matemáticas para realizar predicciones; como en la Unidad de Cuidados Intensivos⁽²⁷⁾ y en niveles de linfocitos TCD4+ en pacientes con HIV.⁽²⁸⁾ También se han desarrollado caracterizaciones en biología molecular,⁽²⁹⁾ en la morfología de arterias coronarias,⁽³⁰⁾ de células cervicales cancerígenas,⁽³¹⁾ entre otros estudios que optimizan el seguimiento de la efectividad de los tratamientos en un paciente.

Conclusiones

El estudio logró aplicar una metodología desarrollada en el contexto de una caminata al azar probabilista, con la cual fue posible estudiar la dinámica de la enfermedad periodontal en Colombia en diferentes periodos de tiempo. Adicionalmente, las tres simulaciones teóricas de los índices de prevalencia de la enfermedad periodontal en Colombia, permiten hacer la predicción del índice de prevalencia de la enfermedad para tres años distintos de forma análoga a como se hacen predicciones en la física teórica.

Referencias bibliográficas

1. Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Probabilidad. En: Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Física. Vol. 1. Wilmington, WA: Addison-Wesley Iberoamericana; 1964. pp. 6.1-16.
2. Blanco L. Probabilidad. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2004.
3. Wiener N. Nonlinear problems in random theory. Cambridge: Technology Press; 1958.
4. Redner S. A guide to first-passage processes. Cambridge University Press; 2001.
5. Risken H. Fokker-planck equation. The Fokker-Planck Equation. Berlin: Springer; 1984. pp. 63-95.
6. Weiss G. Aspects and Applications of the Random Walk (Random Materials & Processes S.). Amsterdam: North-Holland; 2005.
7. Goel NS, Richter-Dyn N. Stochastic models in biology. New York: Academic Press, INC; 1974.
8. Brkic Z, Pavlic V. Periodontology: The historical outline from ancient times until the 20th century. Vojnosanit. Pregl. 2017;74(2):193-199. Disponible en: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0042-8450/2017/0042-84501600169B.pdf>
9. Nazir MA. Prevalence of periodontal disease, its association with systemic diseases and prevention. Int J Health Sci (Qassim). 2017;11(2):72-80. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5426403/>

10. Russell AL. A system of classification and scoring for prevalence surveys of periodontal disease. *J Dent Res* 1956; (35): 350-359. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/00220345560350030401>
11. Rojo N, Flores A, Arcos M. Prevalencia, severidad y extensión de periodontitis crónica. *Revista Odontológica Mexicana*. 2011; 15(1):31-39. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2011000100006
12. Makkar H, Reynolds MA, Wadhawan A, Dagdag A, Merchant AT, Postolache TT. Periodontal, metabolic, and cardiovascular disease: Exploring the role of inflammation and mental health. *Pteridines*. 2018;29(1):124-163. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6350811/>
13. Yang H, Xiao L, Zhang L, Deepal S, Ye G, Zhang X. Epidemic trend of periodontal disease in elderly Chinese population, 1987-2015: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2017; 7:45000. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5372169/>
14. Tada A, Miura H. The Relationship between Vitamin C and Periodontal Diseases: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(14):2472. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6678404/>
15. Preshaw, P.M. Detection and diagnosis of periodontal conditions amenable to prevention. *BMC Oral Health*. 2015; 15:S1-S5. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1472-6831-15-S1-S5>.
16. Joya LD, Quintero LE. Caracterización de la salud bucal de las personas mayores de 65 años de la ciudad de Manizales, 2008. *Hacia promoc. salud*. 2015; 20(1): 140-152. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/hpsal/v20n1/v20n1a10.pdf>
17. Kublinski WS, Chandra K, Ruttiman UE, Webber RL. Application of fractal texture analysis to segmentation of dental radiographs. *Medical Imaging III: Image Processing*. SPIE. 1989;1092:111-117. Disponible en: <https://doi.org/10.1117/12.953251>
18. Keipes M, Ries F, Dicato M. Of the British coastline and the interest of fractals in medicine. *Biomed Pharmacother*. 1993;47:409-415. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S075333229390107V?via%3Dihub>

19. 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.
20. Rodríguez J, Prieto SE, Correa C, Pérez C, Soracipa Y. Dinámica de la epidemia de malaria en Colombia: Predicción probabilística temporal. Rev Salud Pública. 2017;19(1):52-9. <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v19n1/0124-0064-rsap-19-01-00091.pdf>
21. Rodríguez J, Oliveros D, Soracipa Y, Bernal L, Correa C, Abraham L, et al. Análisis probabilista con caminata al azar del número de personas viviendo con VIH mundialmente. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2018; 36(1):27-33. Disponible en: <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/fnsp/article/view/328339/20787614>
22. Rodríguez J, Jattin J, Soracipa Y. Probabilistic temporal prediction of the deaths caused by traffic in Colombia. Accident Analysis and Prevention. 2020;135:105332. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457519305603>
23. 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. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182015000400004
24. Julio 2015: Epidemia de obesidad y sobrepeso vinculada al aumento del suministro de energía alimentaria - estudio. Organización Mundial de la Salud. [Citado 11 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/bulletin/releases/NFM0715/es/>
25. Estudio Nacional de Salud Bucal IV 2012-2014 [Internet]. Ministerio de Salud. 2012 [Citado 11 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENSAB-IV-Situacion-Bucal-Actual.pdf>

26. Rodríguez J, González MA, Correa S, Ruiz A. Predictions and Simulations of DMTF Index Dynamics Among Colombian Adults in the context of probability theory. Memories of 66Th ORCA Congress. Cartagena, Colombia, 3-6 july 2019. Caries Res 2019; 53:357-410. Disponible en: <https://www.karger.com/Article/Pdf/499894>
27. 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):209-220. Disponible en: <https://www.interestjournals.org/articles/dynamical-systems-applied-to-dynamic-variables-of-patients-from-the-intensive-care-unit-icu-physical-and-mathematical-mo.pdf>
28. Rodríguez J, Prieto S, Pérez C, Correa C, Soracipa Y, Jattin J, et al. Predicción temporal de CD4+ en 80 pacientes con manejo antirretroviral a partir de valores de leucocitos. Infectio. 2020;24(2):103-107. Disponible en: <https://www.revistainfectio.org/index.php/infectio/article/view/841/937>
29. Rodríguez J. Teoría de unión al HLA clase II teorías de Probabilidad Combinatoria y Entropía aplicadas a secuencias peptídicas. Inmunología. 2008; 27(4):151-66.
30. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Bernal P, Puerta G, Vitery S, et al. Theoretical generalization of normal and sick coronary arteries with fractal dimensions and the arterial intrinsic mathematical harmony. BMC Medical Physics. 2010; Disponible en: 10:1-6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2954867/>
31. Rodríguez J, Sánchez M, Barrios F, Soracipa Y. Geometrical Evaluation of Cervical Cells. Fractal and Euclidean Diagnostic Methodology of Clinical Application. Journal of Biosciences and Medicines. 2018; 6:111-122. Disponible en: <https://m.scirp.org/papers/83146>

Agradecimientos

Agradecemos de manera especial a la Dra. Eva Prada, Directora de la Sede Bogotá, a los Doctores Leonardo Galindo, Director Nacional de Investigación, Andrés Mena, Director de Investigaciones Sede Bogotá, y a la Dra. María José Villalobos Castro, Decana de la Facultad de Odontología.

Financiamiento

El presente resultado hace parte de los productos del proyecto INV 2466 financiado por la Universidad Cooperativa de Colombia.

Declaración de conflicto de intereses

Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

Contribución de cada autor

Conceptualización: Javier Oswaldo Rodríguez Velásquez.

Análisis formal: Sandra Catalina Correa Herrera, Signed Esperanza Prieto Bohórquez.

Metodología: Javier Oswaldo Rodríguez Velásquez.

Aplicación de la metodología: Signed Esperanza Prieto Bohórquez.

Adquisición de fondos: María Alejandra González Bernal.

Supervisión: María Alejandra González Bernal, Adíela Ruiz Gómez.

Redacción del manuscrito: Sandra Catalina Correa Herrera.

Aprobación final del manuscrito: Javier Oswaldo Rodríguez Velásquez, María Alejandra González Bernal, Adíela Ruiz Gómez.