



Original

PREDICCIÓN DE MUERTES POR LESIONES DE TRÁFICO EN IBAGUÉ COLOMBIA CON CAMINATA AL AZAR PROBABILISTA

Prediction of deaths from road traffic injuries in Ibagué Colombia with probabilistic random walk

Javier Rodríguez¹, Signed Prieto², Catalina Correa³, Diego Oliveros⁴, Giovanni Piedrahita⁵, Catalina Hurtado⁶, Andrea Barrera², Nathalia López⁷, Fredy López⁸

- (1) MD. Director del Grupo Insight. Director de la Línea de Profundización e Internado Especial Física y Matemáticas Aplicadas a la Medicina, Universidad Militar Nueva Granada. Centro de Investigaciones Clínica del Country. Bogotá, Colombia.
- (2) Investigadora Grupo Insight. Centro de Investigaciones Clínica del Country. Bogotá, Colombia.
- (3) Psc. Investigadora Grupo Insight. Centro de Investigaciones Clínica del Country. Bogotá, Colombia.
- (4) M.Sc. Ing. Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano. Bogotá, Colombia.
- (5) M.Sc. Esp. Ing. Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano. Bogotá, Colombia.
- (6) Ing. Investigadora Grupo Insight. Centro de Investigaciones Clínica del Country.
- (7) Facultad de física. Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia.
- (8) Ing. Investigador Grupo Insight. Centro de Investigaciones Clínica del Country. Bogotá, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

Recibido: Diciembre 2018 | Aceptado: Marzo 2019

RESUMEN

Introducción: el análisis del comportamiento de la dinámica de epidemia como son el dengue y malaria en Colombia ha llevado al diseño de nueva metodología de carácter predictivo, las cuales establecen órdenes matemáticos subyacentes ante una aparente impredecibilidad de estos comportamientos.

Objetivo: confirmar la aplicabilidad de la metodología desarrollada para predecir la dinámica de la tasa de muertes por lesiones de tránsito en Ibagué Colombia para el año 2010, a partir de la caminata al azar probabilista.

Metodología: Se realizó un análisis físico y matemático del de la dinámica de la tasa muertes por lesiones de tránsito en Ibagué, a partir del establecimiento de un espacio total de probabilidades con el cual se puede establecer el evento más probable en relación a los aumentos y disminuciones consecutivas anuales. Finalmente, el análisis geométrico y probabilista de esta dinámica permitió predecir la tasa del número de muertes por lesiones de tránsito para el año 2010 en Ibagué.

Resultados: para el año 2010 el DANE reporto que el número de muertes por lesiones causadas por el tránsito representa una tasa de 20,9 por cada 100.000 habitantes, el valor predicho fue de 23,2, presentado un porcentaje de acierto con la aplicación de la metodología del 90,2 %.

Conclusiones: Se estableció un orden acausal probabilista para el comportamiento de la dinámica de muertes por lesiones causadas por el tránsito en Ibagué, con lo cual fue posible confirmar la aplicabilidad de la metodología y predecir el número de estas muertes para el año 2010.

Palabras clave: Predicción, accidentes de tránsito, probabilidad, caminata, azar.

ABSTRACT

Introduction: behavioral analysis of the dynamics of epidemics such as dengue and malaria in Colombia has led to the design of new methodology of predictive character, which provides underlying mathematical commands to an apparent unpredictability of these behaviors.

Objective: To confirm applicability of the methodology developed to predict the dynamics of death rate from road traffic injuries in Ibagué Colombia for 2010, from the probabilistic random walk.

Methodology: A physicist and mathematician of the dynamics of the death rate from road traffic injuries in Ibagué, from the establishment of a complete probability space with which to establish the most probable event related to increases and consecutive declines analysis was performed annually. Finally, the geometric and probabilistic analysis of this dynamic allowed predicting the rate of deaths from road traffic injuries in 2010 in Ibagué.

Results: For 2010, the DANE reported that the number of deaths from road traffic injuries represents a rate of 20.9 per 100,000 inhabitants, the predicted value was 23.2, showing a success rate with implementing the methodology of 90.2 %.

Conclusions: A probabilistic acausal order for the dynamic behavior of deaths from road traffic injuries in Ibagué, which was possible to confirm the applicability of the methodology and predict the number of such deaths for 2010 was established.

Keywords: Forecasting, traffic accidents, probability, walk, random



INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses en Colombia, reportó para el periodo comprendido entre los años 2012-2013 aumento, en la tasa de mortalidad por lesiones causadas por el tránsito (LCT), destacando entre las víctimas los peatones con un 44 % para el periodo comprendido entre los años 1996-2006, los automóviles, motos y motocarros como responsables de más del 50 % de estas muertes (1). Sin embargo, a nivel mundial sólo 28 países tienen leyes integrales de seguridad vial en los cinco principales factores de riesgo los cuales son: beber y conducir, el exceso de velocidad y el no uso de cascos en las motocicletas, no portar cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil. Razón por la cual la Asamblea General de la ONU redactó un informe que sirve como línea de base para la Seguridad Vial 2011-2020 (2).

Este informe, se basa en considerar esta problemática como una epidemia de salud pública. En consecuencia, al gran número de información que se puede derivar de estudios, descriptivos, geográficos y de revisión documental se hace necesario el uso de metodologías estadísticas de tipo retrospectivo (3-5). La utilización de técnicas de autocorrelación espacial de accidentabilidad, para mirar cómo se distribuye las zonas en donde se concentran los accidentes de tránsito, es un ejemplo de un estudio de tipo geográfico (4). Este estudio se complementó mediante el establecimiento de indicadores de autocorrelación hechos a partir del

Índice I de Moran. Este indicador de autocorrelación mide la tendencia de los valores a agruparse o no en el espacio (4). Si bien es cierto, que un estudio de este tipo requiere conocer la localización de los agrupamientos, el Índice de Moran no proporciona esta información debido a que se trata de una medida de autocorrelación global, haciendo necesario utilizar LISA (local indicators of spatial association) (5).

Para trabajar en estudios de los cuales se derivan grandes bases de datos, se hace uso del programa SPSS versión 16. Abegaz y col., (6) realizaron un estudio para corroborar las muertes causadas por accidentes de tránsito mediante la aplicación de un segundo método denominado captura-recaptura utilizado previamente por Chapman (7) y el SPSS versión 16, para analizar la información suministrada por los Hospitales y la policía de tránsito de Etiopía (6). Como resultado proponen el fortalecimiento del sistema de registro de muertes por accidentes de tránsito, debido a que encontraron que la información suministrada por ambas instituciones de Etiopía no resulta completa (6).

Por su parte, estudios diseñados en el contexto de la física y matemática teórica han logrado el desarrollo de metodologías que predicen el número de infectados de epidemias como dengue y malaria en Colombia, y otras epidemias como son casos de obesidad y sobrepeso (8-14); metodologías que ante una aparente impredecibilidad y aleatoriedad observada en el fenómeno, establecen un orden acausal subyacente, el cual

permite la predicción de dichos fenómenos. Un ejemplo de esto, es la primera metodología fundamentada en la caminata al azar probabilista y el establecimiento de un espacio total de probabilidades, con la cual se estudió la dinámica geométrica del número de casos anuales registrados durante periodo comprendido entre los años 1990-2006, para predecir el número de infectados de dengue en Colombia para el año 2007 (8). Se predijo que el número de infectados de dengue para el año 2007 sería de 48.188, resultado que al ser comparado con los datos del Instituto Nacional de Salud de Colombia, cuyo valor fue de 43.564 infectados, la predicción logró un porcentaje de acierto del 90,4 % respecto al valor predicho (8).

El presente estudio tiene como propósito confirmar la aplicación de metodología basada en la caminata al azar y la probabilidad (8) para predecir el número de muertes por LCT en Ibagué Colombia para el año 2010, valor que será posteriormente contrastado con el reportado por el DANE.

METODOLOGÍA

Definiciones

Longitud de la tasa de muertes por LCT: representa el valor de la tasa de muertes reportadas por LCT la cual fue calculada mediante la siguiente ecuación desarrollada por Rodríguez et al., (10):

$$L = \sqrt{(X_0 - X_1)^2 + (Y_0 - Y_1)^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo:

X_0 y Y_0 son las coordenadas para el año y número de muertes por LCT inicial.
 X_1 y Y_1 son las coordenadas para el año y número de muertes por LCT siguiente
 L : longitud de una variación anual de la tasa de muertes por LCT..

Longitud probabilista de la tasa de muertes por LCT: el primer espacio de probabilidad establecido considera

cada variación anual de la longitud L de muertes por LCT como un evento, mediante la siguiente ecuación:

$$P(L) = \frac{\text{Longitud variación anual de muertes por LCT}}{\text{Total longitudes de muertes por LCT}} = \frac{L}{TL} \quad \text{Ecuación 2}$$

Probabilidad de la tasa de muertes por LCT: es el valor de la tasa de muertes por LCT en dicho año

dividido entre la sumatoria de estas tasas, mediante la siguiente ecuación:

$$P(N) = \frac{\text{Tasa anual de muertes por LCT}}{\text{Total muertes por LCT}} \quad \text{Ecuación 3}$$



Desviación media cuadrática para la tasa de muertes por LCT: Para evaluar el cargamiento en la probabilidad de la dinámica de la tasa de muertes por

LCT, es decir, si existen valores equiprobables o no de la dinámica de la tasa de muertes por LCT se usa la siguiente fórmula:

$$P(Rn) = \frac{\text{Tasa anual de muertes por LCT}}{\text{Total de las tasas de muertes por LCT}} \pm \frac{1}{2\sqrt{N}} \quad \text{Ecuación 4}$$

En esta ecuación N representa la suma total de las tasas de muertes por LCT registradas durante el periodo comprendido entre los años 2007-2009 en Ibagué, que en términos probabilistas determina el número total de eventos del espacio muestral analizado.

Predicción de la tasa de muertes por LCT en Ibagué: Para realizar la predicción se construyó otro espacio de probabilidad, en el cual toma los valores de las longitudes de los tres años anteriores al año 2010 a través de la siguiente ecuación:

$$Y_{(\text{año predicción})} = \frac{2Y_{(\text{año anterior})} \pm \sqrt{(-2Y_{(\text{año anterior})})^2 - 4\{Y^2_{(\text{año anterior})} + (X_0 - X_1)^2 - [(P(L)^2 \times (TL)^2)]\}}}{2} \quad \text{Ecuación 5}$$

Los valores a sustituir en la ecuación 5 corresponden al valor de la longitud probabilista hallado mediante el promedio aritmético de las longitudes comprendidas entre los años 2007-2009 y TL: es la suma total de las longitudes de este mismo periodo de tiempo.

Para el estudio y la aplicación de metodología desarrollada por Rodríguez et al., (8) se tomó los datos de la tasa de muertes por LCT en Ibagué del periodo comprendido entre los años 2004-2009 del estudio realizado por Rodríguez et al., (15), cuyo objetivo era identificar los factores de riesgo asociados a LCT en Ibagué mediante un estudio de tipo descriptivo y retrospectivo.

El cuarto espacio de probabilidad se diseñó a partir de los resultados de dos eventos: disminución (D) y aumento (A) de la tasa de muertes por LCT respecto al año anterior, mediante este espacio de puede determinar cuál de los dos valores hallados en la ecuación 5 es el más probable para determinar un valor predictivo para el año 2010. Para ellos se estudió el comportamiento de períodos consecutivos de dos y tres años.

Procedimiento

Mediante la aplicación de la metodología desarrollada por Rodríguez et al. (8), se evaluó la dinámica del comportamiento de la tasa de muertes LCT en Ibagué haciendo para ello una analogía entre este comportamiento y la caminata al azar probabilista.

Población

La aplicación de la metodología consiste en calcular primero las longitudes de todas las variaciones anuales de la tasa de muertes por LCT en Ibagué, mediante la ecuación 1. Teniendo en cuenta que los valores de la tasa de muertes por LCT reportados en el periodo comprendido entre los años 2004-2009, corresponden a los valores del eje y, mientras que para el eje x los valores que le corresponden son la variación de cada año el cual toma valores de cero.

Halladas las longitudes, se calculó la probabilidad de cada longitud con la ecuación 2, dividiendo para ello la longitud de dicha variación entre la sumatoria total de longitudes comprendido en el periodo 2004-2009. Seguidamente se halló la proporción entre la variación anual de cada una de las longitudes respecto al menor valor hallado en dicho periodo. Seguidamente, se estableció el segundo espacio de probabilidad a partir del cálculo de la probabilidad de la tasa de muertes por LCT para cada año, con la ecuación 3 dividiendo la tasa de muertes por LCT reportado en un año entre la sumatoria de estas tasas en el periodo comprendido entre los años 2004-2009. Para determinar si este espacio presentan un cargamiento de la probabilidad hacia valores específicos, al ser este valor comparado con su valor esperado, se calculó la desviación media cuadrática de la tasa de muertes por LCT en Ibagué, consideradas ahora como eventos específicos del espacio de probabilidad (8).

Para predecir la tasa de muertes por LCT para el 2010 en Ibagué, se calculó primero el promedio aritmético de los valores de las

longitudes halladas para el período comprendido entre los años 2007-2009, para luego con este valor calcular la probabilidad de la longitud de cada uno de estos tres periodos (ecuación 2). Luego, el valor promedio de las longitudes probabilistas y la suma de los valores de las tres longitudes comprendidas entre los años 2007-2009, fueron reemplazados en la ecuación 5, reemplazando además el valor de la longitud del año 2009; obteniendo como solución dos valores que corresponden a los rangos con los que determina la predicción.

A continuación se construyó un cuarto espacio de probabilidad compuesto por dos eventos: disminución (D) y aumento (A) de muertes por LCT respecto al año anterior, el cual permite estudiar del comportamiento de períodos consecutivos de dos y tres años. Este último espacio de probabilidad permite el analizar cuál de los dos valores predictivos hallados con la ecuación 5 es el que resulta más probable para el año 2010.

RESULTADOS

Para el periodo comprendido entre los años 2004-2009 la tasa de muertes por LCT en Ibagué varió entre 19,3 y 23,4 (figura 1). Los valores de las longitudes halladas para este periodo variaron entre 0,70 y 3,40. Los valores de la probabilidad de las longitudes se encontraron entre 0,059 y 0,288. Los valores de la proporción de las distancias respecto a la distancia mínima encontrada para este periodo estuvieron entre 4,857 y 1 (valores no se muestran). Los valores de la probabilidad de la tasa anual de muertes por LCT en Ibagué variaron



**PREDICCIÓN DE MUERTES POR LESIONES DE TRÁFICO EN IBAGUÉ COLOMBIA CON
CAMINATA AL AZAR PROBABILISTA**

entre 0,148 y 0,179. Los valores de la desviación media cuadrática para los valores de la tasa de muertes por LCT oscilaron entre un rango de 0,104 y 0,223, encontrando que la diferencia entre estos últimos y el valor esperado varía en un rango de 0,044 y -0,044 (Tabla 1). Lo anterior revela que los valores de la probabilidad hallados

para la tasa anual de muertes por LCT en Ibagué y la desviación media cuadrática para el periodo comprendido entre los años 2004-2009, no es equiprobable, sino que hay probabilidades que están cargadas, permitiendo el establecimiento de predicciones para el año 2010 (Tabla 1).

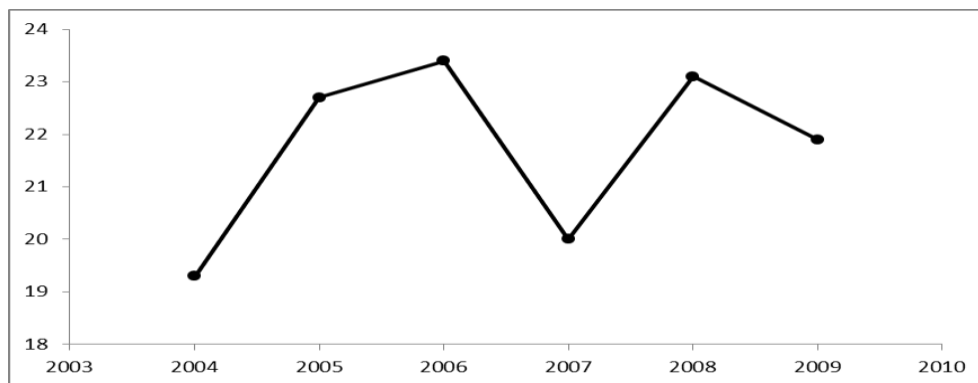


Figura 1. Caminata al azar de los valores de LCT en Ibagué Colombia para 2004–2009.

Por otra parte, el análisis realizado al tercer espacio de probabilidad que corresponde al periodo comprendido entre los años 2007-2009 de muertes por LCT en Ibagué, así como la aplicación de la ecuación 5, se establecieron dos valores de predicción para el año 2010 los cuales fueron de 19,33 y 24,47 (valores no se muestran); determinando el evento más probable para el año 2010, en relación a la frecuencia y probabilidad de valores consecutivos de A o disminución D (Tabla 2). El estudio del tercer y cuarto espacio de probabilidad que contiene el número de posibles combinaciones entre A y D de muertes por LCT en Ibagué determino que es más probable un aumento (ver Tabla 3). Lo anterior muestra que al ser más probable una

aumento para establecer el valor predictivo para el año 2010, el cálculo del promedio aritmético de los dos valores predichos para el 2010 hallados con la ecuación 5, fue tomado y sumado con el mayor valor predicho el cual fue de 24,47, para de nuevo ser promediados y hallar como resultado más probable el valor de 23,2, que al ser comparado con el valor real que corresponde a una tasa de 20,9 por cada 100.000 habitantes para el año 2010, se halló un porcentaje de acierto del 90,2 % respecto al valor predicho.

DISCUSIÓN

Este es el primer trabajo en el que se confirma que el número de muertes por LCT en Ibagué Colombia para el 2010 son predecibles, como resultado

del análisis de su comportamiento hecho en analogía a una caminata al azar probabilista. De igual manera el análisis realizado a las longitudes probabilistas durante el periodo comprendido entre los años 2007-2009, junto con el estudio de aumentos o disminuciones en la dinámica durante el periodo comprendido entre los años 2004-2009, permitieron predecir con certeza el valor más probable para el año 2010.

El estudio del comportamiento de la dinámica de la tasa de muertes por LCT permitió contrastar las características de irregularidad y complejidad que le son adjudicadas al fenómeno por la mayoría de estudios; contra la predictibilidad lograda con la metodología aplicada, la cual al estar basada en la caminata al azar permitió establecer un orden matemático, geométrico y probabilístico que contribuyó en la predicción. Por otro lado, analizando el espacio total de probabilidades se estableció la existencia de un cargamiento en las probabilidades, encontrando que la desviación media cuadrática no mostro una dispersión alrededor de una medida.

Entre los estudios realizados para evaluar el impacto que tiene las muertes por accidentes de tránsito, han encontrado después de un análisis prospectivo que las lesiones de peatones y los ciclistas se diferencian por la edad, el sexo, etnia o raza, y el tipo de vehículo de motor implicado. Identificando algunas poblaciones como las más vulnerables debido a que presentan las lesiones más graves o críticas en sus reportes de ingreso hospitalarios. Sin embargo, el estudio

concluye afirmado que los datos de mortalidad o que suministra los centros Hospitalarios no logra captar la magnitud de la epidemia, recomendando que las modalidades de prevención deban ser adaptadas de acuerdo con un enfoque en los subgrupos de alto riesgo y el cumplimiento de las leyes de tránsito (16). También en otra ciudad colombiana como Valledupar (17), se estableció que la población más afectada durante el periodo de 2008 a 2012 fueron los motociclistas con el 69 % de las LCT presentadas, de igual forma se estableció que las mujeres también presentaron un mayor índice de LCT que los hombres durante todo el periodo y para cada año. Estos estudios resaltan hechos relevantes sobre la dinámica de las lesiones por accidentes de tránsito, estableciendo medidas estadísticas y poblacionales. La metodología desarrollada en base a la caminata al azar para evaluar el comportamiento del número de infectados por epidemias como el dengue, muestra como el establecimiento de un orden matemático de la epidemia puede prever el hecho más probable independientes de factores causales, poblacionales y geográficos; que al ser esta aplicable en los sistemas de acciones orientados a disminuir la tasa de accidentes de tránsito, dirige con certeza los mejores planes de acción al no estar basado en hipótesis que sean formuladas por posibles causas.

Otras metodologías desarrolladas desde un contexto acausal han logrado ser aplicables en campos como la cardiología de adulto (18-20), en la fetal (21) y neonatal (22), logrando predicciones de mortalidad (23), en



**PREDICCIÓN DE MUERTES POR LESIONES DE TRÁFICO EN IBAGUÉ COLOMBIA CON
CAMINATA AL AZAR PROBABILISTA**

inmunología y biología molecular (24,25), en infectología (26). También se han desarrollado metodologías de análisis y diagnóstico matemático de imágenes de eritrocitos (27), arterias coronarias (28), y de células de cuello uterino (29,30).

CONCLUSIONES

La aplicabilidad de la metodología para el presente estudio, fue posible debido a la variabilidad anual de los valores de LCT, la cual presenta un comportamiento que puede describirse a partir de la caminata al azar, permitiendo también aplicar la teoría de la probabilidad para analizar la dinámica de LCT estableciendo ordenes entre las partes y la totalidad de dicha dinámica.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Politécnica Gran Colombiano por su apoyo a nuestras investigaciones.

Agradecemos al Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, en especial a las Doctoras del Centro de Investigaciones Adriana Lizbeth Ortiz, epidemióloga, y Silvia Ortiz, enfermera jefe, a la enfermera Sandra Rodríguez y a los Doctores Tito Tulio Roa, Director de Educación Médica, Jorge Alberto Ospina, Director Médico, y Alfonso Correa, Director del Centro de Investigaciones, así mismo a la enfermera Sandra Rodríguez y a los Bacteriólogos Camilo Benítez y Juan Rojas.

Dedicación

A nuestros hijos.

Tabla 1. Valores de la tasa de muertes por lesiones causadas por el tránsito (LCT) en Ibagué entre periodo comprendido en los años 2004-2009. Donde L: es la longitud de muertes por lesiones causadas por el tránsito, P(L): la longitud probabilista de muertes por LCT, (+/-)DMC : valores de la desviación media cuadrática de la tasa de muertes por LCT.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009
LCT	19,3	22,7	23,4	20,0	23,1	21,9
L		3,4	0,7	3,4	3,1	1,2
P(L)	0	0,288	0,059	0,288	0,263	0,102
P(N)	0,148	0,174	0,179	0,153	0,177	0,168
(+)DMC	0,192	0,218	0,223	0,197	0,221	0,212
(-)DMC	0,104	0,130	0,136	0,110	0,133	0,124
(+)DMC+P	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
(-)DMC-P	-0,044	-0,044	-0,044	-0,044	-0,044	-0,044

Tabla 2. Frecuencia y probabilidad de los A: aumentos y D: disminuciones consecutivas para el periodo comprendido entre los años 2004-2009, en relación a la tasa de muertes por LCT en Ibagué Colombia, donde V: representa el valor total de cada tipo de variación y P: la probabilidad de esta variación.

Años 2004-2009	Aumentos		Disminución	
	V	P	V	P
1	1	0,2	2	0,4
2	1	0,4	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
Total	3	0,6	2	0,4

Tabla 3. Número de posibles combinaciones de aumentos (A) y disminuciones (D) para un periodo de tres años consecutivos de muertes por LCT en Ibagué Colombia, donde P es la probabilidad de cada combinación, observada durante un periodo comprendido durante los años 2004-2009.

Combinaciones	Valor	P
DDD	0	0,00
DDA	0	0,00
DAD	1	0,33
DAA	0	0,00
ADD	0	0,00
ADA	1	0,33
AAD	1	0,33
AAA	0	0,00
Total	3	1

Referencias

1. Cabrera G, Velásquez N, Valladares M. Seguridad vial, un desafío de salud pública en Colombia del siglo XXI. Rev Fac Nac Salud Pública. 2009; 27(2): 28-225.
2. OMS. Organización Mundial de la Salud Informe Mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito. Ginebra 2004
3. Híjar M. Utilidad del análisis geográfico en el estudio de las muertes por atropellamiento. Salud publica Mex. 2000; 42:188-193.
4. Hernández V. Análisis exploratorio espacial de accidentes de tránsito en ciudad Juárez, México. Rev Panam Salud Pública. 2013; 31(5):396-402.
5. Leveau C, Ubeda C. Muertes por lesiones de tránsito en Argentina: un análisis especial para el periodo de 2001-2009. Rev Panam Salud Pública. 2012; 31(5):439-42.



**PREDICCIÓN DE MUERTES POR LESIONES DE TRÁFICO EN IBAGUÉ COLOMBIA CON
CAMINATA AL AZAR PROBABILISTA**

6. Abegaz T, Berhane Y, Alemayehu W, Assrat A, Assefa A. Road Traffic Deaths and Injuries Are Under-Reported in Ethiopia: A Capture-Recapture Method. *PLoS One*. 2014; 9(7): e103001.
7. Chapman DG. Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological censuses. *Univ Calif Publ Stat* 1951; 1: 131–160.
8. 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.
9. Rodríguez J. Dinámica Probabilista Temporal De La Epidemia De Malaria En Colombia. *Rev Fac Med*. 2009; 17(2):214-221.
10. Rodríguez J, Vitery S, Puerta G, Muñoz D, Rojas I, Pinilla L, Mora J, Salamanca D, Perdomo N. Dinámica probabilista temporal de la epidemia de dengue en Colombia. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2011; 49(1).
11. 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.
12. Rodríguez J, Prieto S. Dinámica de la epidemia de malaria. Predicciones de su trayectoria. *Rev Fac Med* 2010;18 (2): 12-20.
13. Rodríguez J, Prieto P, Correa C, Arnold Y, Alvarez L, Bernal P, et al. Dinámica de la epidemia del dengue en Colombia: Predicciones de la trayectoria de la epidemia. *Rev. Fac. Med.* 2013; 21(1): 38-45.
14. Rodríguez J, Prieto S, Fajardo E, Correa C, López F, Castro J, Soracipa Y. 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.
15. Rodríguez M, Peñalosa R, Ariza L, Flórez C, Armindo F, Montoya S, et al. Factores de riesgo asociados a lesiones causadas por el tránsito y propuestas de intervenciones para el contexto colombiano. Universidad Javeriana. Bogotá: Ecoe ediciones. 2015.
16. Dultz L, Foltin, G, Simon R, Wall S, Levine D, Bholat O, Dekeya SL, Jacko S, Marr M, Glass N, Pachter H, Frangos SG. Vulnerable roadway users struck by motor vehicles at the center of the safest, large US city. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2013 April; 74(Issue 4): 1138–1145.
17. Rodríguez JM, Peñalosa RE, Moreno Montoya J (2015) Road traffic injury trends in the city of Valledupar, Colombia. A time series study from 2008 to 2012. *PLoS ONE* 10(12): e0144002. doi:10.1371/journal.pone.0144002.
18. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Bautista J, Velasco A, Méndez, et al. Mathematics physical assessment of cardiac dynamics based on theory of probability and proportions of entropy in the intensive care unit for patients with arrhythmia. *J Nucl Med Radiat Ther*. 2015 Ag;6:4
19. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Mendoza F, Weiz G, Soracipa M, Velásquez N, Pardo J, Martínez M, Barrios F. Physical mathematical evaluation of the cardiac dynamic applying the Zipf – Mandelbrot law. *Journal of Moder of Physics*. 2015; 6:1881-1888.
20. 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.
21. Rodríguez J. Nuevo diagnóstico físico y matemático de la monitoria fetal: predicción de aplicación clínica. *Momento Revista de Física.* 2012; 44: 49-65.
22. Rodríguez J, Prieto S, Flórez M, Alarcón M, López R, Aguirre G, Pinilla L, Rovira O, Méndez L. Sistemas dinámicos cardiacos en neonatos normales: Ley caótica cardiaca neonatal. *Salud Uninorte, Barranquilla (Col.)* 2014, 30(3):359-368.
23. Rodríguez J. Dynamical systems applied to dynamic variables of patients from the intensive care unit (ICU): Physical and mathematical mortality predictions on ICU. *J. Medicina. Medicina. Sci.* 2015; 6(8):209-220.
24. 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.
25. Rodríguez J, Bernal P, Prieto S, Correa C. Teoría de péptidos de alta unión de malaria al glóbulo rojo. *Predicciones teóricas de nuevos péptidos de unión y mutaciones teóricas predictivas de aminoácidos críticos. Inmunología* 2010; 29(1):7-19.
26. 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.
27. Rodríguez J, Prieto S, Correa S, Mejía M, Ospino B, Munevar Á, Amaya B, Duarte Y, Medina S, Felipe C. Simulación de estructuras eritrocitarias con base en la geometría fractal y euclidiana. *Archivos de Medicina Umanizales* 2014, 14(2): 276-284.
28. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Bernal P, Puerta G, Vitery S, Soracipa Y, Muñoz D. Theoretical generalization of normal and sick coronary arteries with fractal dimensions and the arterial intrinsic mathematical harmony. *BMC Med Phys* 2010;10:1-6.
29. 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.
30. Velásquez J, Prieto S, Catalina C, Dominguez D, Cardona DM, Melo M. Geometrical nuclear diagnosis and total paths of cervical cell evolution from normality to cancer. *Journal of Cancer Research and Therapeutics* 2015; (11 - Issue 1): 98-104.

