

Modelos matemáticos para el entendimiento del dengue

María Eugenia

Puerta Yepes

Editora académica



MATEMÁTICAS

COLECCIÓN ACADÉMICA

Modelos matemáticos para el entendimiento del dengue

María Eugenia Puerta Yepes

Editora académica



Modelos matemáticos para el entendimiento del dengue / Andrea Arévalo-Cortés...
[et al.] ; María Eugenia Puerta Yepes, editora académica. -- Medellín : Editorial EAFIT, 2025.

254 p. ; il. ; 24 cm. -- (Académica).

ISBN: 978-958-720-986-0

ISBN: 978-958-720-987-7 (versión EPUB)

ISBN: 978-958-720-988-4 (versión PDF)

1. Dengue – Diagnóstico. 2. Dengue – Prevención y control. 3. Dengue – Modelos matemáticos. 4. Dengue – Investigaciones – Colombia. 5. Epidemiología – Modelos matemáticos. 6. Enfermedades transmitidas por vectores. I. Puerta Yepes, María Eugenia, edit. II. Tít. III. Serie.

614.58852 cd 23 ed.

M689

Universidad EAFIT - Centro Cultural Biblioteca Luis Echavarría Villegas

Modelos matemáticos para el entendimiento del dengue

Primera edición: julio de 2025

© Editorial EAFIT

Carrera 49 No. 7 sur – 50. Medellín, Antioquia

<http://www.eafit.edu.co/editorial>

Correo electrónico: obraseditorial@eafit.edu.co

ISBN: 978-958-720-986-0

ISBN: 978-958-720-987-7 (versión EPUB)

ISBN: 978-958-720-988-4 (versión PDF)

DOI: <https://doi.org/10.17230/978-958-720-986-0>

Coordinación editorial: Heiner Mercado Percia

Corrección de textos: Christian Martínez y Heiner Mercado Percia

Diseño y diagramación: Daniel Felipe Loaiza

Imagen de carátula: www.freepik.es

Universidad EAFIT | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como Universidad: Decreto Número 759, del 6 de mayo de 1971, de la Presidencia de la República de Colombia. Reconocimiento personería jurídica: Número 75, del 28 de junio de 1960, expedida por la Gobernación de Antioquia. Acreditada institucionalmente por el Ministerio de Educación Nacional hasta el 2026, mediante Resolución 2158 emitida el 13 de febrero de 2018.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita de la editorial

Editado en Medellín, Colombia

Cápítulo 3

Canal endémico

DOI:10.17230/978-958-720-986-0ch3

Diana Paola Lizarralde y María Eugenia Puerta-Yepes

Introducción

En las últimas décadas, un problema al que se enfrentan las entidades de salud pública es determinar si el comportamiento de una enfermedad es normal o no en una región particular durante un período de tiempo específico, y a partir de esto decidir si es necesario poner en marcha medidas para controlar la dispersión de dicha enfermedad. En este capítulo entenderemos por *normal* el comportamiento que históricamente se ha reportado de dicha enfermedad en una región en particular durante un lapso definido, mientras que un comportamiento atípico se identifica como un brote o una epidemia, que puede definirse como “un exceso en el número de casos de un problema de salud dado, en una población, un período y un lugar en particular” [118].

Una de las formas en las que las entidades de vigilancia de Colombia realizan esta clasificación es a través de la construcción de *canales endémicos* (o corredores endémicos). En general, los canales endémicos pueden verse como una herramienta que ayuda a determinar cuándo el número de casos de ocurrencia de una enfermedad está dentro de un rango normal o no, a partir del cálculo de una medida de tendencia central y la definición de un criterio de desviación de la información de esta

medida. Así, es posible construir unas bandas de seguridad. Para realizar este proceso es necesario tener acceso a la información histórica de la enfermedad y definir cuál es el número de casos que pueden ocurrir en un período determinado, sin que esto represente riesgo para la comunidad o la ocurrencia de un brote epidémico.

Diferentes estrategias han sido formuladas para la construcción de canales endémicos y la consecuente vigilancia sobre enfermedades transmitidas por vectores. Un ejemplo de esto es el método de la *media mensual*, formulado para determinar si el número de casos de malaria reportados en dos provincias al norte de Tailandia seguían el comportamiento histórico de la enfermedad. Este método consiste únicamente en calcular la media y la desviación estándar (DS) para cada período epidemiológico que se está considerando. A diferencia de métodos como el del máximo y el mínimo, el de la media mensual fue capaz de capturar el comportamiento de los casos reportados históricamente en dichas regiones y significó un avance para las entidades de vigilancia de ese país [119]. Por su parte, [118] presenta dos formas de construir canales, que consideran tasas de incidencia en lugar de valores totales y usan intervalos de confianza en lugar de la desviación estándar para definir las bandas de seguridad. Más adelante, en Colombia, se construyeron canales endémicos usando medias móviles y suavizandos exponenciales para el departamento del Valle del Cauca [120].

En este capítulo presentaremos tres diferentes estrategias para calcular canales endémicos. Además, la aplicación de estas metodologías se ilustrará mediante la construcción del canal endémico para el caso de la enfermedad del dengue en dos regiones de Colombia.

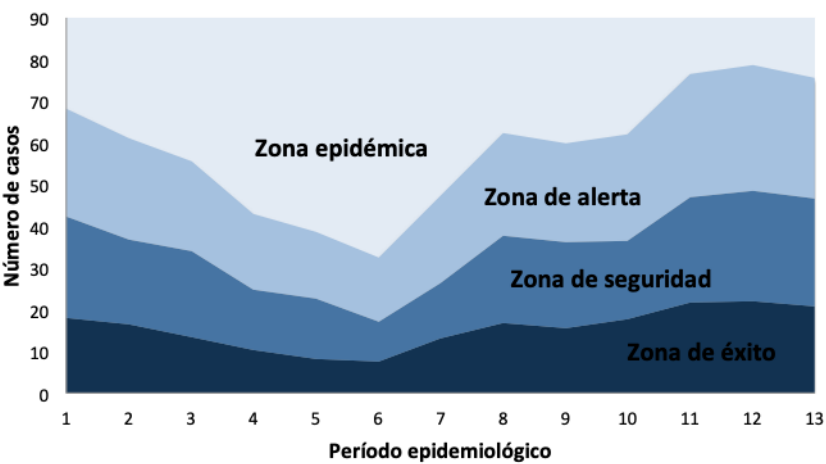
Metodologías para el cálculo de canales endémicos

La idea general para construir canales endémicos es a través del cálculo de una medida de tendencia central, como la media, y la definición de un criterio de desviación de la información de esta medida (usualmente se aplica la desviación estándar o la construcción de intervalos de confianza). De esta manera, es posible establecer un límite inferior, un promedio y un límite superior. La región que se encuentra por debajo del límite inferior se denomina *zona de éxito*; la región comprendida entre la media y el límite inferior, *zona de seguridad*; la región comprendida entre el límite superior y la media, *zona de alerta*; y, finalmente, la región por encima del límite superior, *zona epidémica* (ver figura 5).

Para la elaboración de los canales endémicos es necesario contar con información de los casos reportados de por lo menos tres años anteriores al año que se quiere analizar (el escenario ideal sería contar con datos de un lustro o más). Adicionalmente, se requiere conocer los tamaños de las poblaciones de cada año y un estimado de la población del año que se quiere analizar. Además, se debe tener cuidado de no incluir años epidémicos,

pues estos son comportamientos atípicos de la enfermedad y no reflejan el comportamiento histórico de la misma. A continuación presentaremos tres estrategias sencillas para construir canales endémicos que han sido recomendadas por las entidades oficiales de Colombia para realizar vigilancia del comportamiento de diferentes enfermedades alrededor del país [121].

Figura 5: Esquema con las cuatro zonas de los canales endémicos.



Fuente: Elaboración propia

Método de los cuartiles

Un cuartil es un tipo de cuantil que divide la cantidad de datos en cuatro partes, o cuartos, de tamaño similar. Aquí usaremos la mediana para dividir la cantidad de datos ordenados en dos mitades. Si la cantidad de datos es impar, entonces se incluirá la mediana (el valor central de la lista ordenada) en ambas mitades. Si la cantidad de datos es par, entonces se podrá dividir este

conjunto de datos de manera exacta en dos partes. Para elaborar el canal endémico según este método seguimos los siguientes pasos:

1. Ingresar los datos por años y por período epidemiológico
2. Arreglar los datos en orden decreciente por período epidemiológico. De esta manera, se obtiene una serie cronológica (por período epidemiológico) de frecuencias ordenadas
3. Calculamos los cuartiles. El primer cuartil (Q1) es la mediana de la mitad inferior de los datos. El segundo cuartil (Q2) es la mediana de los datos. El tercer cuartil (Q3) es la mediana de la mitad superior de los datos
4. Graficar cada uno de los cuartiles que representan la zona de éxito, la zona de seguridad y la zona de alarma
5. Registrar los datos del período epidemiológico del año que se quiere analizar para determinar en qué zona se encuentra

Método de las medias geométricas

Esta metodología, tal como fue propuesta originalmente, tiene problemas si hay períodos en los que el número de casos reportados es 0, pues se debe hacer una transformación logarítmica. Para resolver este inconveniente, [122] recomienda sumarle 1 a todos los valores originales. En la descripción que se presenta a continuación se considera este paso para evitar inconvenientes en los cálculos.

1. Ingresar los datos por años y por períodos, y también las poblaciones totales de la región sobre la que se va a realizar la vigilancia.
2. Calcular las tasas de incidencia por cada 100.000 habitantes (u otro valor) y sumarle 1 a cada tasa para no tener problemas con la transformación logarítmica:

$$\left(\frac{\text{núm. casos por período epidemiológico}}{\text{Población total}} \cdot 100000 \right) + 1$$

3. Hacer una transformación logarítmica, $\mu = \log_a x$, a toda la información. Donde x representa la información que se tiene y a es la base del logaritmo, las más usadas son la base 10 y e .
4. Calcular la media, las desviaciones estándar y los intervalos de confianza al 95 % (IC95 %). Para esto definimos,

$$\text{IC95 \%} = \text{media} \pm t \frac{\text{SD}}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

donde n representa el número de años que se consideran para realizar el canal endémico (SD) representa la desviación estándar y t es el valor que se obtiene de la tabla de distribución de probabilidad (*t-student*) y cuyos valores cambian en función de n .

5. Devolverse a las variables originales a través de la transformación $x = a^\mu$.
6. Graficar las cuatro zonas de vigilancia (ver figura 5).

Promedios móviles

1. Ingresar los datos por años y por períodos, y también las poblaciones totales de la región sobre la que se va a realizar la vigilancia.
2. Calcular los promedios aritméticos por período epidemiológico.
3. Para tener en cuenta el cambio de la población con el tiempo en la región que se va a analizar, definimos un *factor de corrección* (FC). Este factor se obtiene al dividir la población estimada para el año que se va a analizar sobre el promedio de las poblaciones de los años previos:

$$FC = \frac{\text{Población estimada para el año a analizar}}{\text{Promedio de las poblaciones de los años anteriores}}$$

4. Calcular el valor esperado de casos por período. Este se obtiene al multiplicar el fc por el promedio de casos de cada período (paso 1).
5. Calcular los promedios móviles (Y_{m_i}) para cada período (i). En este caso, se agruparan por parejas consecutivas los valores esperados y se promediarán. El último promedio móvil se obtendrá de promediar el primer valor esperado con el último.

6. Calcular los límites superior e inferior del canal endémico. Estos se van a definir con base en el cálculo del error estándar de las estimaciones de la siguiente forma:

$$\text{error estándar} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{m_i})^2}{n}}$$

donde n representa el número de períodos que se consideran para realizar el canal endémico, Y_i y Y_{m_i} representan el valor esperado y el promedio móvil para cada período (i), respectivamente.

7. Graficar las cuatro zonas de vigilancia.

Resultados

Con el propósito de ilustrar las diferentes metodologías descritas anteriormente para calcular canales endémicos, consideraremos el número de casos de dengue reportados por período epidemiológico (es decir, el número de casos reportados se agruparon cada cuatro semanas epidemiológicas) para dos municipios de Colombia: Bello (Antioquia) y Riohacha (La Guajira).

Canales endémicos para Bello

Para el cálculo de los canales endémicos de este municipio consideraremos el número de casos de dengue reportados entre 2005 y 2009, con el fin de determinar cuál debió ser el comportamiento de esta enfermedad durante 2010. Adicionalmente, contras-

taremos estos resultados con el número de casos de dengue reportados en 2010. La información acerca del número de casos reportados para este período se obtuvo a través de comunicaciones con el epidemiólogo de este municipio, mientras que los tamaños de las poblaciones fueron tomados de las proyecciones hechas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) a partir del censo realizado en 2005 [123]. En las tablas 5-9 se resume esta información.

Tabla 5: Poblaciones estimadas y número de casos de dengue por período epidemiológico durante los años 2005-2010 en el municipio de Bello

Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	Población
2005	12	7	7	6	7	8	5	7	15	14	19	7	6	371.591
2006	11	8	10	4	10	4	6	23	18	27	48	70	70	380.324
2007	58	59	60	27	26	18	31	29	36	22	24	9	17	388.460
2008	26	15	16	19	17	12	10	19	15	10	15	14	2	396.627
2009	6	6	4	11	8	3	10	20	13	14	12	24	26	404.844
2010	60	142	181	174	207	215	170	213	151	81	49	27	6	413.107

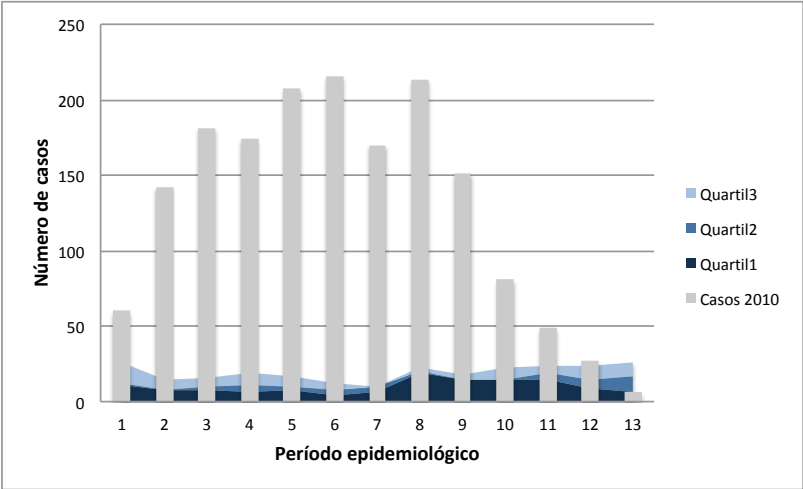
Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Valores obtenidos del límite superior, el límite inferior y el promedio siguiendo el método de los cuartiles para la construcción del canal endémico del municipio de Bello

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Q1 25 %	11	7	7	6	8	4	6	19	15	14	15	9	6
Q2 50 %	12	8	10	11	10	8	10	20	15	14	19	14	17
Q3 75 %	26	15	16	19	17	12	10	23	18	22	24	24	26

Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Canal endémico del municipio de Bello obtenido siguiendo el método de los cuartiles que muestra la epidemia de dengue ocurrida en el año 2010



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Valores obtenidos del límite superior, el límite inferior y el promedio aplicando las transformaciones descritas en el método de la media geométrica para la construcción del canal endémico del municipio de Bello

Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
2005	1,44	1,06	1,06	0,96	1,06	1,15	0,85	1,06	1,62	1,56	1,81	1,06	0,96
2006	1,36	1,13	1,29	0,72	1,29	0,72	0,95	1,95	1,75	2,09	2,61	2,97	2,97
2007	2,77	2,78	2,80	2,07	2,04	1,73	2,20	2,14	2,33	1,90	1,97	1,20	1,68
2008	2,02	1,56	1,62	1,76	1,67	1,39	1,26	1,76	1,56	1,26	1,56	1,51	0,41
2009	0,91	0,91	0,69	1,31	1,09	0,55	1,24	1,78	1,44	1,49	1,38	1,94	2,00
Media	1,70	1,49	1,49	1,36	1,43	1,11	1,30	1,74	1,74	1,66	1,87	1,73	1,60
Desv.Estándar	0,72	0,76	0,81	0,56	0,42	0,48	0,53	0,41	0,35	0,33	0,47	0,77	0,98
IC(95 %) Inf.	0,81	0,54	0,49	0,67	0,91	0,51	0,64	1,23	1,31	1,25	1,28	0,78	0,38
IC(95 %) Sup.	2,59	2,44	2,49	2,06	1,95	1,71	1,96	2,25	2,17	2,07	2,46	2,69	2,83

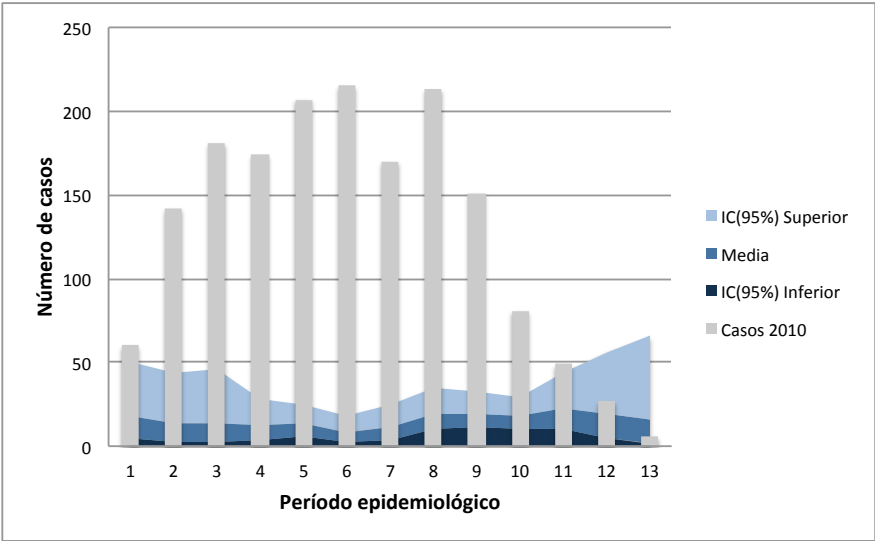
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Valores obtenidos del límite superior, el límite inferior y el promedio siguiendo el método de la media geométrica, en la escala original de la información, para la construcción del canal endémico del municipio de Bello

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Media	18	14	14	12	13	8	11	19	19	18	23	19	16
Desv. estándar	4	5	5	3	2	3	3	2	2	2	3	5	7
IC (95 %) inf.	5	3	3	4	6	3	4	10	11	10	11	5	2
IC (95 %) sup.	51	43	46	28	25	19	25	35	32	29	44	57	66

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Canal endémico del municipio de Bello obtenido siguiendo el método de las medias geométricas que muestra la epidemia de dengue ocurrida en el año 2010



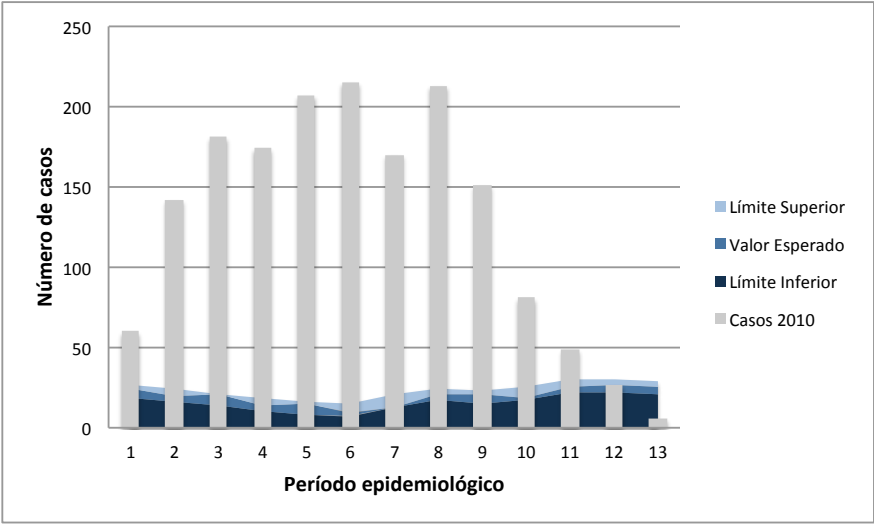
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Valores obtenidos del límite superior, el límite inferior y el promedio siguiendo el método de las medias móviles para la construcción del canal endémico del municipio de Bello

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Promedio	22,60	19,00	19,40	13,40	13,60	9,00	12,40	19,60	19,40	17,40	23,60	24,80	24,20
Fact. corrección	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Val. esperado	24,04	20,21	20,64	14,25	14,47	9,57	13,19	20,85	20,64	18,51	25,10	26,38	25,74
Prom. móvil	22,12	20,42	17,44	14,36	12,02	11,38	17,02	20,74	19,57	21,81	25,74	26,06	24,89
Error estándar	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
Límite inferior	18	16	13	10	8	7	13	17	16	18	22	22	21
Límite superior	26	24	21	18	16	15	21	25	24	26	30	30	29

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Canal endémico del municipio de Bello obtenido siguiendo el método de las medias móviles donde se muestra la epidemia de dengue ocurrida en el año 2010



Fuente: Elaboración propia

Canales endémicos para Riohacha

Para el cálculo de los canales endémicos de esta ciudad consideraremos el número de casos de dengue reportados entre 2008 y 2012, con el fin de determinar cuál debió ser el comportamiento de esta enfermedad durante 2013. Adicionalmente, contrastaremos estos resultados con el número de casos de dengue reportados en 2013. La información del número de casos reportados para este período se obtuvo a través del Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA http://portalsivigila.ins.gov.co/sivigila/documentos/Docs_1.php), mientras que los tamaños de las poblaciones fueron tomados de las proyecciones hechas por el dane a partir del censo realizado en el año 2005 [123]. En la tabla 10 se resume esta información.

Tabla 10: Poblaciones estimadas y número de casos de dengue por período epidemiológico durante los años 2008-2013 para Riohacha

Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	Población
2008	8	13	5	11	12	11	7	8	4	6	15	13	11	194.674
2009	43	36	14	11	13	9	24	14	9	4	17	10	24	203.819
2010	48	41	15	13	9	5	6	7	8	10	11	6	10	213.046
2011	17	9	9	5	1	4	8	9	3	7	21	55	53	222.322
2012	16	9	8	5	2	3	4	2	0	6	10	25	35	231.641
2013	28	37	34	52	55	58	50	44	30	42	32	48	52	240.970

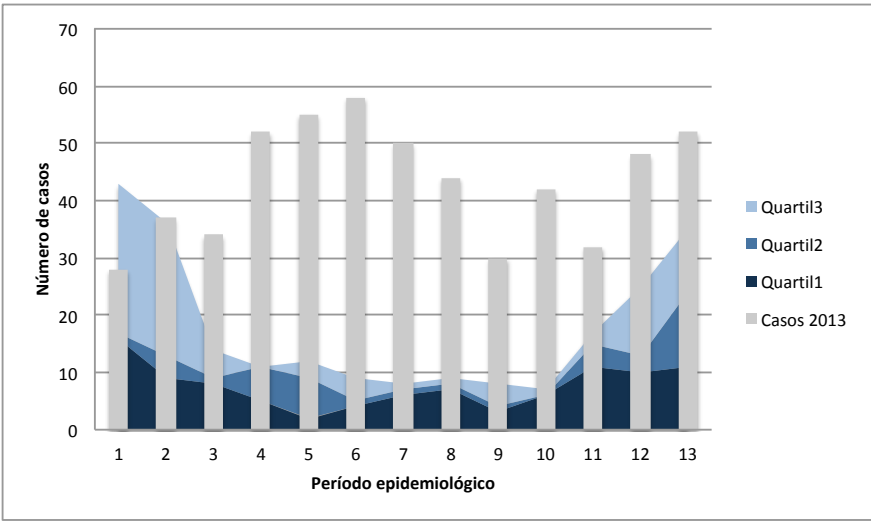
Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Valores obtenidos del límite superior, el límite inferior y el promedio siguiendo el método de los cuartiles para la construcción del canal endémico para Riohacha

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Q1 25 %	16	9	8	5	2	4	6	7	3	6	11	10	11
Q2 50 %	17	13	9	11	9	5	7	8	4	6	15	13	24
Q3 75 %	43	36	14	11	12	9	8	9	8	7	17	25	35

Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Canal endémico de Riohacha obtenido siguiendo el método de los cuartiles contrastando con el número de casos reportados en el año 2013



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Valores obtenidos del límite superior, el límite inferior y el promedio aplicando las transformaciones descritas en el método de la media geométrica para la construcción del canal endémico de Riohacha

Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
2008	1,63	2,04	1,27	1,89	1,97	1,89	1,53	1,63	1,12	1,41	2,16	2,04	1,89
2009	3,10	2,93	2,06	1,86	2,00	1,69	2,55	2,06	1,69	1,09	2,23	1,78	2,55
2010	3,16	3,01	2,08	1,96	1,65	1,21	1,34	1,46	1,56	1,74	1,82	1,34	1,74
2011	2,16	1,62	1,62	1,18	0,37	1,03	1,53	1,62	0,85	1,42	2,35	3,25	3,21
2012	2,07	1,59	1,49	1,15	0,62	0,83	1,00	0,62	0,00	1,28	1,67	2,47	2,78
Media	2,42	2,24	1,71	1,61	1,32	1,33	1,59	1,48	1,04	1,39	2,05	2,17	2,43
Desv. estándar	0,67	0,69	0,36	0,41	0,77	0,45	0,58	0,53	0,67	0,24	0,29	0,73	0,61
IC (95 %) inf.	1,58	1,38	1,26	1,10	0,36	0,77	0,87	0,82	0,21	1,09	1,69	1,27	1,67
IC (95 %) sup.	3,26	3,10	2,15	2,11	2,28	1,89	2,31	2,14	1,88	1,68	2,40	3,08	3,20

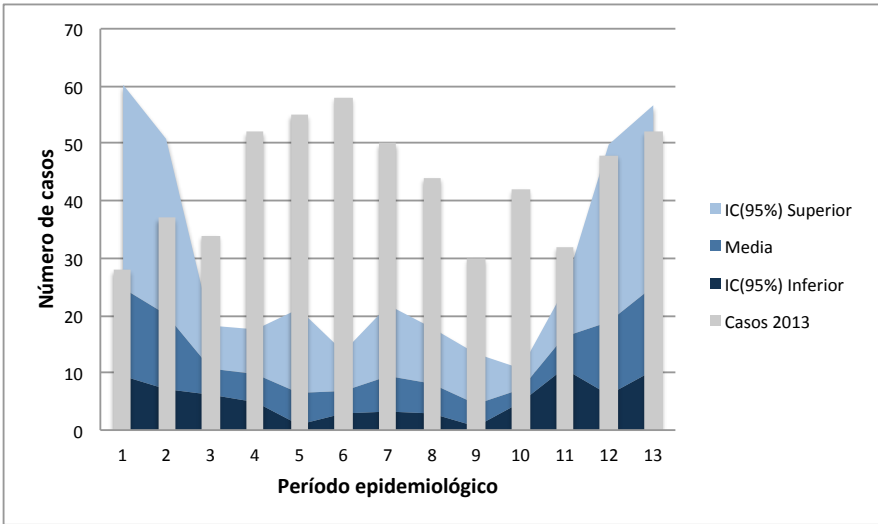
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Valores obtenidos del límite superior, el límite inferior y el promedio siguiendo el método de la media geométrica, en la escala original de la información, para la construcción del canal endémico de Riohacha

Año	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Media	25	20	11	10	7	7	9	8	4	7	16	19	25
Desv. estándar	2	2	1	1	3	1	2	2	2	1	1	3	2
IC (95 %) inf.	9	7	6	5	1	3	3	3	1	5	11	6	10
IC (95 %) sup.	60	51	18	18	21	13	22	18	13	11	24	50	57

Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Canal endémico de Riohacha obtenido siguiendo el método de las medias geométricas contrastando con el número de casos reportados en el año 2013



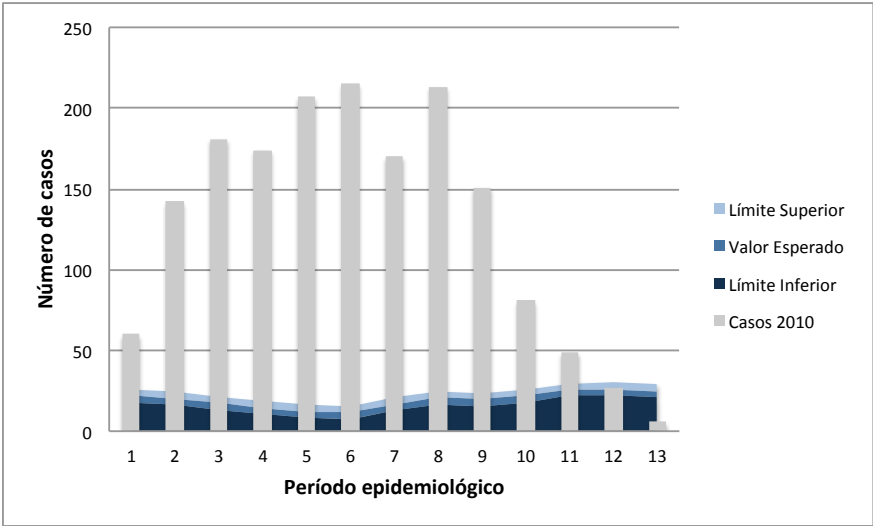
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Valores obtenidos del límite superior, el límite inferior y el promedio siguiendo el método de las medias móviles para la construcción del canal endémico para Riohacha

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Promedio	26,40	21,60	10,20	9,00	7,40	6,40	9,80	8,00	4,80	6,60	14,80	21,80	26,60
Fact. corrección	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Val. esperado	29,85	24,42	11,53	10,18	8,37	7,24	11,08	9,05	5,43	7,46	16,74	24,65	30,08
Prom. móvil	27,14	17,98	10,86	9,27	7,80	9,16	10,06	7,24	6,45	12,10	20,69	27,36	29,97
Error estándar	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Límite inferior	21	12	5	4	2	4	4	2	1	6	15	22	24
Límite superior	33	24	17	15	13	15	16	13	12	18	26	33	36

Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Canal endémico de Riohacha obtenido siguiendo el método de las medias móviles contrastando con el número de casos reportados en el año 2013



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Los sistemas de alerta temprana tienen como objetivo principal “la recopilación de información que conduce a procesos oportunos de toma de decisiones que desencadenan en la formulación de estrategias de intervención para reducir la carga y el efecto de cierta enfermedad en una población específica” [124].

Los canales endémicos han demostrado ser una herramienta poderosa para las entidades de vigilancia y control de enfermedades por su simplicidad y capacidad para detectar situaciones de alarma. Los sistemas de vigilancia temprana ya descritos han

sido aplicados para vigilar el comportamiento de diferentes enfermedades en Colombia, incluyendo aquellas transmitidas por vectores, como el dengue o la malaria [120, 121].

Los tres métodos expuestos son fácilmente implementables en hojas de cálculo y no requieren de conocimientos avanzados en estadística ni de cálculos muy elaborados. Adicionalmente, una de las mayores ventajas de los canales endémicos es que, independientemente de la metodología que quiera seguirse para su construcción, no requieren más información que el número de casos reportados y los tamaños de las poblaciones a nivel histórico. Sin embargo, a pesar de que estos sistemas ayudan a detectar la presencia de un número atípico de casos de la enfermedad, no brindan información de su ocurrencia a nivel geográfico, como sí lo hacen los mapas de riesgo construidos a partir del cálculo de los índices de frecuencia, duración e intensidad junto con el análisis de los indicadores de asociación espacial (LISA, *local indicators of spatial association*) [125, 126]. Por otro lado, sistemas de vigilancia basados en modelos autorregresivos integrados de promedio móvil (ARIMA, *autoregressive integrated moving average*) y en modelos estacionales autorregresivos integrados de promedio móvil (SARIMA, *seasonal autoregressive integrated moving average*) consideran factores socioeconómicos y ambientales [124] que no se tienen en cuenta en la elaboración de canales endémicos.

No obstante, una de las mayores dificultades de la aplicación de este tipo de modelos es reunir la información necesaria, pues

para que los resultados sean confiables, esta debe estar actualizada y ser veraz.

En consecuencia, para diseñar estrategias de control más eficientes, es necesario hacer una vigilancia a menor escala que permita no solo detectar el tiempo, sino también el lugar donde se debe actuar. Para usar en mayor medida estos sistemas más sofisticados se requiere de herramientas capaces de construir los canales automáticamente a partir de la información, así como hacer campañas de divulgación y enseñanza de estos métodos, y analizar los resultados de manera local.