

# Predicción temporal del número de fatalidades por accidentes de tránsito en Texas en el contexto de una caminata al azar probabilista

## Temporary prediction of the number of fatalities due to traffic accidents in Texas in the context of a random probabilistic walk

Javier Oswaldo Rodríguez Velásquez<sup>1</sup> <sup>\*</sup>, Signed Esperanza Prieto Bohórquez<sup>1</sup> , Rubén Ernesto Caycedo Beltrán<sup>1</sup> , Sandra Catalina Correa Herrera<sup>1</sup> , Ribká Soracipa Muñoz<sup>1</sup> , Jairo Javier Jattin Balcázar<sup>1</sup> , John Alexander Muñoz<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Grupo Insight. Hospital Universitario Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

\*Dirigir correspondencia a: [grupoinsight2025@gmail.com](mailto:grupoinsight2025@gmail.com)

### Proceso Editorial

Recibido: 19 02 2020

Aceptado: 20 06 2021

Publicado: 19 07 2021

### RESUMEN

**Introducción:** Las lesiones causadas por los accidentes de tránsito son consideradas en la actualidad una epidemia debido a la importante morbimortalidad que se reporta a nivel mundial por esta causa, por lo cual es necesario predecir su comportamiento. Considerando lo anterior, se busca confirmar la capacidad predictiva de una metodología que predice la cifra de fatalidades por lesiones causadas por los accidentes de tránsito aplicada en el contexto del estado de Texas, E.E.U.U, para el año 2015 mediante la caminata al azar probabilista.

**Métodos:** se analizaron las cifras de los reportes anuales entre 1994 a 2014 emitidos por la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) sobre las fatalidades por lesiones causadas por los accidentes de tránsito en Texas en analogía con la caminata al azar probabilista para obtener una predicción para el 2015; **Resultados:** se observó que el comportamiento de esta variable es compatible al analizado con la caminata al azar, lo cual permitió aplicar esta metodología y obtener una predicción para el 2015 con un acierto del 96,3 % con respecto al valor oficial reportado; **Conclusiones:** la caminata al azar probabilista predice el comportamiento de variables aparentemente aleatorias en el tiempo con precisiones elevadas, lo cual permite su aplicación como herramienta de vigilancia en salud pública al evaluar complementariamente la efectividad de las intervenciones para reducir la mortalidad por las lesiones causadas por los accidentes de tránsito.

**Keywords:** accidentes de tránsito; probabilidad; salud pública.

### ABSTRACT

**Background:** Road traffic injuries are currently considered as an epidemic given the burden of morbimortality that is reported worldwide by this cause, which makes mandatory to forecast its behavior. Considering the above, it is seek to confirm the predictive capacity of a method that predicts the value of fatalities due to traffic accident lesions applied in the context of Texas, USA for the year 2015 by means of a probabilistic random walk; **Methods:** Texas' annual number of fatalities from road traffic injuries reported by the *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) were analyzed in analogy to the probabilistic random walk to obtain a prediction for 2015; **Results:** it was observed that the behavior of this variable is compatible with the one analyzed by probabilistic random walk, which allowed to apply this methodology and obtain a prediction for 2015 with a success of 96.3 % with respect to the official value reported; **Conclusions:** probabilistic random walk predicts the behavior of apparently random variables along time with high precision, which allows to apply this method as a public health surveillance tool by complementarily evaluating the effectiveness of interventions to reduce the fatalities from road traffic injuries

**Palabras Clave:** traffic accidents; public health; probability.

[DOI 10.17081/innosa.129](https://doi.org/10.17081/innosa.129)

©Copyright 2021.

Rodríguez<sup>1</sup> et al.



**Cómo citar:** Rodríguez J, Prieto S, Caycedo E, Correa S, Soracipa R, Jattin J, Muñoz J. Predicción temporal del número de fatalidades por accidentes de tránsito en Texas en el contexto de una caminata al azar probabilista. *Ciencia e Innovación en Salud*. 2021. e129: 226-235 [DOI 10.17081/innosa.12](https://doi.org/10.17081/innosa.12)

**Cite this dataset:** Innovación en Salud, Ciencia e (2021), "Temporary prediction of the number of fatalities due to traffic accidents in Texas in the context of a random probabilistic walk", Mendeley Data, V1, doi: 10.17632/vp3d9wx55w.1

## I. INTRODUCCIÓN

La aleatoriedad de los fenómenos ha sido analizada a partir de modelos matemáticos teóricos como la teoría de la probabilidad y la caminata al azar. La probabilidad permite evaluar la posibilidad de que ocurra un evento dentro de un total de posibilidades medibles en un experimento (1-3). Se establece la probabilidad de un suceso como la proporción entre frecuencia que aconteció dicho suceso y el total de sucesos, cuyos resultados agrupados se denomina espacio muestral (4).

Norbert Wiener fue el primero que logró estudiar el movimiento probabilístico y predecir dentro de ciertos rangos acotados la evolución de su dinámica (5). Este estudio de Wiener se conoce como caminata al azar, se caracteriza por el desplazamiento medio, el cual está en función del número de progresos dados (2) y se puede ejemplificar como el movimiento del desplazamiento de longitud y dirección aleatoria hacia progresos positivos o negativos respecto a un origen (6).

La Organización Panamericana de la Salud reportó que, en el 2010 para la región de las Américas, se presentó un promedio en la tasa de mortalidad por accidentes de tránsito de 16.1 por 100,000 habitantes, lo que representó 149,992 muertes. Para el Caribe esta tasa fue de 22.2 por 100.000 habitantes, mientras que para América del Norte fue de 11 por 100.000 habitantes (7). Por lo anterior, se ha considerado en salud pública que las lesiones causadas por el tránsito (LCT) son una epidemia (8).

La identificación de los factores causales asociados a los diferentes tipos de LCT se ha logrado como resultado de diversos estudios con distintas modalidades metodológicas, particularmente desde el aspecto descriptivo (9-11). Como consecuencia, y debido al aumento de la cantidad de casos de LCT en el mundo, se ha visto la necesidad de optimizar los sistemas de atención hospitalaria, en especial el cuidado en trauma, con el fin de responder y actuar oportunamente para disminuir la mortalidad por LCT (12) y las discapacidades físicas asociadas.

La perspectiva física y matemática teórica ha sido empleada para analizar las tendencias anuales de enfermedades como la malaria, el dengue y el VIH/SIDA. La primera metodología diseñada desde esta perspectiva se fundamenta en la caminata al azar probabilista, con la cual se logró predecir el número de infectados por dengue en el 2007 con un porcentaje de acierto del 90,4 % (13). Posteriormente, la metodología fue replicada para predecir el número de infectados de malaria en el 2007 logrando un porcentaje de acierto del 95,6 % (14). También, se ha evaluado con esta misma metodología epidemias como el VIH/SIDA (15).

El propósito de esta investigación es predecir el número de fatalidades por accidentes de tránsito (FAT) en Texas, E.E.U.U para el año 2015 mediante la caminata al azar probabilista y establecer la precisión de la metodología al comparar el valor predicho con el valor reportado oficialmente por la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA).

## II. MÉTODOS

Esta investigación es de tipo retrospectivo observacional, en la cual se tomaron los valores anuales del número de fatalidades por accidentes de tránsito en Texas, E.E.U.U entre los años 1994 a 2014 de la base de datos pública de la NHTSA (23).

## Procedimiento

Inicialmente, se eligió predecir el valor del 2015 debido a que estas cifras han sido revisadas y validadas por la NHTSA, de manera que se pueda confirmar realmente la capacidad predictiva de la metodología.

Posteriormente, se estudió el comportamiento anual del número de fatalidades por accidentes de tránsito en un plano coordenado de dos dimensiones, ubicando en el eje X el tiempo en años y en el eje Y los valores anuales del número de fatalidades por accidentes de tránsito, para evaluar si su comportamiento es análogo al de una caminata al azar probabilista (ver figura 1). A continuación, la ecuación. 1 fue aplicada para calcular la longitud de los pares ordenados  $(X_n, Y_{FATn})$  donde "n" toma los valores del número de FAT reportadas durante los años 1994 hasta 2014. Al momento de sustituir los valores de los años en la ecuación 1, se encuentra que la diferencia va a tomar valores de cero durante el periodo analizado.

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

Siendo,  $X_0$  y  $Y_0$  las coordenadas para el año inicial y  $X_f$  y  $Y_f$  las coordenadas para el año siguiente.

Al hallar los valores de las longitudes con la Ec. 1, se calculó la probabilidad para cada una de las longitudes mediante la ecuación 2. Para ello, se cuantificó el cociente entre la longitud anual de las cifras de fatalidades de accidentes de tránsito entre la suma total de longitudes comprendidas entre 1994 a 2014. Luego, la proporción entre la variación anual de cada una de las longitudes respecto al menor valor hallado fue calculada en dicho periodo.

$$P(L) = \frac{\text{Longitud del número de FAT}}{\text{Total de longitudes del número de FAT}} \quad (2)$$

Seguidamente, la probabilidad de la cifra anual de fatalidades reportada por la NHTSA fue calculada mediante la ecuación 3.

$$P(N) = \frac{\text{Número reportado de FAT en Texas}}{\text{Totalidad del número de FAT anuales en Texas}} \quad (3)$$

Para determinar si existe un cargamiento en las probabilidades halladas con la Ec. 3, es decir, si hay valores más probables que otros, se cuantificó la desviación media cuadrática del valor fatalidades a través de la ecuación 4:

$$P(Rn) = \frac{\text{Número reportado de FAT en Texas}}{\text{Totalidad del número de FAT anuales en Texas}} \pm \frac{1}{2\sqrt{N}} \quad (4)$$

Donde **N**: totalidad de casos de LCT en registrados entre 1994 a 2014.

Posteriormente, para obtener la predicción se tomaron los valores de las longitudes halladas con la Ec. 1 de los años 2012, 2013 y 2014 y a continuación, se calculó la probabilidad de estos tres años con la Ec. 2, construyendo de esta manera un tercer espacio de probabilidad. Luego, el promedio aritmético de la probabilidad hallado para estos tres últimos años y el valor de la suma de las tres longitudes (TL) fueron remplazado en la ecuación 5.

$$Y_{(ap)} = \frac{2Y_{(aa)} \pm \sqrt{(-2Y_{(aa)})^2 - 4\{Y_{(aa)}^2 + (X_f - X_o)^2 - [(P(L))^2 \times (TL)^2]\}}}{2} \quad (5)$$

Donde **ap**: año a predecir; **aa**: año anterior.

La Ec. 5, al ser una ecuación cuadrática, genera dos resultados. Para determinar cuál de estos dos resultados determina el evento más probable (Ver tabla 2), se analizó la frecuencia de disminuciones (D) y aumentos (A) de los valores de fatalidades y las combinaciones consecutivas de D y A en conjuntos de 3, es decir, AAA, DDD, etc.

### III. RESULTADOS

Los valores reportados de fatalidades por accidentes de tránsito entre los años 1994 a 2014 por la NHTSA varió entre 3023 y 3823. Los valores de las longitudes halladas para este periodo variaron entre 2 y 559. Las longitudes probabilistas se encontraron entre 0.001 y 0.208. La probabilidad de los valores de fatalidades varió entre 0.041 y 0.052. Los valores de la desviación media cuadrática para la tasa de muertes por accidente de tránsito oscilaron en un rango de 0.039 y 0.054, encontrando que la diferencia entre estos últimos y el valor esperado varía en un rango de -0,001 a 0,001 (**Tabla 1**). Los valores de la desviación media cuadrática para el periodo comprendido entre los años 1994 a 2014, junto con el cálculo de probabilidades halladas para los valores anuales de fatalidades, muestran que el comportamiento de esta variable es no equiprobable, presentándose probabilidades cargadas que determinan la predicción para el año 2015 (**Tabla 1**).

Los valores de probabilidad correspondientes al periodo entre 2012 a 2014 de las fatalidades por lesiones causadas por los accidentes de tránsito, varió entre 0,037 y 0,681; la suma total de longitudes fue de 520 y el promedio de la probabilidad calculada para estos tres años fue de 0,333. Estos valores, al ser sustituidos en la Ec. 5, arrojaron los valores 3363 y 3709 como dos posibles resultados para el año 2015 (ver **Tabla 2**).

Para determinar cuál de los dos valores hallados a partir de la Ec. 5 es el evento más probable para el año 2015, se analizó la frecuencia y la probabilidad de los valores consecutivos de los aumentos (A) o disminuciones (D), lo cual indica que el evento más probable es que haya una disminución (Ver **Tabla 3 y 4**).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se estableció el valor de la predicción mediante el cálculo de dos promedios aritméticos a partir de los dos valores predichos para el 2015. Primero, se calculó el valor de los dos valores hallados a partir de la Ec. 5 y se obtuvo como resultado 3536. Segundo, se tomó de los dos resultados hallados a partir de la Ec. 5 el valor menor predicho para este año 2015, el cual fue de 3363. Este resultado fue sumado con el valor promedio previamente hallado el cual fue de 3536, lo que permite el cálculo del promedio de estos dos valores, obteniendo como resultado 3449. Finalmente, este último resultado se comparó con el valor real reportado por la NHTSA para el 2015, correspondiente a 3582, lo cual representa un porcentaje de acierto predictivo del 96.3 % (Ver **Tabla 2**).

**Figura 1.** Tendencia histórica de los valores de las fatalidades por accidentes de tránsito en Texas, E.E.U.U entre 1994 a 2014. Los límites superior e inferior conforman el rango de los dos valores hallados a partir de la ecuación cuadrática.



Fuente: Elaboración propia

#### IV.DISCUSIÓN

Este es el primer trabajo en el que se predice el valor de las fatalidades por lesiones causadas por los accidentes de tránsito en Texas, E.E.U.U para el 2015, a partir de una ecuación cuadrática evaluada en el contexto de la teoría de la probabilidad. Esta predicción fue posible debido a que los valores anuales de las fatalidades tienen un comportamiento análogo al de una camina al azar y al establecimiento de un espacio total de probabilidades, a partir del cual fue también posible analizar la totalidad de este comportamiento.

La metodología bajo la cual esta predicción fue desarrollada parte de fundamentos matemáticos y geométricos incontrovertibles, como son la distancia entre dos puntos y la teoría de la probabilidad. Adicionalmente, el proceso sistemático del razonar el problema incluye una sustentación matemática válida que permite obtener una predicción independiente de consideraciones causales epidemiológicas, sumando a esto el pensamiento físico en el cual se busca omitir detalles irrelevantes y analizar los elementos esenciales del fenómeno (17).

**Tabla 1.** Valores anuales de las fatalidades por accidentes de tránsito.

Año	Valor	L	Prom	P(L)	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P	DMC- P
1994	3187				0,044	0,045	0,042	0,002	-0,002
1995	3183	4	2,00	0,001	0,044	0,045	0,042	0,002	-0,002
1996	3742	559	279,50	0,208	0,051	0,053	0,049	0,002	-0,002
1997	3513	229	114,50	0,085	0,048	0,050	0,046	0,002	-0,002
1998	3586	73	36,50	0,027	0,049	0,051	0,047	0,002	-0,002
1999	3522	64	32,00	0,024	0,048	0,050	0,046	0,002	-0,002
2000	3779	257	128,50	0,096	0,052	0,054	0,050	0,002	-0,002
2001	3736	43	21,50	0,016	0,051	0,053	0,049	0,002	-0,002
2002	3823	87	43,50	0,032	0,052	0,054	0,050	0,002	-0,002
2003	3821	2	1,00	0,001	0,052	0,054	0,050	0,002	-0,002
2004	3699	122	61,00	0,045	0,051	0,052	0,049	0,002	-0,002
2005	3536	163	81,50	0,061	0,048	0,050	0,047	0,002	-0,002
2006	3531	5	2,50	0,002	0,048	0,050	0,046	0,002	-0,002
2007	3466	65	32,50	0,024	0,047	0,049	0,046	0,002	-0,002
2008	3476	10	5,00	0,004	0,048	0,049	0,046	0,002	-0,002
2009	3104	372	186,00	0,138	0,042	0,044	0,041	0,002	-0,002
2010	3023	81	40,50	0,030	0,041	0,043	0,039	0,002	-0,002
2011	3054	31	15,50	0,012	0,042	0,044	0,040	0,002	-0,002
2012	3408	354	177,00	0,132	0,047	0,048	0,045	0,002	-0,002
2013	3389	19	9,50	0,007	0,046	0,048	0,045	0,002	-0,002

Donde L: la longitud de los valores de las fatalidades; P(L): longitud probabilista de los valores de las fatalidades; P(N) probabilidad de los valores de las fatalidades ( $\pm$ ) DMC: desviación media cuadrática.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 2.** Valores de las fatalidades de los tres años previos a 2015.

Año	Valor	L	P
2012	3408	354	0,681
2013	3389	19	0,037
2014	3536	147	0,283
		520	0,333

L: longitud y P: probabilidad de los valores de las fatalidades.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.** Comportamiento en años consecutivos de la frecuencia y la probabilidad de los aumentos (A) y disminuciones (D) de los valores de fatalidades entre 1994 a 2014.

Años consecutivos	1994 a 2004	A		D	
		V	P	V	P
1		6	0,3	5	0,25
2		1	0,1	1	0,1
3		0	0	0	0
4		0	0	0	0
5		0	0	1	0,25
6		0	0	0	0
7		0	0	0	0
8		0	0	0	0
9		0	0	0	0
Total	20	8	0,400	12	0,60

Donde V: valor total de cada tipo de variación y P: la probabilidad de esta variación.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 4.** Número de posibles combinaciones de aumentos (A) y disminuciones (D) en períodos de tres años consecutivos de las fatalidades entre 1994 a 2014.

Combinaciones	V	P
DDD	2	0,200
DDA	1	0,100
DAD	5	0,500
DAA	0	0,000
ADD	0	0,000
ADA	1	0,100
AAD	1	0,100
AAA	0	0,000
Total	10	1

**Fuente:** Elaboración propia.

Actualmente, existen varias metodologías que buscan predecir eventos de interés público como la mortalidad por lesiones causadas por accidentes de tránsito, a partir de bases de datos extensivas las cuales han sido analizadas con modelos con regresiones logísticas multivariadas y análisis avanzados computacionales de Big Data con resultados altamente precisos y que además permiten discriminar algunas variables involucradas en las relaciones de causa-efecto, que de ser intervenidas, podrían impactar en la disminución de estos eventos (18-23). Esta metodología, si bien no se enfoca en la obtención de relaciones causa-efecto, logra predecir el comportamiento de las dinámicas con una elevada precisión con una escasa cantidad de datos retrospectivos (24) como se ha demostrado anteriormente en una investigación realizada con datos del estado de Florida en un intervalo temporal similar (25), en la cual la precisión alcanzada fue del 97 %. Si bien ambos estados tienen características sociodemográficas distintas (26), las predicciones alcanzadas con la metodología han sido altamente precisas en los dos estudios, lo cual sugiere que su extensión puede superar las limitaciones poblacionales, sociales y estadísticas habitualmente asociadas a los análisis del

tránsito (27,28) Sin embargo, se deberán realizar más investigaciones que permitan seguir comprobar estos hallazgos.

Esta investigación contribuye a reformular el concepto de azar implícito en el estudio de las epidemias como las fatalidades por lesiones causadas por los accidentes de tránsito (24), pues es precisamente esta concepción la que ha evitado la formulación de metodologías que analicen la dinámica de una epidemia y más aún el proponer soluciones más precisas y objetivas que contribuyan a la disminución de casos de mortalidad. En este sentido, este método puede ser un complemento para verificar la efectividad de las intervenciones para reducir la mortalidad por las lesiones causadas por los accidentes de tránsito.

Considerando este pensamiento matemático y físico teórico acausal (29), se han desarrollado metodologías predictivas con aplicación diagnóstica y clínica en medicina. Ejemplo de ello resulta la predicción de mortalidad en la unidad de cuidados intensivos a través de la teoría de conjuntos y la teoría de la probabilidad (30); la predicción de brotes de malaria a través de la teoría de la probabilidad (31) y la descripción matemática de la dinámica cardíaca a través de las relaciones de la entropía (32).

## V.CONCLUSIONES

Con esta investigación, se suma evidencia a que el comportamiento altamente fluctuante de las fatalidades causadas por el tránsito es compatible con el de la caminata al azar, lo cual posibilita su predicción a partir de una metodología basada en este concepto junto con la teoría de la probabilidad y una ecuación de segundo grado, con un resultado de alta precisión, independiente de consideraciones causales y de análisis ajustados a las características de la población. En este sentido, este método logra predecir espaciotemporalmente la tendencia de esta importante problemática de salud pública, lo cual sugiere su aplicabilidad como herramienta predictiva que puede ser usada para la vigilancia epidemiológica y la evaluación de la efectividad de las estrategias establecidas en seguridad vial para reducir la magnitud de las fatalidades.

**Contribución de autores:** Conceptualización, JORV, SEPB y SCCH; metodología, JORV, SEPB y SCCH; software, SEPB; validación RECB, RSM y JJJB; análisis formal, RECB, SCCH, RSM, JJJB; investigación, JAM; curación de datos, RECB y JAM; escritura: preparación del borrador original, RSM, JJJB y JAM; escritura: revisión y edición, JORV, SEPB, RECB, SCCH; visualización, SEPB, SCCH, JJJB; supervisión, JORV; Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

**Fondos:** Esta investigación no recibió fondos externos.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen al Hospital Universitario Nacional de Colombia, especialmente al Doctor Giancarlo Buitrago, director del Instituto de Investigaciones Clínicas de la Universidad Nacional de Colombia-Hospital Universitario Nacional de Colombia por su apoyo en sus investigaciones).

**Conflictos de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

1. Spiegel MR, Schiller JJ, Srinivasan RA. Probabilidad y estadística. 3ra ed. Bogotá, Colombia: McGrawHill; 2009.
2. Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Probability. In: Physics Vol 1: Mechanics, radiation, and heat. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana; 1964. p. 1–11.
3. Laplace P. Ensayo filosófico sobre las probabilidades. Barcelona: Altaza; 1995. 12-15 p.
4. Blanco L. Probabilidad, notas de clase. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Matemáticas y Estadística; 1996.
5. Wiener N. Nonlinear problems in random theory. Cambridge: Technology Press; 1958.
6. Cattoni D, Ozu M, Chara O. Ruidos en la naturaleza. In: ANALES AFA. 2004. p. 294–9
7. Goel NS, Richter-Dyn N. Stochastic models in biology. Elsevier; 2016.
8. Nantulya V. The neglected epidemic: road traffic injuries in developing countries. *BMJ*. 2002; 324(7346): 1139–1141. [DOI: 10.1136/bmj.324.7346.1139](https://doi.org/10.1136/bmj.324.7346.1139)
9. Híjar M. Utilidad del análisis geográfico en el estudio de las muertes por atropellamiento. *Salud publica Mex*. 2000; 42:188-193. <https://www.scielosp.org/article/spm/2000.v42n3/188-193/>
10. Dultz L, Foltin, G, Simon R, Wall S, Levine D, Bholat O, et al. Vulnerable roadway users struck by motor vehicles at the center of the safest, large US city. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2013; 74: 1138–1145. [DOI: 10.1097/TA.0b013e31827ab722](https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31827ab722)
11. Perez R, Híjar M, Celis A, Hidalgo E. El estado de las lesiones causadas por el tránsito en México: evidencias para fortalecer la estrategia mexicana de seguridad vial. *Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro*, 2014; 30(5):911-925. <https://www.scielo.br/j/csp/a/iW5NMTWw6RYkYkqd6ykrZhJ/?lang=es&format=pdf>
12. Nathens A, Jurkovich G, Cummings P, Rivara F, Maier R. The Effect of Organized Systems of Trauma Care on Motor Vehicle Crash Mortality. *JAMA*. 2000;283(15):1990-1994. [DOI:10.1001/jama.283.15.1990](https://doi.org/10.1001/jama.283.15.1990)
13. 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. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642009000300013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642009000300013)
14. 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. [DOI: 10.15446/rsap.v19n1.48203](https://doi.org/10.15446/rsap.v19n1.48203)
15. 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. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v36n1/0120-386X-rfnsp-36-01-00027.pdf>
16. NHTSA. Fatality Analysis Reporting System (FARS) Encyclopedia. <http://www-fars.nhtsa.dot.gov/Main/index.aspx>
17. Krauss L. Miedo a la Física: una guía para perplejos. Santiago: Editorial Andrés Bello. 1996.
18. Huang H, Yin Q, Schwebel DC, Li L, Hu G. Examining road traffic mortality status in China: a simulation study. *PLoS One*. 2016;11, e0153251. [DOI: 10.1371/journal.pone.0153251](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153251)
19. García S, Bumbaucher A, Deublein M, Adey BT. Predicting road traffic accidents using artificial neural network models. *Infrastruct. Asset Manage*. 2018; 5, 132–144. [DOI: 10.1680/jinam.17.00028](https://doi.org/10.1680/jinam.17.00028)
20. Jayatilleke AU, Jayatilleke A. 371 Prediction of Road traffic crashes (RTC) in Sri Lanka from 2015 to 2025. *Inj. Prev*. 2016;22, A136. [DOI: 10.1136/injuryprev-2016-042156.371](https://doi.org/10.1136/injuryprev-2016-042156.371)
21. Mehmandar M, Soori H, Mehrabi Y. Predicting and analyzing the trend of traffic accidents deaths in Iran in 2014 and 2015. *Int. J. Crit. Illn. Inj. Sci*. 2016;6, 74–78. [DOI: 10.4103/2229-5151.183017](https://doi.org/10.4103/2229-5151.183017)

22. Zolala F, Haghdoost AA, Ahmadijouybari T, Salari A, Bahrapour A, Baneshi MR. Forecasting the trend of traffic accident mortality in West Iran. *J. Health Scope*. 2016;5, e31336. <https://www.magiran.com/paper/1580423?lang=en>
23. Deublein M, Schubert M, Adey BT, García B, 2015. A Bayesian network model to predict accidents on Swiss highways. *Infrastruct. Asset Manage*. 2015;2, 145–158. DOI: [10.1680/jinam.15.00008](https://doi.org/10.1680/jinam.15.00008)
24. Rodríguez J, Jattin J, Soracipa Y. Probabilistic temporal prediction of the deaths caused by traffic in Colombia. *Mortality caused by traffic prediction. Accident Analysis and Prevention*. 2020; 135:105332. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457519305603>
25. Rodríguez J, Correa C, Ortiz A, Páez J, Cortés J, Soracipa Y, Ovalle A, Guzmán E, Castiblanco MA, Naranjo JD. MÉTODO DE “CAMINATA AL AZAR PROBABILÍSTICA” APLICADA A LA PREDICCIÓN DE MUERTES POR TRÁNSITO EN EL ESTADO DE FLORIDA. *Medicina*. 2019;41(1):18-27. <https://revistamedicina.net/ojsanm/index.php/Medicina/article/view/1416>
26. Smith SK. Florida Population Growth: Past, Present and Future. University of Florida [Internet]. 2005. Disponible en: [https://www.bibr.ufl.edu/sites/default/files/Research%20Reports/FloridaPop2005\\_0.pdf](https://www.bibr.ufl.edu/sites/default/files/Research%20Reports/FloridaPop2005_0.pdf)
27. Lomia N, Berdzuli N, Sharashidze N, Sturua L, Pestvenidze E, Kereselidze M, Topuridze M, Stray-Pedersen B, Stray-Pedersen A. Socio-Demographic Determinants of Road Traffic Fatalities in Women of Reproductive Age in the Republic of Georgia: Evidence from the National Reproductive Age Mortality Study (2014). *Int J Womens Health*. 2020 Jul 13; 12:527-537. DOI: [10.2147/IJWH.S244437](https://doi.org/10.2147/IJWH.S244437)
28. Nagata T, Takamori A, Berg HY, Hasselberg M. Comparing the impact of socio-demographic factors associated with traffic injury among older road users and the general population in Japan. *BMC Public Health*. 2012;12:887. DOI: [10.1186/1471-2458-12-887](https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-887)
29. Einstein A. Principios de física teórica. En: Einstein A. Sobre la teoría de la relatividad y otras aportaciones científicas. Madrid: Sarpe; 1983:29-32.
30. 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. <https://www.interestjournals.org/articles/dynamical-systems-applied-to-dynamic-variables-of-patients-from-the-intensive-care-unit-icu-physical-and-mathematical-mo.pdf>
31. Rodríguez J. Spatio-temporal probabilistic prediction of appearance and duration of malaria outbreaks in municipalities of Colombia. *J Phys Conf Ser*. 2019;1160:7. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1160/1/012018>
32. Rodríguez J, Prieto S, Ramírez LJ. A novel heart rate attractor for the prediction of cardiovascular disease. *Informatics in Medicine Unlocked*. 2019; 15:100174. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235291481930005X>