

FATALIDADES POR TRÁNSITO EN MARYLAND Y MASSACHUSETTS EVALUADAS EN EL CONTEXTO DE UNA CAMINATA AL AZAR PROBABILISTA ENTRE 1994 Y 2014.

FATALITIES BY TRAFFIC IN MARYLAND AND MASSACHUSETTS EVALUATED IN THE CONTEXT OF A PROBABILISTIC RANDOM WALK BETWEEN 1994 AND 2014

FATALIDADES DO TRÂNSITO EM MARYLAND E MASSACHUSETTS AVALIADAS NO CONTEXTO DE UM PASSEIO ALEATÓRIO DETERMINISTA ENTRE 1994 E 2014

Javier Oswaldo Rodríguez Velásquez¹, Freddy Andrés Barrios Arroyave², Elkin Gélvez Almeida³, Juan Salazar Torres³, Nataly Guarín⁴, Cindy Mosquera⁴, Laura Santos⁴, Yudith Moreno Gallo⁴, Laura Giraldo¹, Jorge Espejo¹.

1 Grupo Insight. Bogotá, D.C Colombia.

2 Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Pereira, Colombia.

3 Universidad Simón Bolívar, Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas, Cúcuta, Colombia.

4 Universidad Simón Bolívar, Cúcuta, Colombia

Email de contacto: grupoinsight2025@yahoo.es

Conceptos clave:

La predicción de mortalidad generada por el tránsito genera la potencial posibilidad de realizar seguimientos de las políticas de salud pública en seguridad vial para verificar si realmente éstas tienen repercusiones en estas cifras, lo cual se logra mediante la caminata al azar probabilista por su alta precisión predictiva, ahorrando costos y tiempo respecto a los métodos convencionales o que requieren de equipos costosos especializados.

Recibido: 2019-03-23 Aceptado: 2019-06-04

DOI: <http://dx.doi.org/10.31053/1853.0605.v76.n3.23777>



© Universidad Nacional de Córdoba

Resumen:

Antecedentes: El análisis de los accidentes de tránsito desde una perspectiva física y matemática puede ayudar a mejorar las estrategias viales de seguridad. Objetivo: Obtener una predicción de la dinámica de fatalidades a causa del tráfico en los estados de Maryland y Massachusetts para los años 2004 y 2014 en el contexto de la caminata al azar probabilista. Métodos: Se realizó un análisis del número de fatalidades totales causadas por el tráfico al año, en los estados de Maryland y Massachusetts entre los años 1994-2003 y 1994-2013. El comportamiento de estos valores fue analizado como una caminata al azar probabilista; para ello se hallaron las longitudes probabilistas para cada año, durante el periodo estudiado y se analizaron cuatro espacios de probabilidad, con los que fue posible analizar su comportamiento, para establecer una predicción del número de fatalidades totales causadas por el tráfico para los años 2004 y 2014. Resultados: Las predicciones para los años 2014 y 2004 para Maryland y Massachusetts al ser comparados con los valores reales el porcentaje de acierto fue del 98%. Conclusión principal: el comportamiento de las fatalidades de tráfico en Maryland y Massachusetts presentó una autoorganización predecible desde el contexto de la caminata al azar probabilista, constituyéndose como una herramienta útil para el análisis del funcionamiento de las estrategias de seguridad vial.

Palabras clave: accidentes de tránsito; mortalidad; teoría de la probabilidad; predicción.

Abstract:

Introduction: The analysis of injuries caused by traffic from a physical and mathematical perspective can help improve road safety strategies. Objective: Predict the dynamics of traffic fatalities in the states of Maryland and Massachusetts for the years 2004 and 2014 in the context of probabilistic random walk. Methods: An analysis was made of the number of total fatalities caused by traffic per year, in the states of Maryland and Massachusetts between the years 1994-2003 and 1994-2013. The behavior of these values was analyzed as a probabilistic random walk; for this, the probabilistic lengths were found for each year, during the period studied and four probability spaces were analyzed, with which it was possible to analyze their behavior, to establish a prediction of the number of total fatalities caused by traffic for the years 2004 and 2014. Results: The predictions for the years 2014 and 2004 for Maryland and Massachusetts when compared with the real values, the percentage of success was 98%. Main conclusion: The predictions for the years 2014 and 2004 for Maryland and Massachusetts when compared with the real values, the percentage of success was 98%. Conclusions: the behavior of traffic fatalities in Maryland and Massachusetts presented a predictable self-organization from the context of probabilistic random walk, constituting a useful tool for analyzing the operation of road safety strategies.

Keywords: : traffic accidents; mortality; probability theory, forecasting.

Resumo:

Antecedente: a análise de os acidentes de trânsito de uma perspectiva física e matemática pode ajudar a melhorar nas estratégias rodoviários de segurança. Objetivo: obter uma previsão da dinâmica de fatalidades devido ao tráfico nos Estados da Maryland e Massachusetts para os anos 2004 e 2014 no contexto de um passeio aleatório determinista. Métodos: foi realizada uma análise do número total do fatalidades causadas por o trânsito, nos Estados da Maryland e Massachusetts entre os anos 1994-2003 e 1994-2013. O comportamento dos valores foi analisado como um passeio aleatório determinista; para tal, foram observadas as comprimentos para cada ano, durante o período analisado e foram analisados quatro espaços de probabilidade, com o que foi possível analisar o seu comportamento para determinar uma previsão do número total do fatalidades causadas por o trânsito para os anos 2004 e 2014. Resultados: das previsões para os anos 2004 e 2014 para Maryland y Massachusetts ao ser comparados com os valores reais, da porcentagem de acerto foi de 98%. Conclusão principal: o comportamento do fatalidades causadas por o trânsito na Maryland y Massachusetts apresentou uma auto-organização previsível constituindo-se como uma ferramenta útil para análise de funcionamento das estratégias segurança rodoviária.

Palavras chave: acidentes de trânsito; mortalidade; teoria da probabilidade; previsões

Introducción

Los resultados de un experimento analizado en el contexto de la teoría de la probabilidad, son agrupados según unas condiciones específicas en un espacio denominado muestral. El cálculo de la probabilidad de un determinado evento del experimento permite establecer que tan posible es que se de este determinado evento dentro del espacio muestral⁽¹⁾. Cuando los sucesos equiprobables se utiliza la Regla de Laplace de las probabilidades⁽²⁾. La caminata al azar se caracteriza por la irregularidad de su comportamiento, este término fue establecido por Pearson en 1905⁽³⁾. Un ejemplo de esto es, imaginar un caminante que parte del origen en un sistema de coordenadas⁽⁴⁾, desplazándose aleatoriamente hacia valores positivos o negativos dando un paso de longitud también aleatoria, a veces retrocederá y otras avanzará, generando una gráfica en forma de zig zag⁽¹⁾. La caminata al azar permite acotar un movimiento probabilista, estableciendo rangos de valores numéricos con los cuales se pueden realizar las predicciones, este concepto ha sido aplicado a diversos campos como la ecología, biología, economía, entre otros⁽⁴⁻¹⁰⁾.

Las lesiones de tránsito son consideradas un problema de salud pública, de acuerdo con la OMS^(11,14). Se estima que los traumatismos provocados por el tránsito generan alrededor de 1,2 millones de muertes anualmente, representando la principal causa de mortalidad en la población de 15 a 29 años⁽¹⁵⁾. Sumado a esto, se reportan más de 5 millones de lesionados⁽¹⁶⁾, considerándose uno de los principales determinantes de discapacidad y de reducción de años productivos en las poblaciones afectadas⁽¹⁷⁾.

El estudio de este tipo de epidemias requiere del análisis de una gran cantidad de variables, lo cual hace que sea necesario el uso de programas robustos y análisis estadísticos de corte prospectivo y retrospectivo^(18,19). Este tipo de epidemias representan una alta carga económica, para los centros de salud y la familia durante el tiempo que tarda el lesionado en incorporarse a su actividad laboral⁽²⁰⁾. Estos estudios plantean que la disminución de muertes causadas por el tránsito es posible en la medida que los protocolos de atención aplicados en traumatología sean los más apropiados, así como la mejora continua de los planes de prevención realizados por otras instituciones.

En los marcos de las consideraciones anteriores, se han diseñado nuevos estudios los cuales permiten entender el comportamiento de las epidemias desde el contexto de la física y la matemática, a partir de los cuales se puedan establecer predicciones conforme se ha logrado en la física moderna. El número de infectados por dengue, la malaria y VIH/SIDA, así como los casos de obesidad y sobrepeso⁽²¹⁻²⁶⁾, tienen implícito un orden matemático mediante el cual se predice cual es evento más probable de darse un aumento o disminución de la epidemia, estimando un valor contrastable con los valores reportados por el Instituto de Salud, por ejemplo. A partir de una analogía con la caminata al azar probabilista con el aumento y disminución del número de infectados de dengue, malaria y personas viviendo con VIH/SIDA⁽²¹⁻²³⁾, así como casos de obesidad y sobrepeso en Colombia y México se establecieron las primeras predicciones del número de infectados por estas epidemias, resultados que al ser comparados con los valores reales arrojaron valores superiores al 90% de certeza⁽²¹⁻²⁴⁾.

El presente estudio tiene como propósito predecir el número de fatalidades de accidentes de tránsito para los años 2004 y 2014 en los estados de Maryland y Massachusetts, mediante la caminata al azar probabilista⁽²²⁾, valores que serán posteriormente comparados con el reportado para cada uno de estos años⁽²⁷⁾ por la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA).

Métodos

Origen de los datos

La información usada para este estudio proviene de la base de datos oficial de la NHTSA⁽²⁷⁾, en la cual se registra la tasa de mortalidad por cada estado de los Estados Unidos, sin considerar información individual.

Ecuaciones

Ecuación 1: establece el valor de la longitud que separa el número de Fatalidades de accidentes de un año a otro, la cual se calcula mediante la siguiente ecuación⁽²²⁾:

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

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

Ecuación 2: representa el primer espacio de probabilidad que considera cada variación anual de la longitud L de muertes por fatalidades causadas por tránsito como un evento mediante la siguiente ecuación:

$$P(L) = \frac{\text{Longitud de fatalidades por accidentes de tránsito}}{\text{Total longitudes de fatalidades por accidentes de tránsito}} = \frac{L}{TL}$$

Ecuación 3: representa el segundo espacio de probabilidad, el cual calcula la probabilidad del número de fatalidades por accidentes de tránsito anual, comprendido en el entre los años 1994-2012 para la predicción del 2013, y entre 1994-2003 para la predicción del 2004 mediante la siguiente ecuación:

$$P(N) = \frac{\text{Fatalidades por accidentes de tránsito anual}}{\text{Total fatalidades por accidentes por tránsito}}$$

Ecuación 4: Para evaluar si existe una probabilidad cargada en el número de fatalidades por accidentes de tránsito anual en el segundo espacio de probabilidad se calcula la desviación media cuadrática con la siguiente fórmula:

$$P(Rn) = \frac{\text{Fatalidades por accidentes de tránsito anual}}{\text{Total fatalidades por accidentes por tránsito}} \pm \frac{1}{2\sqrt{N}}$$

Siendo N la suma total de fatalidades por accidentes de tránsito registradas durante el periodo comprendido entre los años 1994-2013 y 1994-2003 en los estados de Maryland y Massachusetts.

Ecuación 5: Para establecer el número de fatalidades por accidentes de tránsito se tomaron los valores anuales, la longitud hallada con la ecuación 1 para los tres años anteriores al año 2014 y 2004 de Maryland y Massachusetts, para ser remplazados en la siguiente ecuación:

$$Y_{(\text{año a predecir})} = \frac{2Y_{(\text{año anterior})} \pm \sqrt{(-2Y_{(\text{año anterior})})^2 - 4\{Y_{(\text{año anterior})}^2 + (X_f - X_{01})^2 - [(P(L))^2 \times (TL)^2]\}}}{2}$$

Para determinar cuál de los dos valores calculados a partir de la ecuación 5 son los que predicen las fatalidades por accidentes de tránsito para el 2014 y 2004, se establece un último espacio de probabilidad el cual se divide en dos, el primero contiene el número de veces que se dio una disminución (D) o aumento (A) durante el periodo comprendido entre los años 1994-2013 y 1994-2003; el segundo es una combinación de triplas de A y D con el fin de evaluar durante tres años consecutivos que combinación es más probable.

Procedimiento

A partir de los valores anuales del número de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Maryland y Massachusetts reportados por NHTSA⁽²⁷⁾, se analizó el comportamiento de esta dinámica durante dos periodos distintos, el primero corresponde al periodo comprendido entre los años 1994-2012 y el segundo al periodo de 1994-2003. Se tomaron estos dos periodos de evaluación para confirmar la capacidad de la metodología para realizar predicciones, proporcionando un contexto de pruebas previas sólidas y con base en esto tener un fundamentado adecuado para realizar pronósticos. Posteriormente, estos valores fueron ubicados en un plano coordenado, donde el eje X representa los dos periodos de años estudiados y el eje Y el número anual de

fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito, para luego analizar su comportamiento en analogía a una caminata al azar probabilista (ver figura 1).

A continuación, se calcularon las longitudes de todas las variaciones anuales de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Maryland y Massachusetts, con la ecuación 1. En esta ecuación por ser el eje X el valor de un año, al ser sustituidos estos valores en la ecuación 1, la diferencia da como resultado cero en la ecuación. Establecidas las longitudes de las fatalidades y tasas de letalidad por accidentes de tránsito con la ecuación 1, se calculó la probabilidad de cada una de estas longitudes con la ecuación 2. De esta manera se establecieron los valores del primer espacio de probabilidad, mediante el cociente entre la longitud para cada año y la suma total de longitudes comprendidas durante 1994-2012 y 1994-2003 para Maryland y Massachusetts (ver tabla 1 y 2). Luego se halló la proporción entre la variación anual de cada una de las longitudes respecto al menor valor hallado para los periodos de 1994-2012 y 1994-2003 (valores no se muestran).

El segundo espacio de probabilidad fue calculado a partir del número anual de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito reportada por la base de datos NHTSA, mediante la ecuación 3, dividiendo para ello el número anual de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito entre la suma total de estos valores en periodo comprendido entre los años 1994-2012. Este mismo cálculo se hizo para el periodo comprendido entre 1994-2003. Para determinar si existe un cargamento en las probabilidades hacia valores específicos, se compararon los valores del segundo espacio de probabilidad con su valor esperado, mediante el cálculo de la desviación media cuadrática del número de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito Maryland y Massachusetts.

Para predecir el número de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito para el año 2013 en Maryland y Massachusetts, se analizó el comportamiento del tercer espacio de probabilidad, para ello fue calculado el promedio aritmético de los valores de las longitudes halladas con la ecuación 1 para el periodo comprendido entre los años 2010-2012, para luego con este valor calcular la probabilidad de cada uno de estos tres periodos con la ecuación 2. Luego, el valor promedio de las longitudes probabilistas y la suma total de las tres longitudes comprendidas entre los años 2010-2012, fueron sustituidos en la ecuación 5, incluyendo el valor de la longitud del año 2012 tal y como indica la ecuación; obteniendo como en toda ecuación cuadrática dos resultados probables que indican el rango en que se ubicará el número de fatalidades para el año 2014 en estos dos estados. Este mismo procedimiento se hizo para la predicción del número de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito para el año 2004, tomando para ello el número de fatalidades de los años 2001-2003. A partir de estos dos valores, se estableció un último espacio de probabilidad dentro del cual se puede estudiar el comportamiento de dos eventos como son la disminución (D) y aumento (A) de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito, durante los periodos comprendidos entre 1994-2012 y 1994-2003 para Maryland y Massachusetts, así como la combinación de tres de estas posibilidades tal y como se puede apreciar en la tabla 3 y 5. El estudio de este último espacio de probabilidad permite determinar

cuál de los dos valores cuantitativos hallados con la ecuación 5 es el más probable, y de este modo determinar el valor predictivo para el año 2013 y 2004 para Maryland y Massachusetts.

Resultados

El cálculo de probabilidades halladas para las fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Maryland y Massachusetts y los valores de la desviación media cuadrática para el periodo comprendido entre los años 1994-2012 y 1994-2003, muestran que no son equiprobables, presentándose probabilidades cargadas que determinan la predicción para el año 2013 y 2004 para ambos estados (tabla 1 y 2).

Para determinar el evento más probable para el año 2013 con relación a los aumentos (A) o disminuciones (D), se analizó la frecuencia y la probabilidad de los valores consecutivos de los A o D (tabla 3 y 4). Para ello, se hizo un estudio de la forma en que se agrupa el número de posibles combinaciones entre A y D para un periodo de tres años consecutivos de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Maryland, encontrando como resultado que es más probable es que haya disminución para el 2014 (ver tabla 4). De forma semejante se procedió para el periodo comprendido entre 1994-2003 para predecir el número de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Maryland para el 2004. Los valores predichos fueron de 678 y 622, y análisis del tercer y cuarto espacio de probabilidad mostró una disminución (no se muestran estos valores).

En cuanto al análisis realizado al tercer espacio de probabilidad que corresponde al periodo comprendido entre los años 2010-2012 del número de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Massachusetts, se procedió de forma semejante a como se hizo con Maryland y se predijo para el año 2013 valores de 374 y 328 (ver tabla 4). El análisis de aumentos y disminuciones arrojó como resultado un aumento para el año 2014. En cuanto al periodo comprendido entre 1994-2003, los valores predichos fueron de 484 y 440, y el análisis de los espacios de probabilidad indicaban un aumento para el año 2004 en Massachusetts (estos valores no se muestran).

Considerando como hecho más probable que haya una disminución en Maryland, el establecimiento del valor predictivo fue realizado mediante el cálculo del promedio aritmético entre los dos valores predichos para el 2014 con la ecuación 5, tomando este resultado y el menor valor predicho para este año, el cual fue de 465, nuevamente fueron promediados, hallando como resultado 451, valor que al ser comparado con el reportado por NHTSA⁽²⁷⁾ el cual corresponde a un valor de 442 para el año 2013. El porcentaje de acierto de la predicción fue de 98 % respecto al valor real reportado. En cambio, para Massachusetts, el evento más probable es que haya un aumento para el año 2014. El valor predicho, después de realizar el mismo análisis que se hizo en Maryland, fue de 362, que al ser comparado con el valor real de 354, el porcentaje de acierto de la predicción fue de 98 % respecto al valor real reportado indicando la posible sobreestimación de los valores registrados en NHTSA.

Tabla N° 1. Valores de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito Maryland durante el periodo comprendido entre 1994 al 2013. Donde L: es el valor de la longitud, P(L): la probabilidad de cada longitud, P(N): probabilidad anual de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito; \pm DM: desviación media cuadrática.

Año	Maryland	L	P(L)	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P	DMC- P
1994	651			0,055	0,059	0,05	0,005	-0,005
1995	671	20	0,04	0,056	0,061	0,052	0,005	-0,005
1996	608	63	0,125	0,051	0,056	0,046	0,005	-0,005
1997	611	3	0,006	0,051	0,056	0,047	0,005	-0,005
1998	606	5	0,01	0,051	0,055	0,046	0,005	-0,005

MORTALIDAD, TRÁNSITO Y CAMINATA AL AZAR.

1999	590	16	0,032	0,05	0,054	0,045	0,005	-0,005
2000	588	2	0,004	0,049	0,054	0,045	0,005	-0,005
2001	659	71	0,14	0,055	0,06	0,051	0,005	-0,005
2002	661	2	0,004	0,055	0,06	0,051	0,005	-0,005
2003	650	11	0,022	0,055	0,059	0,05	0,005	-0,005
2004	643	7	0,014	0,054	0,059	0,049	0,005	-0,005
2005	614	29	0,057	0,052	0,056	0,047	0,005	-0,005
2006	652	38	0,075	0,055	0,059	0,05	0,005	-0,005
2007	614	38	0,075	0,052	0,056	0,047	0,005	-0,005
2008	591	23	0,045	0,05	0,054	0,045	0,005	-0,005
2009	549	42	0,083	0,046	0,051	0,041	0,005	-0,005
2010	496	53	0,105	0,042	0,046	0,037	0,005	-0,005
2011	485	11	0,022	0,041	0,045	0,036	0,005	-0,005
2012	511	26	0,051	0,043	0,047	0,038	0,005	-0,005
2013	465	46	0,091	0,039	0,044	0,034	0,005	-0,005

Tabla N° 2. Valores de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito Massachusetts durante el periodo comprendido entre 1994 al 2013. Donde L: es el valor de la longitud, P(L): la probabilidad de cada longitud, P(N): probabilidad anual de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito; \pm DM: desviación media cuadrática.

Año	Massachusetts	L	P(L)	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P	DMC- P
1994	440			0,053	0,058	0,047	0,005	-0,005
1995	444	4	0,01	0,053	0,059	0,048	0,005	-0,005
1996	417	27	0,065	0,05	0,056	0,045	0,005	-0,005
1997	441	24	0,058	0,053	0,058	0,047	0,005	-0,005
1998	406	35	0,084	0,049	0,054	0,043	0,005	-0,005
1999	414	8	0,019	0,05	0,055	0,044	0,005	-0,005
2000	433	19	0,046	0,052	0,057	0,046	0,005	-0,005
2001	477	44	0,106	0,057	0,063	0,052	0,005	-0,005
2002	459	18	0,043	0,055	0,061	0,05	0,005	-0,005
2003	462	3	0,007	0,055	0,061	0,05	0,005	-0,005
2004	476	14	0,034	0,057	0,063	0,052	0,005	-0,005
2005	441	35	0,084	0,053	0,058	0,047	0,005	-0,005
2006	429	12	0,029	0,051	0,057	0,046	0,005	-0,005
2007	434	5	0,012	0,052	0,058	0,047	0,005	-0,005
2008	364	70	0,168	0,044	0,049	0,038	0,005	-0,005
2009	340	24	0,058	0,041	0,046	0,035	0,005	-0,005
2010	347	7	0,017	0,042	0,047	0,036	0,005	-0,005
2011	374	27	0,065	0,045	0,05	0,039	0,005	-0,005
2012	383	9	0,022	0,046	0,051	0,04	0,005	-0,005
2013	351	32	0,077	0,042	0,048	0,037	0,005	-0,005

Tabla N° 3. Valores de la frecuencia, la probabilidad de los aumentos y disminuciones consecutivas para el periodo comprendido entre los años 1994-2013, establecida a partir de Fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Maryland y Massachusetts, donde V: representa el valor total de cada tipo de variación y P: la probabilidad de esta variación.

Años consecutivo	Maryland				Massachusetts			
	Aumento		Disminución		Aumento		Disminución	
	V	P	V	P	V	P	V	P
1	4	0,211	2	0,105	2	0,105	5	0,263
2	1	0,167	0	0	2	0,105	1	0,053
3	0	0	2	0,105	2	0,105	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0,053	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
Total	6	0,377	13	0,263	12	0,316	7

Tabla N° 4. Valores de los tres últimos años que corresponden a las fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Maryland y Massachusetts, donde L es la longitud de Fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en los dos estados, para hacer la predicción del año 2014. Adicionalmente el porcentaje de exactitud de la metodología respecto al valor real reportado para este año.

Año	Maryland			Massachusetts		
	N°	L	P	N°	L	P
2011	485	11	0,133	374	27	0,397
2012	511	26	0,313	383	9	0,132
2013	465	46	0,554	351	32	0,471
Valores predichos 2014	493	Valor más probable para 2014	451	374	Valor más probable para 2014	362
	437			328		
Valore real NHTSA 2014	442	Porcentaje de exactitud	98%	354	Porcentaje de exactitud	98%

Tabla N° 5. Número de tres posibles combinaciones de aumentos (A) y disminuciones (D) para un periodo de tres años consecutivos de Fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en Maryland y Massachusetts, observada durante el periodo comprendido durante los años 1994-2013.

Combinaciones	Maryland		Massachusetts	
	V	P	V	P
DDD	2	0,143	0	0
DDA	3	0,214	1	0,063
DAD	3	0,214	1	0,063
DAA	1	0,071	4	0,250
ADD	3	0,214	1	0,063
ADA	1	0,071	3	0,188
AAD	1	0,071	4	0,250
AAA	0	0	2	0,125
Total	14	1	16	1

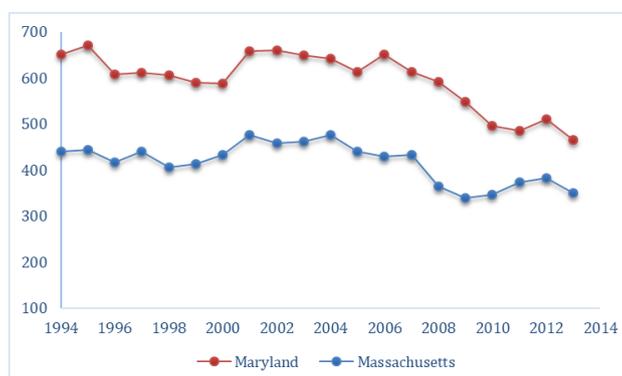


Figura N°1. Comportamiento de la dinámica de fatalidades de accidentes de tránsito en Maryland y Massachusetts, para el periodo comprendido entre los años 1994-2012.

Debido a la caminata al azar usada en esta predicción, las coordenadas en X tienen los mismos valores pues el movimiento estudiado es solamente en el eje de las Y, así la variación en el eje X es cero, siendo los valores para Y los correspondientes a la tasa de muertes por LCT.

Discusión

Este es el primer trabajo que realiza cuatro predicciones a partir del registro histórico del número de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito para los años 2004 y 2014 en Maryland y Massachusetts, respectivamente. Estas predicciones pudieron

realizarse gracias a que la dinámica de fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito en ambos estados, la cual fue analizada como si se tratase de una caminata al azar probabilista, estableciendo para ello un espacio total de probabilidades para este comportamiento. Los espacios de probabilidad analizados en razón a los aumentos (A) y disminuciones (D) consecutivas durante los periodos comprendidos entre 1994-2013 y 1994-2004 para cada

estado, revela que para Maryland el valor más probable para 2004 y 2014 es que haya una disminución, en cambio para Massachusetts se predice para el año 2004 y 2014 un aumento en las fatalidades y tasas de letalidad de accidentes de tránsito para estos años, lo cual se pudo contrastar con los valores reportados por NHTSA.

La observación desde la perspectiva física y matemática de la dinámica de una epidemia es lo que permitió el establecimiento del número de infectados por dengue y malaria en Colombia, y de esta manera proponer nuevas formas de estudiar la dinámica de una epidemia, con las cuales se contribuya a mejorar los planes de acción existentes en salud pública^(21,22).

Esta línea nueva línea de investigación, ha contribuido con el desarrollo de metodologías que permiten evaluar el comportamiento de epidemias de forma anual, al establecer del número de infectados de malaria y dengue en Colombia, con porcentajes de acierto de 90,4% para la epidemia de dengue⁽²²⁾, para malaria del 95,6%⁽²¹⁾ y de 99,86% en la predicción de brotes semanales de malaria en un estudio realizado en 810 municipios de Colombia⁽²⁵⁾, resultados que al ser comparados con estudios estadísticos y epidemiológicos, reduciría considerablemente el tiempo empleado en los canales epidemiológicos que tardan en analizar las dinámicas de estas epidemias entre 5 a 7 años⁽²⁸⁾.

Los estudios con fuentes información secundaria tienen la ventaja de la oportunidad y calidad de la información por los procesos de depuración. No obstante, con las fuentes de mortalidad que generan estadísticas vitales como estas pueden presentar problemas de complementariedad y de cobertura por el registro incompleto de las muertes, los procesos de mala clasificación por siniestros o incidentes viales⁽²⁹⁾. Sin embargo, la presente metodología puede solventar este problema, al establecer valores predictivos que acotan un rango específico de predicción, que puede incluir tanto las sobreestimaciones como las subestimaciones de los recuentos empíricos.

Agradecimientos

A la Universidad Simón Bolívar.

Este artículo es producto del proyecto P134-2018 financiado por la Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, por lo que agradecemos su apoyo.

Dedicatoria

A nuestros Hijos

Bibliografía

1. Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Probabilidad. En: Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Física. Vol. 1. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, S. A. 1964; p. 6-1, 6-16.
2. Laplace P. Ensayo filosófico sobre las probabilidades. Barcelona: Altaza, 1995: 12-15.
3. Pearson K. The Problem of the Random Walk. Nature. 1905;72:294.
4. Cattoni D, Ozu M, Chara O. Ruidos en la naturaleza ANALES AFA 2004; 16: 294-99.
5. Kampen Van N.G. Stochastic Processes in Physics and Chemistry. Amsterdam: North-Holland Publishing Company; 1992.
6. Redner S. A Guide to First-Passage Process. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
7. Goel NW, Richter N. Stochastic Models in Biology New York: Academic Press. 1974.
8. Doi M, Edwards SF. The Theory of Polymer Dynamics Oxford: Clarendon Press. 1986
9. De Gennes PG. Scaling Concepts in Polymer Physics. London. Cornell University Press. 1980.
10. Weiss G. Aspects and Applications of the Random Walk. Amsterdam: North-Holland Publishing Company. 1994.
11. Organización de las Naciones Unidas & Organización Mundial de la Salud. Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 [Internet]. Ginebra. 2017 [Consultado 11 de noviembre de 2018]. Disponible en: https://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/plan_spansh.pdf?ua=1
12. World Health Organization (WHO). World Report on prevention of road traffic injuries [Internet]. Ginebra. 2017 [Consultado 11 Noviembre 2018] Disponible en: <http://whqlibdoc.who.int/paho/2004/927531599X.pdf>.
13. Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la situación de la seguridad vial 2015 [Internet]. Ginebra. 2015 [Consultado 11 Noviembre 2018] Disponible en: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_SPA.pdf
14. Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial [Internet]. Ginebra. 2013. [Consultado 11 Noviembre 2018] Disponible en: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf
15. Organización Panamericana de la Salud (OPS). La seguridad vial en la región de las Américas [Internet]. Organización Panamericana de la Salud. Washington. 2016. Disponible en: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Road_Safety_PAHO_Spanish.pdf
16. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Traumatismos causados por el tránsito y discapacidad [Internet]. Washington. 2012. Disponible en: http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=accidentes-e-violencias-086&alias=1478-traumatismos-causados-por-transito-discapacidad-8&Itemid=965
17. Weninger P, Hertz H. Factors influencing the injury pattern and injury severity after high speed motor vehicle accident-A retrospective study. Resuscitation. 2007; 75(1): 35-41.
18. Híjar M. Utilidad del análisis geográfico en el estudio de las muertes por atropellamiento. Salud pública Mex. 2000; 42: 188-193.
19. 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(4): 1138-45.
20. 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.
21. Rodríguez J, Prieto SE, Correa SC, Pérez CE, Soracipa MY. Dinámica de la epidemia de malaria. Predicciones de su trayectoria". En: Colombia. 2017;19(1):52-59.
22. 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.
23. Rodríguez J, Oliveros D, Soracipa Y, Bernal L, Correa C, Abraham L, Flórez L, Rodríguez D, Bahamon J, Valero O. Análisis probabilista con caminata al azar del número de personas viviendo con VIH mundialmente. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2018; 36(1): 27-33.
24. 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.
25. 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.
26. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Rodríguez JM, Leyva A, Valero O, Chaves N, Soracipa Y, Velasco A, Rueda F. Comportamiento fractal estadístico en la dinámica de epidemia de dengue en Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 2001-2004. Rev. Fac. Med. 2016; 64(4): 629-35.
27. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Crash location Map [Internet]. Estados Unidos. 2019. Disponible en: <https://cdan.nhtsa.gov/STSI.htm#>
28. Bortman M. Elaboración de corredores o canales endémicos mediante planillas de cálculo. Rev Panam Salud Pública. 1999; 5(1): 1-8.
29. Rodríguez JM., Campuzano JC, Híjar M. Comparing pedestrian injury mortality in Mexico City: have changes occurred over a decade? Salud Pública de México 2011; 53(4): 320.