

Serie de documentos de trabajo 19-02

Julio de 2019

Epidemiología económica de las enfermedades transmisibles con
énfasis en las de transmisión vectorial

Juan Rafael Vargas

Universidad de Costa Rica

Working Paper
**EPIDEMIOLOGÍA ECONÓMICA DE LAS ENFERMEDADES
 TRANSMISIBLES CON ÉNFASIS EN LAS DE TRANSMISIÓN VECTORIAL^{*†}**

Juan Rafael Vargas[‡]

Contenido

Resumen	3
Abstract	3
1. Introducción.....	4
2. Revisión bibliográfica	5
3. Metodología	14
4. Resultados	15
4.1. Aproximaciones econométricas	15
4.2. Estacionalidad	17
4.3. La geografía del dengue	30
4.4. El Huracán Otto y su posible incidencia en el Dengue	36
4.5. Análisis descriptivo con mapas cantonales	38
5. Conclusiones	50
6. Bibliografía.....	51
Apéndice: Aspectos técnicos encontrados en la literatura en letra de sus autores.....	52

* Documento de trabajo resultado del Proyecto de Investigación 223-B6-A40 de la Escuela de Economía.

† Un agradecimiento especial a Alejandro Matarrita Valverde, quien colaboró como asistente de investigación durante los últimos meses del proyecto y a Cristián Sancho quién colaboró en la primera parte del proyecto en la recolección de información.

‡ Profesor de la Escuela de Economía de la Universidad de Costa Rica. Contacto juan.vargasbrenes@ucr.ac.cr o jrvargas20@gmail.com

Resumen

El estudio propuesto retoma temáticas epidemiológicas que son importantes en la conducción de las políticas públicas en el ámbito de la salud. En la década de los años sesenta Costa Rica había controlado las infecciones por este vector. Por razones no demasiado claras éste volvió a finales de siglo e incluso el país alcanzó las tasas de prevalencia mayores de América Latina.

Se abordó el fenómeno desde diferentes ángulos, se utilizaron aproximaciones econométricas con enfoque en la relación en las variables, un modelo geo-referenciado para determinar diferencias regionales; ambas aproximaciones fueron complementadas con un análisis geográfico mediante el uso de mapa para mostrar los cambios en la incidencia del dengue a lo largo del tiempo para cada cantón.

Los resultados de las estimaciones y sus parámetros sostienen el criterio de que la estimación es adecuada y los conceptos involucrados en las variables explicativas y sus mediciones son razonables. No se puede recurrir a un marco teórico porque en temas epidemiológicos o clínicos, el paradigma económico no lo ha desarrollado con éxito (o aún sin él). Hay una rica vertiente de estimaciones que recurren a otras aproximaciones y que ofrecen visiones complementarias e interesantes. Estimaciones de panel, estudios de causalidad a la Granger, exploración del espectro geográfico y mapas cantonales históricos son parte de esas visiones. Al considerar los efectos del huracán Otto, Guácimo es el único cantón que presentó un aumento de la tasa de incidencia del 2016 al 2017 de los declarados con alerta roja. Se muestra una incidencia de dengue clásico (por 100 000) más alta que los vecinos, (Panamá 3 veces y Nicaragua el doble). Para dengue hemorrágico Costa Rica muestra el doble de la incidencia de Panamá, pero una cuarta parte del de Nicaragua y es levemente menor que el de la región. La paradoja, entonces, aparece con la letalidad por dengue. Es la menor de la región latinoamericana, junto con Uruguay, un tercio de la de Panamá y 1/15 de la de Nicaragua. Es la calidad (infraestructura y humana) del sistema de salud lo que explica los resultados.

Abstract

The study included epidemiological issues that are important in the conduct of public policies in the field of health. In the decade of the years, Costa Rica had controlled the infections by this vector. The highest prevalence ratios in Latin America.

The phenomenon of different angles approached; economic approximations used with focus on the relationship in the variables, a geo-referenced model to determine regional differences. The relationships complemented by a geographical analysis by using a map to show the changes in the incidence of dengue over time for each canton.

The results support the criteria of the results of the explanatory practices and the reasonable results. One cannot resort to a theoretical framework because in epidemiological or clinical issues, the economic paradigm has not been developed successfully (or even without it). There is a rich publication of the answers offered to other approaches and that offer complementary and interesting visions. Panel estimates, causality studies in Granger, exploration of the geographic spectrum and historical cantonal maps are part of those views. When considering the effects of Hurricane Otto, Guácimo is the only region that presented an increase in the incidence rate from 2016 to 2017. Those declared with red alert. An incidence of classic dengue (per 100 000) is higher than the neighbors, (Panama 3 times and Nicaragua twice). For hemorrhagic dengue, Costa Rica shows double the incidence of Panama, but in the fourth part of Nicaragua and it is lower than in the region. The paradox, then, appears with lethality due to dengue. It is the smallest in the Latin American region, along with Uruguay, one third of Panama and 1/15 of that of Nicaragua. The quality (infrastructure and human) of the health system that explains the results.

1. Introducción

Pese a que la atención se ha enfocado en el virus del zika, el mosquito *Aedes Aegypti* sigue sumando casos de los otros virus que transmite dengue y chikungunya. El análisis ha sido epidemiológico o de acciones gubernamentales. El análisis económico está en general ausente y hay una contribución que la profesión puede hacer. El ámbito de enfermedades transmisibles es la frontera perdida del sistema nacional de salud de Costa Rica (la morbilidad corresponde a no transmisibles y de entorno social) pero mantiene vigencia y ofrece riesgos importantes como se explicará más adelante. También las enfermedades de declaración obligatoria brindan una oportunidad cuantitativa para lograr economías de escala investigativas. Algunas son transmisibles, pero su ventaja comparativa es que hay registros de larga data y por el ordenamiento legal que los regula, la información epidemiológica y sanitaria es altamente confiable.

El estudio propuesto retoma temáticas epidemiológicas que son importantes en la conducción de las políticas públicas en el ámbito de la salud. En la década de los años sesenta Costa Rica había controlado las infecciones por este vector. Por razones no demasiado claras éste volvió a finales de siglo e incluso el país alcanzó las tasas de prevalencia mayores de América Latina. Sin embargo, al presente las estimaciones de la carga enfermedad en mortalidad son modestos, pero el potencial es complejo y epidemiológicamente peligroso. La razón de que las estimaciones actuales de las cargas de la resistencia sean modestas es que se basa en el costo 'gradual' relacionado con el tratamiento adicional de resistencia durante la infección primaria. Es evidente que, en el caso del dengue, la primera afección casi no merece anotación en el expediente clínico (es la diferencia entre dengue (D) y dengue hemorrágico (DH)). Esto enmascara la carga económica más crítica, que es cuando la resistencia conduce a la pérdida de muchas de las ventajas médicas de los antibióticos. En el mismo ejemplo, el dengue hemorrágico no sólo es más costoso en su tratamiento, sino que incluso puede ser mortal. El condicionamiento de la efectividad de los antibióticos y otros tratamientos de primera prescripción podría significar que las crecientes tasas de infección, la mortalidad y la morbilidad tengan un notable golpe a las finanzas del sistema nacional de salud. La carga económica total de este escenario es de difícil estimación en la actualidad. Las altas tasas de morbilidad y mortalidad se traducen no sólo en un incremento en los días de hospitalización y costos de atención, sino también en un incremento en AVAC (años de vida ajustados de discapacidad) en la población. El papel de las variables socioeconómicas conviene separarlas de las geográficas porque su control es de naturaleza disímil. Por ello la verificación de hipótesis atinente es importante. La más reciente aparición de chikungunya y zika asociadas con el mismo vector de transmisión complica el panorama sanitario.

El ciclo variable del incremento de la incidencia con duración de dos a cuatro años fue un descubrimiento empírico que ayuda a explicar por qué este cuadro clínico no alcanza alta prioridad en las acciones del sector salud. Tanto el Ministerio de Salud (MinSa) como la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) hacen su tarea dentro de su agenda multitarea

y la modifican poco cuando viene un pico epidemiológico. Son consecuentes con que sus acciones están orientadas en la dirección correcta como de que los resultados del siguiente año serán diferentes y si se trata de un pico de incidencia, con más razón lo será. La tasa de mortalidad, tan baja e infrecuente, hace al dengue en sus dos manifestaciones un tema de agenda sanitaria, pero no de alarma institucional. Esa visión no estaba clara cuando se inició la investigación y aprenderlo reorienta. Tampoco lo fue la disponibilidad de cuadros de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para años de vida ajustados por discapacidad, que permitieron validar esa imagen agregada y ese aire de normalidad en los asuntos de prevención y curación. Costa Rica muestra una de las más altas tasas de incidencia en la Región, pero los años perdidos por discapacidad y la correspondiente carga de la enfermedad son relativamente bajos. Aunque las geografías son afines, tanto Nicaragua como Panamá registran incidencias diferentes y más bien los resultados de una y otra reflejan la respectiva fortaleza de sus propios sistemas nacionales de salud.

El resto del documento está compuesto por una sección donde se resume mayormente en palabras de los autores lo más importante en la literatura atinente a esta investigación. La contribución está en la síntesis y selección, naturalmente. Un tercer componente describe la metodología. El cuarto presenta los resultados de las diferentes aproximaciones cuantitativas, tanto econométricas como gráficas (mapas). Los comentarios y sugerencias están en la sección final.

2. Revisión bibliográfica

La primera parte identifica autores que proponen un marco de relaciones entre economía o más propiamente crecimiento económico y salud. Se inicia la búsqueda del marco analítico, construido con teoría económica, pero ese objetivo está incompleto. Se da noticia de lo más cercano a esa finalidad dentro de la literatura atinente. Se escoge segmentos, muchos textuales, de los autores para ilustrar sus contribuciones a temas, que luego se desarrollan con los datos de Costa Rica. La segunda sección da cuenta de los prolegómenos epidemiológicos del dengue, de manera no técnica. Al menos ofrece el lenguaje aplicable al resto del análisis e informa de las posibles líneas causales. La sección tercera da noticia de la historia del dengue en el hemisferio occidental. Se presta alguna atención Costa Rica y se identifica sendos estudios aplicados a los dos vecinos geográficos del país. Esto es importante porque al no poder completarse el estudio de costo de la enfermedad (expresado en AVAD), se puede barruntar que los valores deben estar cercanos a los de esos vecinos. La cuarta sección presenta importantes estudios del dengue que se han elaborado en las décadas precedentes. Hay tres enfoques: corte transversal, estudios longitudinales con ejercicios predictivos y muestras con paneles elaborados. Esa literatura es importante porque proporciona la línea de máximo logro alcanzable en este estudio.

Weil, D N (2006) combinó datos históricos sobre talla, tasas de supervivencia de adultos y edad en la menarquía y empleó una variedad de métodos para elaborar estimaciones del rendimiento de la salud para la formación del capital y su subsecuente impacto en el

crecimiento. Él sostiene que eliminar las diferencias en salud entre países a partir de este modelo reduciría la variación mundial del PIB por trabajador en un 9,9 por ciento. Sostiene que las personas más sanas son mejores trabajadores. Pueden trabajar más duro y por más tiempo, y también pensar más claramente. Más allá de ese efecto directo de la salud, hay una serie de canales indirectos. Las mejoras en la salud aumentan el incentivo para adquirir educación, ya que las inversiones en escolaridad pueden amortizarse a lo largo de una vida laboral más larga. Estudiantes más sanos tienen un menor ausentismo y un mayor funcionamiento cognitivo, y por lo tanto reciben una mejor educación para cada nivel de escolarización. Coincidente y citado por Weil, la Comisión de la OMS sobre Macroeconomía y Salud [2001] declaró *“Mejorar la salud y la longevidad de los pobres es un fin en sí mismo, un objetivo fundamental del desarrollo económico. Pero también es un medio para alcanzar otros objetivos de desarrollo relacionados con la reducción de la pobreza”*.

Bleakley, H (2010) se pregunta ¿Cuánto deprime la enfermedad el desarrollo del capital humano y los ingresos en todo el mundo? Una amplia gama de micro evidencias muestra que la salud es tanto el capital humano como un aporte para producir otras formas de acervo. Su modelo estándar integra estos resultados. Observa que los países pobres tienden a ser insalubres, y los países insalubres tienden a ser pobres. A lo largo de la historia, las mejoras en los ingresos han ido de la mano con avances en la salud. También documenta que los países más pobres del mundo se encuentran en los trópicos, un área plagada de enfermedades tropicales. Sostiene que la correlación entre salud y desarrollo es difícil de interpretar simplemente como el efecto causal de la salud en el ingreso. Terceros factores, como el mal gobierno o las desventajas geográficas, pueden impedir la productividad y el control de la enfermedad. Opina que la literatura micro-empírica de la que parte está algo desconectada de la macroeconomía atinente. El impacto de la salud en los ingresos probablemente depende de cómo cambia la salud (por ejemplo, la morbilidad frente a la mortalidad) y cuándo. La salud es multifacética, destaca. Propone que debe medirse el tiempo perdido por episodios de enfermedad y discapacidad. El tiempo perdido para tales episodios en países pobres no es trivial, aunque es una fracción menor de las horas de trabajo (en trabajo informal no hay salarios no pagados, sencillamente hay actividad). Afirma conocer de los efectos más sutiles de la enfermedad de adultos sobre el ingreso. Las reducciones en la mortalidad provocaron la mayor parte del aumento de la población en los últimos dos siglos (Preston, 1975 y su reputada curva). Sin embargo, una menor mortalidad mueve a la población a un nuevo sendero de crecimiento y dónde ese camino se asienta depende de cómo la fertilidad se ajusta al cambio en la salud. La urbanización y la globalización hacen que la economía sea menos dependiente de la cantidad de tierra disponible localmente. Además, esas fuerzas son una explicación importante en el caso de las enfermedades propagadas por vectores. La mala salud en la infancia podría deprimir la formación del capital humano. Es probable que esto sea cierto por dos razones: a) gran parte del desarrollo fisiológico y cognitivo de una persona ocurre en la infancia y b) variación en las condiciones climáticas en el momento del nacimiento afectan el sendero laboral cuando llega la adultez. Cita a Barreca (2007) quien muestra que las cohortes nacidas en años más cálidos y húmedos en el sur de los EE. UU. (Alrededor de 1910) tuvieron una educación más baja, lo que él

atribuye a la malaria. Maccini y Yang (2009) encuentran efectos de cantidades inusuales de precipitaciones durante el año anterior al nacimiento en la educación y el ingreso familiar de las mujeres (pero no los hombres) en Indonesia y eso se toma en cuenta. También discute como Behrman (2009) muestra que la mejora en la nutrición por el experimento del INCAP en Guatemala aumenta en varios puntos de prueba de aptitud para ambos géneros en un diseño que involucra a niños en cuatro aldeas guatemaltecas por cuatro décadas. El mismo en (2007) analizó el impacto de una campaña de erradicación de anquilostomas en 1910 en el sur de los EE. UU. Los niños se beneficiaron de la campaña vieron grandes aumentos en alfabetización, asistencia escolar e ingresos, en comparación con cohortes anteriores. También discute como Shapiro (1919) examina los aumentos de productividad entre los trabajadores de plantaciones en Costa Rica después de los tratamientos de desparasitación. Casi todos los trabajadores se infectaron con anquilostomas al inicio del estudio, en comparación con aproximadamente el 10% después del tratamiento. Se encontró que la productividad seis meses después del tratamiento fue de 15% a 30% mayor, y el área cultivada se había expandido en un 50% en el siguiente año. La pregunta que Bleakley se hace (y algunos de los autores que cita, también) es si ¿es la salud el único factor que lo explica todo, y por ende se comporta como "bala mágica"?

Habiéndose propuesto un marco conceptual atinente a la relación entre salud y crecimiento económico, se organiza de manera atractiva y clara (no unicausal). No hay una teoría general, pero líneas y nexos se postulan y se documentan. En las siguientes lecturas se aborda la especificidad del dengue y otras enfermedades de propagación vectorial

Guzman, MG (2010) observa que cada año, hay cerca de 50 millones de infecciones por dengue y cerca de 500,000 personas son hospitalizadas con fiebre hemorrágica por dengue, tanto en el sudeste de Asia, como en el Pacífico o las Américas. Observa que, en los países endémicos de Asia y las Américas, la carga del dengue es de aproximadamente 1,300 años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) por millón. Afirma que las infecciones por dengue pueden ser potencialmente mortales cuando ocurren en personas con asma, diabetes y otras enfermedades crónicas. Los efectos de la segunda infección por dengue dependen de la etnia, o del grado de malnutrición presente.

En las dos últimas décadas, todos los países de las regiones tropicales en América Latina han experimentado marcados aumentos en la incidencia de dengue clásico (D) y hemorrágico (DH) observan **Torres J. R. y J. Castro** (2007). Afirman que la pérdida asociada con la enfermedad es del mismo orden de magnitud que la tuberculosis, las enfermedades de transmisión sexual (excluido el VIH / SIDA), la enfermedad de Chagas, el leishmaniasis o los helmintos intestinales. El costo por AVAD evitado por los programas de control durante los períodos endémicos lo consideran bajo en comparación con otras enfermedades transmitidas por mosquitos como la fiebre amarilla, la leishmaniasis o la malaria. La relación coste-beneficio de los programas de control apareció positiva.

La historia del dengue en el continente es desarrollada con elocuencia por **Brathwaite Dick, O.** et al. (2012) De 1600 hasta 2010 los brotes en las Américas los agrupan en cuatro fases: introducción del dengue (1600–1946), erradicación exitosa del mosquito en 18 países continentales (1947–1970), re-infestación de *Aedes Aegypti* (1971–1999) y mayor dispersión de dengue (2000–2010). Para 2010 reportaron 1,7 millones de casos de dengue, con 50,235 casos graves y 1,185 muertes. Los factores que contribuyeron al deterioro del programa de erradicación ellos incluyen: el desarrollo de la resistencia de los mosquitos al DDT y otros insecticidas organoclorados, los altos costos materiales y salariales de la prevención, la participación comunitaria insuficiente y la falta de voluntad por parte de gobiernos para unirse a programas de combate. Aluden a William Gorgas, quien en 1901 en La Habana reconoció el virus emulando la metodología de Carlos Finlay sobre el papel del mosquito como vector de la fiebre amarilla. Él identifica picos de propagación en Cuba en 1961, en México, Colombia, Venezuela y Brasil en 1998, en Honduras, Colombia, Venezuela y Brasil en 2002 y en Argentina, Bolivia, México, Colombia, Venezuela y Brasil en 2009 y Honduras, Guadalupe, Puerto Rico, Colombia, Venezuela y Brasil en 2010. Reconocen que el virus DENV-3, genotipo III, se re-introdujo en las Américas en 1994 con 29,469 casos en Nicaragua de los cuales 1,247 casos son hemorrágicos. Se expandió a los países de América Central y México en 1995, Puerto Rico y otras islas del Caribe en 1998. Se aprecia, tanto un comportamiento secular, como otro cíclico con una fase de 3 a 5 años. En las pruebas empíricas sería útil captar esos patrones, aunque para Costa Rica la muestra es muy reducida.

Informan que, en Costa Rica después de haber prácticamente extinguido el mosquito a mediados del siglo pasado, se dio una re-infestación, que hace crisis en 2005, cuando se produjo una epidemia con casi 38,000 casos y 45 de ellos hemorrágicos. Aunque el DENV-1 estaba circulando en 2005, el DENV-2 fue reintroducido en el país en ese momento. Destacan que la OPS en febrero de 2003 aprobó la Estrategia de Gestión Integrada para la Prevención y el Control del Dengue (IMS-Dengue) debido al creciente número de casos en la región. Esa estrategia la organizan a partir de enfoques de epidemiología, entomología, salud, laboratorio, comunicación social y medio ambiente.

Armien B, et al. (2008) dan una sucinta relación del desarrollo del dengue en Panamá que es el país ístmico con la más prolongada secuencia documentada a la fecha. Destacan que Panamá, que fue declarada libre del vector en 1958, se re infestó en 1985, pero los primeros casos autóctonos son detectados en 1993. Desde entonces y hasta 2004 Panamá registró 16,317 fiebres del dengue (DF), 24 dengue hemorrágico (DHF) casos, y tres muertes relacionadas con el dengue, de acuerdo a sus hallazgos. En ese momento los cuatro serotipos de dengue habían circulado, con DEN-1 o DEN-2 como predominantes. Los adultos mayores de 18 años representaron más del 70% en cada uno de los años 2000 a 2005. En 2005, el país, con una población de 3,2 millones, experimentó la epidemia más grave desde 1993 con 5,482 DF, 7 DHF, y 5 muertes. Encuentran que el número de casos de dengue reportado fue 1.8 veces mayor que el de la epidemia alta anterior de 1995.

Armien et al. analizaron datos recopilados mediante vigilancia epidemiológica los aspectos clínicos y económicos de la epidemia de dengue en 2004 para todo el país. Su análisis económico incluye estimaciones nacionales del costo del dengue no fatal y fatal, así como los costos de la vigilancia del dengue, el laboratorio y las actividades de control de vectores de mosquitos. Ellos utilizan el módulo de salud de *World Health Survey* para encuestar a los pacientes sobre el episodio de dengue en ocho dominios de salud: dolor e incomodidad, movilidad, actividades interpersonales, sueño y energía, afecto, auto cuidado, cognición, y la visión. Su encuesta evaluó cada dominio mediante preguntas con una escala de respuesta de cinco puntos (ninguna, leve, moderada, grave y extrema). Ellos evalúan la calidad de vida con la escala visual del termómetro de 100 puntos de EuroQOL (Badia et al., 1999). Este marco es pertinente para acotar lo que puede ser una aproximación al costo en Costa Rica. Muchas de las coberturas sanitarias son cercanas, pues los sistemas de salud son semejantes.

Wettstein, Z S et al. (2012) encuentran que la carga del dengue en Nicaragua ha aumentado constantemente durante las últimas tres décadas. Ellos utilizando datos primarios del Ministerio de Salud calcularon de 1996 a 2010 el costo total y la carga del dengue. Sus costos totales incluyeron tanto los costos directos de gastos médicos y las actividades de prevención como los costos indirectos de la pérdida de productividad. Su carga anual de la enfermedad osciló entre 99 y 805 AVAD por millón, con una mayoría asociada con el dengue clásico. El costo total lo estimaron en US \$ 13.5 millones / año (rango: US \$ 5.1–27.6 millones). Los autores sugieren que este estudio puede servir como modelo para determinar la carga de la enfermedad y el costo del dengue.

Afirman que, a pesar de la naturaleza integral de esta evaluación, ningún modelo puede explicar todos los eventos, resultados o gastos posibles asociados con la enfermedad del dengue. Un modelo no podría tomar en cuenta todas las heterogeneidades que existen dentro de la población, ni las comorbilidades. Siempre hay suposiciones causadas por limitaciones de datos.

En la siguiente sección se da una ojeada a los análisis de costo-efectividad, evolución de calidad de vida o carga ajustada por discapacidad según el año de vida de acuerdo con los protocolos usuales en el campo. Esas técnicas estaban presentes en los artículos sobre Panamá y Nicaragua recientemente reseñados. Habría sido valioso moverse en esa dirección en Costa Rica, pero los datos no estuvieron disponibles.

El trabajo de **Y. A. Halasa** et al. (2012) mide el costo, tanto directo como indirecto con un esfuerzo considerable para validar sus datos de Puerto Rico. Su cálculo de la carga (DB) usa el marco conceptual de costo-efectividad o análisis de costo-utilidad, donde la QoL asociada con la salud y la muerte perfectas son uno y cero. En los hogares ubican la carga más grande (48%) en comparación con sólo el 24% por el gobierno y el 22% por los seguros de salud. Identifican un costo anual total del dengue entre 2002 y 2010 de \$ 46.45 millones (\$ 418 millones durante el período de 9 años).

Zeng, W et al. (2018) conceptualizaron el dengue con dos fases: síntomas agudos y persistentes. Estimaron para diez países de Latinoamérica la fase aguda basándose en la revisión de la literatura. El suyo es un método barato en recursos (y en otras consideraciones) pero atractivo para arrojar luz y para motivar investigaciones subsecuentes. Su mediana de la carga ajustada por discapacidad según el año de vida (AVAD) fue de 0.011, para los episodios ambulatorios, 0.015 y para los episodios hospitalizados. Estimaron que el 34% de los episodios mostró síntomas de 0.087 por año, lo que resultó en un AVAD promedio de 0.019. Su mediana de la carga AVAD fue de 0.031 para los episodios ambulatorios, 0.035 para los episodios hospitalizados y 0.032 en general. Su carga específica de un episodio de dengue fue 2.1 veces la estimación de la Carga Global de Enfermedad de 2013. Sus estimaciones basadas en la literatura proporcionan un resumen empírico para los análisis de políticas y costo-efectividad. Es este un argumento que siempre parece prudente y que sugiere aplicarlo.

Los desechos sólidos y viviendas sin agua potable son variables de control para las políticas sanitarias. **Shepard, D. S.** (2011) proporciona una síntesis de los estudios existentes para calcular la carga económica de la enfermedad del dengue en las Américas. Sus principales fuentes de datos incluyen los casos nacionales de notificación de 2000 a 2007, el costo potencial de los estudios de la enfermedad, la cuantificación y análisis el subregistro en los sistemas nacionales de vigilancia de rutina. Para la enfermedad del dengue en las Américas calcularon un costo estimado de \$ 2.1 mil millones por año en promedio, con un rango de \$ 1-4 mil millones en los análisis de sensibilidad.

Los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD), una medida económica no monetaria de impacto perdidos por el dengue en Puerto Rico para el período 1984-1994 es el tema de estudio de **Meltzer, M. I.** et al. (1998). Sus datos sobre el número de casos notificados, los casos con manifestaciones hemorrágicas, hospitalizaciones y muertes los obtuvieron a partir de un sistema de vigilancia. La severidad del dengue lo modelaron por los casos, que clasifican en tres grupos: fiebre del dengue, dengue con manifestaciones severas, y los casos hospitalizados. A cada grupo le asignan un número diferente de días perdidos debido a una discapacidad relacionada con el dengue. Determinan que el dengue causó un promedio de 658 AVAD por año por cada millón de personas. Un análisis de sensibilidad multivariante con seis variables de exógenas les arroja una media de 580 AVAD / año / millón de habitantes. El AVAD / año / millón de personas perdido con el dengue en Puerto Rico es mucho mayor que las estimaciones previas. La pérdida para el dengue es similar a las pérdidas por millón de personas atribuidos a cualquiera de las siguientes enfermedades o grupos de enfermedades; la agrupación infantil (poliomielitis, el sarampión, la tos ferina, la difteria, el tétanos), meningitis, hepatitis o la malaria.

Luz, PM et al. (2011), desarrollan para Brasil un modelo dinámico de transmisión del dengue que evalúa la resistencia e inmunidad de la población humana a los insecticidas, lo que permite efectos evolutivos e inmunológicos de largo plazo por la disminución de la transmisión del dengue. Midieron la carga en términos de años de vida perdidos ajustados por discapacidad (AVAD). Evalúan la eficacia en función de los costos de 43

estrategias de control de vectores basadas en insecticidas, incluidas estrategias dirigidas a estadios larvales y adultos, con diferentes eficacias (90%, 60% y 30% de mortalidad) y de una a seis aplicaciones anuales. Todas las intervenciones causaron la aparición de resistencia a los insecticidas que, con la pérdida de inmunidad de rebaño, aumenta la magnitud de las futuras epidemias de dengue. Informan que una o más aplicaciones de control de larvas de alta eficacia redujo la carga de dengue por hasta 2 años, mientras que tres o más aplicaciones de control de vectores adultos redujeron la carga de dengue por hasta 4 años. Su relación costo-efectividad incremental de las estrategias para dos aplicaciones de control de vectores adultos de alta eficacia por año fue de US \$ 615 por AVAD ahorrado y para seis aplicaciones de control de vectores adultos de alta eficacia por año fue de \$ 1267 por AVAD ahorrado. Su análisis de sensibilidad mostró que, si el costo del control adulto era más de 8,2 veces el costo del control larvario, entonces todas las estrategias basadas en el control adulto resultaron dominadas. Ilustran que seis aplicaciones de control de vectores adultos tienen una relación de eficacia en función de los costos que probablemente cumpla con el estándar de la OMS para una intervención rentable o muy rentable. Es una joyita de investigación y sería estupendo contar con los datos para replicarlo. Sería muy microeconómico (y muy microbiológico), pero los datos no existen. Uno de los resultados de la investigación bibliográfica es desarrollo de envidia por hacer lo que en otras latitudes se hace.

La siguiente sección se revisan algunos exitosos intentos emplear datos climáticos (y a veces otros) para explicar la incidencia del dengue. Es sorprendente encontrar tales tasas de éxito y la sofisticación de los métodos estadísticos empleados en algunas investigaciones, particularmente en series históricas. Se reseña una aplicación con datos mexicanos, que incluso hace pronóstico de larguísimo plazo (2080) y otra aplicable al sur de Taiwán, tierra cercana a la problemática experiencia del sudeste asiático y lejana del istmo centroamericano (pero donde se desarrolló la variedad de la uva que se cultiva en Alajuela). Es interesante que Singapur, uno de los países más ricos del globo, registra incidencias elevadas de dengue que cuestiona el argumento de que es una enfermedad de países pobres. También se reseña otra investigación para los estados de México, al igual que una integración de variables climáticas y socioambientales para Costa Rica y una que emplea datos satelitales sobre vegetación y datos semanales. Esa última es una solución altamente capital intensiva y tiene acceso a datos que lamentablemente no se pueden conseguir en las fuentes oficiales.

Alcalá (2014) determinó un municipio hiperendémico para la productividad de *Aedes Aegypti* en una época de lluvia y otra de sequía. Es un concepto atractivo, pero implica algunas arbitrariedades y se beneficia de una muestra amplia y geográficamente específica. Los recipientes más productivos correspondieron a albercas y tanques bajos. Encontró que el tamaño del centroide está influenciado por la capacidad del almacenamiento de agua del recipiente y la presencia de techo sobre este. Vectores pequeños también fueron encontrados en recipientes como tarros y vasijas. Destaca como desde un cuadro clínico de baja importancia, para 2012, el dengue se tornó la más importante enfermedad de los seres humanos transmitida por vectores y en términos de

morbilidad y el impacto económico es probablemente más importante que la malaria a nivel mundial.

Colón-González, FJ et al. utilizan para México el crecimiento de la población, la urbanización, los aumentos en turismo y en el transporte de bienes, la ausencia de decisión política y la falta de recursos para la prevención como los motores exógenos a la incidencia del dengue. Especifican un modelo aditivo generalizado (GAM) con criterios penalizadores de máxima verosimilitud y suavizamientos de datos. Cuentan (y es sorprendente) con 276 meses además de desagregación estatal. Su GAM es óptimo para pronóstico altamente no lineales. Las altas temperaturas favorecen tanto larvas como insectos adultos, la precipitación también afecta de manera no lineal, además de que el almacenamiento de agua implica diferente causalidad y sólo la humedad tiene efectos aproximadamente unívocos. Es muy rico su tratamiento del agua (y es como debe ser) porque cuentan con datos de precipitación, almacenamientos y humedad. Hay prospección hasta 2080 con un resultante escenario de altísima incidencia. Es el modelo empírico más exitoso de la relación entre el dengue y el clima que se ha presentado hasta la fecha debido a largo del conjunto de datos y al uso de la regresión GAM para modelar mejor la naturaleza no lineal de las relaciones, que también puede llamar una joyita de investigación aplicada. Estiman que el cambio climático futuro aumentará la incidencia en un 40%. Es un resultado llamativo.

A partir de un modelo Poisson bietápico **Muñoz, D. M.** (2013) especifica en una primera fase un modelo Probit para identificar si un estado en México presentaba o no casos de dengue. Luego calculó la razón inversa de Mills que se incorporó a la segunda etapa de la estimación. Especifica una distribución Poisson con una variable de exposición, y para la submuestra, con al menos un caso, aísla el efecto de los factores socioeconómicos además del clima. Las variables socioeconómicas resultaron significativas y mostraron el efecto esperado.

Mena, N. et al. (2011) realizaron un estudio epidemiológico de tipo correlacional, analizando la incidencia acumulada de D/DH desde 1999 a 2007 en los 81 cantones de Costa Rica. La información la obtuvieron de fuentes secundarias y las variables independientes corresponden a aspectos sociodemográficos, ambientales y de cobertura sanitaria que afectan a la epidemiología de D/DH. Estas variables las organizaron en cuatro grupos de indicadores: demográficos, socioeconómicos, de vivienda y climáticos y geográficos. Utilizaron regresiones de Poisson simples y múltiples. Los cantones de Costa Rica con mayor incidencia de D/DH los localizaron principalmente cerca de las costas. La temperatura, la altitud y el índice de pobreza humana (IPH) fueron sus variables más relevantes.

Fuller, DO et al. (2009) modelan la influencia del clima y la dinámica de la vegetación en la incidencia del dengue en Costa Rica a partir de datos sobre anomalías de la temperatura de la superficie del mar originadas en el fenómeno de El Niño (ENOS) y dos índices de vegetación derivados del espectrómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS)

del satélite Terra. Sus correlaciones cruzadas se calcularon para evaluar los efectos de retardo tanto positivos como negativos en las relaciones entre las variables independientes y los casos DF / DHF. Utilizan mínimos cuadrados sinusoidales y no lineales para ajustar los datos de los casos y explican el 83% de la varianza en los casos semanales cuando las variables independientes se desplazaron hacia atrás en el tiempo. Su modelo explicó el 64% de la varianza ante desplazamientos hacia adelante las variables independientes. Utilizando cinco índices de ENOS y dos índices de vegetación, su modelo reprodujo la epidemia del 2005. La variación no explicada en el modelo la identifican con la inmunidad del rebaño y las medidas de control del vector. Sugieren un poder predictivo de 40 semanas. Los datos semanales que emplearon no están disponibles en las fuentes oficiales.

Chuang T-W et al. (2017) especifican un modelo no lineal distribuido de rezagos (DLNM) para Taiwán meridional con datos entre 1998 y 2015 utilizando un enfoque de coherencia de *wavelet* (ondícula) cruzada. Exhiben una técnica reciente y muy sofisticada. Los efectos regionales de la Oscilación del Sur de El Niño (ENOS) y Dipolo del Océano Índico (IOD) sobre la incidencia del dengue los incorporan explícitamente. Con datos para de cada provincia septentrional evaluaron la capacidad de los modelos para pronosticar. Los detalles de los modelos variaron en las diferentes provincias, pero las incidencias mensuales de casos de dengue predichos por los modelos se ajustaron bien. Sus resultados del DLNM mostraron efectos no lineales y de rezago de la temperatura mínima y la precipitación. La temperatura mínima por encima de 23 ° C o por debajo de 17 ° C puede aumentar la tasa de incidencia con efectos de retraso de 10 a 15 semanas. Es un resultado interesantísimo e implica una réplica de los datos admirable. Las precipitaciones de moderadas a altas les arrojan tasas de incidencia con un retraso de 10 o 20 semanas. ENSO y IOD se asociaron con patrones interanuales no estacionarios de transmisión del dengue. La temperatura mínima semanal les dio un efecto positivo bimodal significativo en la transmisión del dengue cuando es superior a 23°C o inferior a 17°C, y esos efectos pueden durar de 10 a 15 semanas. Esa precisión y no linealidad son prodigiosas e imposibles de duplicar con los datos que hay en Centroamérica. El porcentaje de predicciones correctas de los modelos ajustados para la aparición o la ausencia de epidemias de dengue en los 12 meses de 2005 fue de 83-100% en 12 de las 13 provincias. Sus buenos datos y el uso de técnicas estadísticas avanzadas dan lugar a éxitos a priori imaginados. El clima local explica en conjunto entre el 33-69% de la variación en la incidencia de casos de dengue en las regiones estudiadas. El rango restante de la variación posiblemente involucró causas no climáticas, como la inmunidad de la población y otros factores socio-ambientales que influyen en la reproducción y ecología de los vectores es otro resultado notable. La idea de utilizar el más sencillo esquema de Almon se sugirió de esta exitosa aplicación. A diferencia de la temperatura, la precipitación tiende a tener efectos inconsistentes en diferentes estudios. Las precipitaciones extremadamente altas podrían tener un efecto de lavado a corto plazo, reduciendo así la supervivencia del mosquito y el riesgo de transmisión, lo que es otro resultado interesante.

3. Metodología

La especificación del modelo Poisson se estimó, pero los resultados no fueron cuantitativamente atractivos. Los resultados no se distinguieron de la aproximación (a la Wooldridge, 2014) de los cuadrados mínimos ordinarios, pese a que los supuestos estadísticos que los subyacen son diferentes (se compara resultados empíricos). Las más de veinte variables respondieron algebraicamente bien, pero la significancia estadística dejó mucho que desear. Hay algunas variables respecto a las cuales puede discutirse si la interpretación es adecuada o no y ahí se detecta la falencia de marco teórico formal del que está ausente toda la literatura sobre dengue. Es un análisis epidemiológico y, por ende, una teoría económica que corresponda y explique es un objetivo elusivo. Se intentó pre-filtrar el proceso con la técnica de componentes principales y los resultados (como es frecuente con ese proceso) no resultaron claros. Se contó con la contribución del proyecto de la profesora Ulate, que no estaba previsto originalmente y que enriqueció el proceso analítico y la dimensión municipal del estudio. Además, dos cantones del poniente no se sintieron bien con la especificación propuesta. Curiosamente, la incidencia es elástica al Índice de Desarrollo Humano y al de la pobreza humana, pero el signo del primero es cuestionable, como lo es la construcción de esa variable. El ajuste es muy alto. Los residuos no son exactamente normales, pero no muestran asimetría o curtosis.

La experiencia empírica se enriqueció con otros tratamientos. Se estimó un panel no simétrico (405 observaciones) con resultados agrídulces. Su tamaño no permitió resultados estadísticos robustos. Las variables mostraron los signos algebraicos esperados pero las pruebas de hipótesis arrojaron lamentables estadísticos. Al marco de variables demo sociológicas le hizo bien incorporarles dos de estado físico (calor y altura) que son significativas arriba del 99%. Ajuste y pruebas de hipótesis ganaron.

Otra variante exitosa fue experimentar con polinomios de distribución de rezagos. Tanto lluvia como temperatura se ajustaron bien a formas cuadráticas de segundo grado. También se utilizó un esquema sencillo de ARMA que permitió visualizar funciones de impulso respuesta, lo que resultó llamativo.

Se hizo un análisis de estacionalidad que enriqueció el estudio y aportó explicaciones causales. También se utilizó el concepto de precedencia (pseudocausalidad) de Granger con muy buen suceso. Se pudo distinguir efectos de corto y de mediano plazo mediante el ajuste del tamaño del rezago de las variables involucradas.

La contribución más interesante, y que no estaba prevista en la propuesta metodológica (pero que fue una respuesta a la ventana de oportunidad que la ampliación permitió) fue la utilización de mapas cantonales para examinar los patrones de la incidencia (lejos de las variables explicativas explícitas). Se partió de quintiles presentes en 2012 y se ordenó la incidencia en cinco categorías de severidad. El resultado más llamativo es el de 2013 cuando todos los cantones de los litorales (menos dos) se oscurecieron de manera

rotunda mostrando la severidad del dengue ese año (¿será que esa imagen vale más que cien palabras?). Igualmente, en ese año y en todos los demás, Alvarado y Jiménez no registraron incidencia alguna lo que es elocuente contribución de la geografía. Luego se hizo una comparación de los cantones/años respecto a 2013 y se examinó la existencia del ciclo de los tres años. También se verificó que conforme el Índice de Competitividad Cantonal aumentaba, la tasa de incidencia del dengue decrecía, lo cual es un resultado interesante.

4. Resultados

4.1. Aproximaciones econométricas

La ecuación propuesta fue una Poisson de conteo (Tabla 1). Se estimó mediante un método de máxima verosimilitud con ascenso funcional cuadrático. Tomó siete iteraciones para convergir. Se excluyó la observación correspondiente a Atenas y la de Montes de Oro, cantones que no se comportaron ni cercanamente de acuerdo a la ecuación que se propuso como hipótesis. Se incorporó tres variables demográficas: densidad poblacional, dependencia demográfica y masculinidad. También se especificó dos índices sociodemográficos, el de pobreza humana y el de desarrollo humano. Por último, se incorporó la altitud. Todas las variables son altamente significativas de acuerdo al estadístico z. El coeficiente de determinación múltiple corresponde al 77% de la varianza de la variable dependiente. No es un mal resultado. No se determinó el uso de la razón inversa de Mills y de la segunda etapa de estimación.

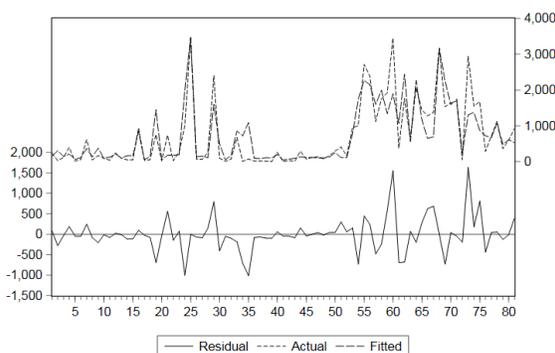
Tabla 1 Ecuación Poisson de conteo

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2.531726	0.213098	11.88059	0.0000
DENSIDAD_POB	0.001519	2.14E-05	70.85295	0.0000
DEPEN_DEMOG	-0.099001	0.003221	-30.73608	0.0000
IDH	4.274822	0.099762	42.85029	0.0000
IPH	0.164684	0.001620	101.6645	0.0000
MASCU	1.953421	0.131007	14.91084	0.0000
ALTITUD	-0.004553	5.86E-05	-77.63830	0.0000
ATENAS	2.338978	0.021937	106.6236	0.0000
MORO	1.439937	0.019787	72.77337	0.0000
R-squared	0.771172	Mean dependent var	714.3086	
Adjusted R-squared	0.745747	S.D. dependent var	899.0794	
S.E. of regression	453.3475	Akaike info criterion	210.5626	
Sum squared resid	14797727	Schwarz criterion	210.8286	
Log likelihood	-8518.785	Hannan-Quinn criter.	210.6693	
Restr. log likelihood	-40511.44	LR statistic	63985.32	
Avg. log likelihood	-105.1702	Prob(LR statistic)	0.000000	

Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Y la gráfica de residuos (Gráfica 1), valores que la ecuación propone y los observados luce muy aceptable, congruente con los estadísticos de bondad de ajuste descritos antes. Esos resultados son más claros en la Tabla 1 Ecuación Poisson de conteo que permite precisar como la ecuación de Poisson arroja resultados fidedignos para la mayor parte de los cantones al igual que la enorme subestimación en Parrita, Abangares y Garabito, junto con la sobreestimación para Guatuso. La ecuación, como se observa, subestima en pocos casos con valores altos, mientras que sobrestima en muchos más casos, pero con resultados menores. Es una característica que no comparte con mínimos cuadrados. Sería muy bueno poder aportar una mejor interpretación de los residuos, pero no es suficiente sugerir a qué vertiente corresponden.

Gráfica 1 Residuos Ecuación Poisson de conteo



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Tabla 2 Dispersión Ecuación Poisson

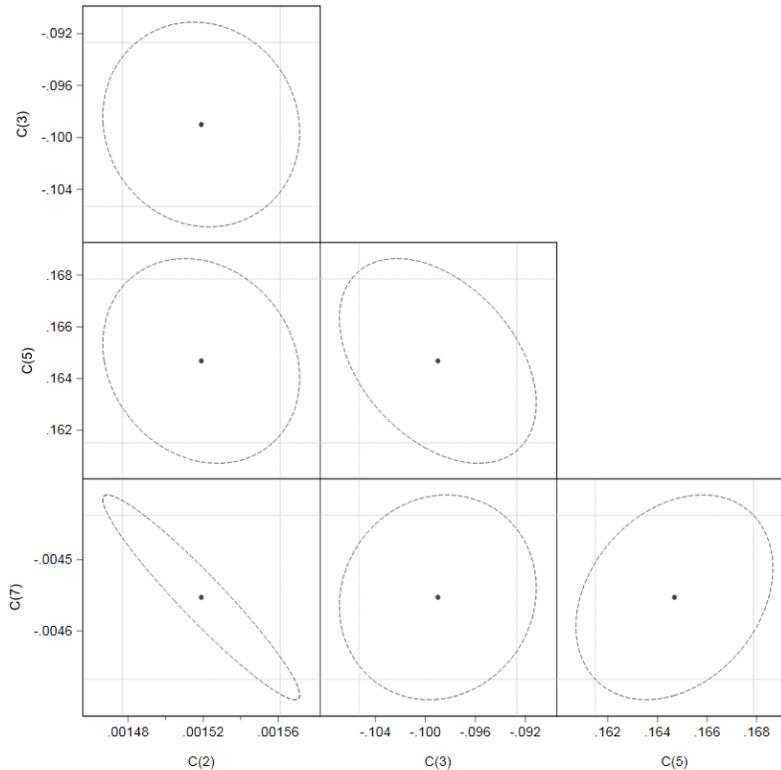
obs	Actual	Fitted	Residual	Residual Plot
1	239.000	155.487	83.5129	
2	28.0000	308.488	-278.488	
3	115.000	144.390	-29.3908	
4	394.000	204.452	189.548	
5	16.0000	62.9408	-46.9408	
6	62.0000	110.228	-48.2281	
7	610.000	366.088	244.914	
8	48.0000	131.878	-83.8777	
9	173.000	376.413	-203.413	
10	88.0000	100.741	-12.7408	
11	45.0000	124.233	-79.2330	
12	242.000	215.784	26.2164	
13	93.0000	100.908	-7.90839	
14	52.0000	165.167	-113.167	
15	52.0000	160.947	-108.947	
16	945.000	846.319	98.6811	
17	36.0000	60.8889	-24.8889	
18	56.0000	134.083	-78.0833	
19	757.000	1450.94	-693.939	
20	21.0000	50.7156	-29.7156	
21	742.000	181.535	560.465	
22	24.0000	173.074	-149.074	
23	270.000	194.599	75.4015	
24	994.000	1996.32	-1002.32	
25	3485.00	3485.00	-5.9E-10	
26	73.0000	142.253	-69.2528	
27	66.0000	150.044	-84.0441	
28	262.000	108.313	153.687	
29	2397.00	1603.83	793.175	
30	96.0000	498.715	-402.715	
31	7.00000	55.2980	-48.2980	
32	71.0000	171.208	-100.208	
33	670.000	863.443	-183.443	
34	9.00000	719.242	-710.242	
35	75.0000	1090.36	-1015.36	
36	12.0000	90.6898	-78.6898	
37	18.0000	83.6888	-65.6888	
38	9.00000	105.534	-96.5337	
39	0.00000	99.8893	-99.8893	
40	257.000	198.309	58.6910	
41	0.00000	46.3910	-46.3910	
42	28.0000	73.8345	-45.8345	
43	7.00000	90.2549	-83.2549	
44	291.000	137.768	153.232	
45	69.0000	110.071	-41.0714	
46	118.000	117.612	0.38778	
47	136.000	94.6906	41.3094	
48	78.0000	99.1000	-21.1000	
49	173.000	127.100	45.9000	
50	295.000	250.788	44.2120	
51	411.000	109.987	301.013	
52	173.000	111.814	61.1855	
53	944.000	789.453	154.547	
54	1004.00	1737.26	-733.268	
55	2712.00	2264.65	447.353	
56	2391.00	2150.46	240.544	
57	1119.00	1599.80	-480.804	
58	1749.00	1995.53	-246.533	
59	1930.00	1339.27	590.730	
60	3447.00	1892.93	1554.07	
61	378.000	1068.62	-690.623	
62	1762.00	2442.09	-680.088	
63	630.000	560.674	69.3259	
64	2087.00	2263.70	-196.697	
65	1445.00	1154.89	290.107	
66	1279.00	651.064	627.936	
67	1379.00	693.828	685.172	
68	3162.00	3162.00	1.9E-09	

Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Hay tres relaciones entre los parámetros estimados, los de que corresponden a elipses, altitud con índice de pobreza humana, índice de pobreza humana con dependencia demográfica y especialmente altitud con índice de pobreza humana, como puede verse en la Gráfica 2 . La información da noticia de los diferentes fenómenos que esas variables

explicativas contemplan (lo físico con lo sociodemográfico). La dependencia demográfica es más simétrica respecto a la altitud (curiosamente), a la densidad demográfica y al índice de pobreza humana.

Gráfica 2 Relación entre parámetros estimados



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Los resultados de las estimaciones y sus parámetros sostienen el criterio de que la estimación es adecuada y los conceptos involucrados en las variables explicativas y sus mediciones son razonables. No se puede recurrir a un marco teórico porque en temas epidemiológicos o clínicos, el paradigma económico no lo ha desarrollado con éxito (o aún sin él). Hay una rica vertiente de estimaciones que recurren a otras aproximaciones y que ofrecen visiones complementarias e interesantes. Estimaciones de panel, estudios de causalidad a la Granger, exploración del espectro geográfico y mapas cantonales históricos son parte de esas visiones.

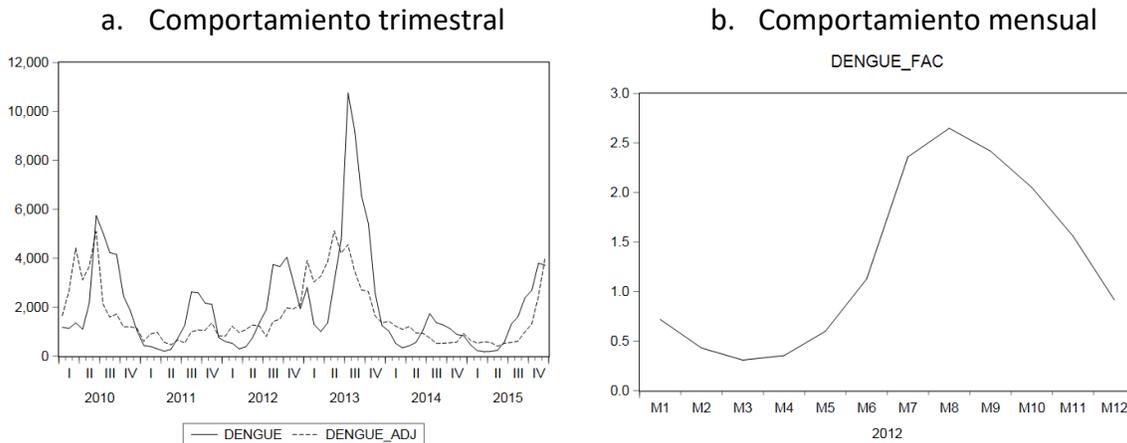
4.2. Estacionalidad

Las variables incidencia, lluvia y temperatura, entre otras, muestran claros comportamientos estacionales. Los patrones son conocidos y hasta los mosquitos (que no saben leer) se comportan de acuerdo con ellos. Excepto por el tercer trimestre de 2013,

el dengue sobrelleva su patrón temporal de manera próxima a como lo hace su réplica ajustada por estacionalidad trimestral.

El ajuste estacional muestra una leve caída hasta marzo, dos meses de aumento suave, seguido de una aceleración que se suaviza en julio y alcanza su máximo en agosto. A partir de entonces desciende hasta febrero. Los patrones se muestran tanto en datos mensuales como trimestrales, naturalmente, como puede ver en los paneles a y b de la Gráfica 3.

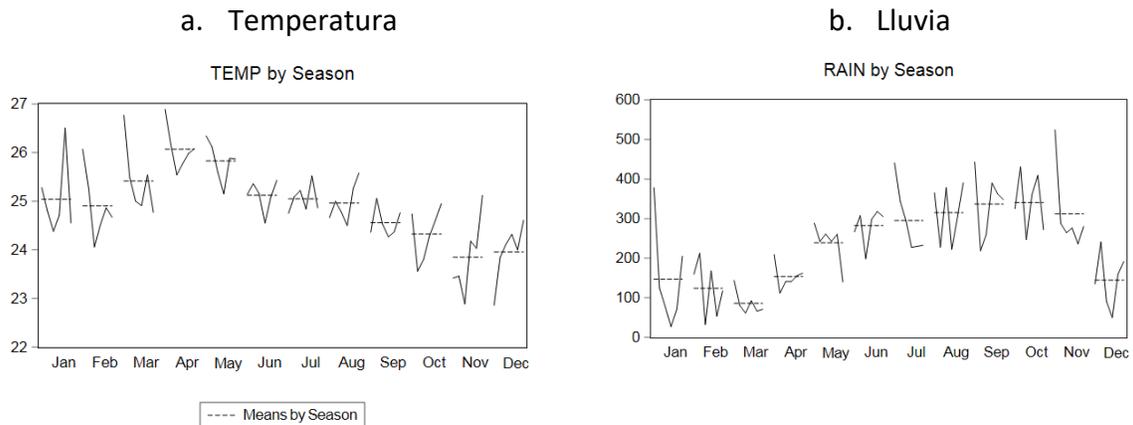
Gráfica 3 Estacionalidad de la Incidencia del Dengue



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

La temperatura está correlacionada con su patrón desestacionalizado de manera cercana, pero las discrepancias aparecen en toda la muestra y a veces son pronunciadas. Este resultado es contra intuitivo, pero podría coincidir con la afirmación “este año está haciendo más calor (o frío)”, que a menudo se escucha.

Gráfica 4 Correlación de la temperatura y la lluvia con la estacionalidad



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

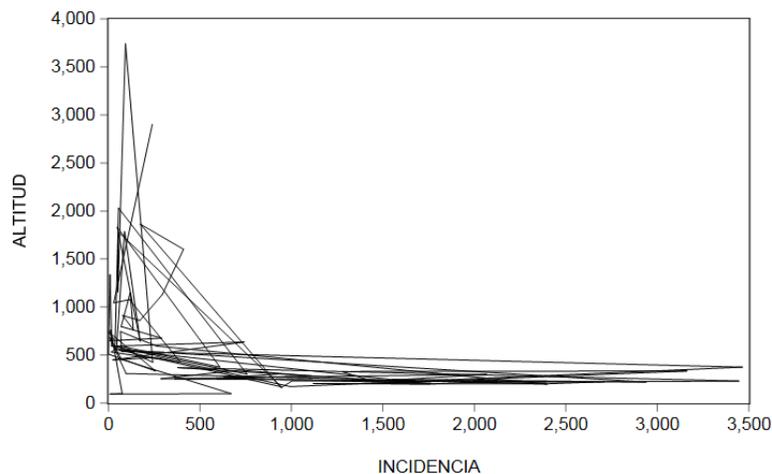
El diagrama mensual muestra valores máximos en abril desde un inicio cálido, y aunque desciende, poco en mayo, algo más junio y julio, para caer el resto del año, por su parte, se separa más de su variable trimestral ajustada por estacionalidad que lo que hace temperatura. En 2010, 2013 y 2014, la variable ajustada se queda muy por debajo (panel a. Gráfica 4).

Como puede verse en la Gráfica 4 panel b llueve en enero, febrero y marzo, aunque menos en ese último mes. La explicación es que los valores son nacionales y la vertiente del Caribe muestra un patrón diferente al resto del territorio. En abril y mayo la precipitación se incrementa para alcanzar una meseta en junio, julio y agosto. Por cierto, el “veranillo” no lo muestran los datos promedio. En septiembre la lluvia vuelve a incrementarse para alcanzar un máximo en octubre. Noviembre muestra un leve descenso para caer significativamente en diciembre.

Aunque las ecuaciones de esa especificación se discuten en otra sección, la gráfica adjunta muestra un excelente ajuste con sólo variables climatológicas y la exclusión un par de meses de 2013. De alguna forma es esa llave de oro, difícil de superar con otras especificaciones o entornos observacionales.

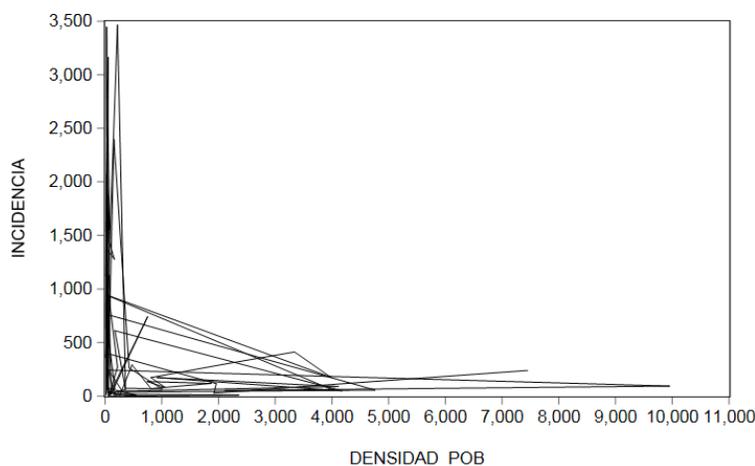
Dos variables se correlacionan negativamente con la incidencia y los gráficos se asemejan a la curva de Phillips de la macroeconomía, pero con una dispersión baja. La primera es altitud y es un poco el efecto Nepal junto con los patrones diferenciales entre costa pacífica y caribeña (dispersión en el segmento inferior, ver Gráfica 5). La densidad poblacional ilustra un patrón semejante. En ese caso, lo que está presente es como el “*shift-share*” que desarrollan los economistas regionales y detrás de él están los efectos de atracción de poblaciones de las áreas que más crecen. Ese progreso genera mejores condiciones de vida (circularidad) y como resultante, el cuidado de la salud se incrementa.

Gráfica 5 Correlación entre Incidencia del Dengue y altitud



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Gráfica 6 Correlación entre Incidencia del Dengue y densidad poblacional



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Con 405 observaciones, el cuasi panel formado por 81 cantones y 5 períodos es otra forma de mirar el dengue en Costa Rica. Se estimó dos ecuaciones semejantes con una especificación que incorpora como variables del lado derecho de la ecuación a la dependencia demográfica, la densidad poblacional, la masculinidad y los índices ambiental, de desarrollo humano y de gobierno municipal. Naturalmente, se repiten algunas de las explicaciones de la especificación Poisson previa. La escasa mutabilidad de esas variables y lo considerable de la incidencia del dengue en los años 2012 a 2016 sugiere lo que los estadísticos arrojarán: escasísima capacidad explicativa y muy limitada significancia estadística. Hay una presunción de ciclo trianual que no fue posible capturar empíricamente.

Los modelos de panel de datos tienen como ventajas sobre los de corte transversal o los de series históricas, la posibilidad de rescatar heterogeneidades que no es observable con otro tipo de manejo de datos. Puede mostrar, eso sí, problemas de autoselección y dificultades por la corta dimensión temporal. No es muy evidente lo que se ganó, ya fuera porque las variables no presentan excesiva variabilidad temporal, pero si transversal ni por qué las variables no presentan excesiva variabilidad entre los individuos, aunque si la haya temporal.

La ecuación sobreestima notablemente los cantones de: Coronado, La Cruz, Flores, Curridabat, Aserrí, San Mateo y Los Chiles. Quepos, Nicoya, Orotina, Parrita, Mora y Bagaces son, en el otro extremo, subestimados con abundancia. Son esos los dos extremos y no es claro qué pueda concluirse. También son subestimados, pero en un rango intermedio, San Pablo, Cañas, Santa Cruz, Golfito, Hojanca, Puntarenas y Goicoechea. León Cortés, Desamparados, Siquirres, Zarcero, San Carlos, Coto Brus,

Alvarado y Santa Ana corresponden a un rango medio de sobreestimación. Por último, los residuos no son grandes para Esparza, Corredores, Tilarán, San Isidro, Alajuelita, Tarrazú, San Rafael, El Guarco, Escazú, Matina, Talamanca, Paraíso, Acosta, Jiménez, San Ramón, Guatuso, Cartago, Santo Domingo, Osa, Belén, Oreamuno, Barba, La Unión, Turrialba, Upala, Naranjo, Dota, Santa Bárbara, Sarapiquí, Palmares, Grecia, Moravia, Valverde Vega, Limón, Puriscal, Poás, Garabito, Pococí, Carrillo, San José, Tibás, Pérez Zeledón, Liberia, Turrubares, Montes de Oca, Montes de Oro, Nandayure, Alajuela, Buenos Aires, Abangares, Atenas, Guácimo y Heredia

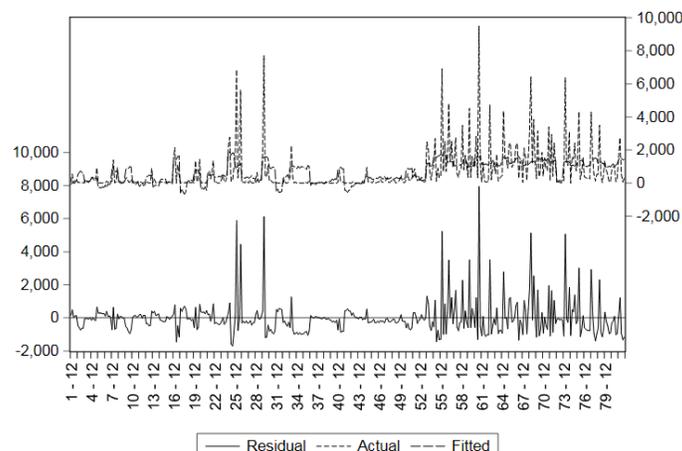
Esa lista es interesante porque explícita qué cantones están muy lejos del paradigma planteado por el marco conceptual que fue factible organizar de manera que se pudiera hacer una estimación de panel (es decir, sujeto a la disponibilidad de datos). Ese procedimiento es empiricista y poco exitoso al examinar los resultados, tanto de predicción como de significancia de las hipótesis. Antes de hacer las pruebas se podía conjeturar que se iba a alcanzar un mejor resultado en términos de ajuste, parámetros o versatilidad. La riqueza de un panel es prometedora y los datos podrían hacer ajustes dentro de la muestra, tanto de corte transversal como en sentido longitudinal. Tal cosa no aconteció. Todo eso dicho, para 42 cantones los residuos no fueron elevados. No es tan mal resultado, sólo que las técnicas más modestas se aproximan mejor.

Una variante interesante es incorporar dos variables adicionales, ambas con orientación geográfica. La primera es una dicotómica que reconoce si la cabecera del cantón está por encima de los 100 sobre el nivel del mar y se denomina calor. La segunda, altura, es los metros que separan a cabecera del cantón del nivel del mar. Ambas son significativas arriba del .99%, pero incorporarlas elimina la significancia de todas las restantes variables, excepto el índice de desarrollo humano.

ALTURA	-1.341105	0.177157	-7.570159
CALOR	-573.8784	218.3340	-2.628443

Donde se listan esas variables, sus errores medios y sus valores t calculados.

Gráfica 7 Residuos



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

La Gráfica 7 adjunta muestra residuos más reveladores para Atenas, Orotina, Liberia, Carrillo, Abangares, Puntarenas, Osa, Parrita, Corredores y Pococí. Eso ocurre en uno o varios periodos. La mayor parte están en la región Chorotega y los restantes con una excepción en la cuenca del Pacífico. Es congruente con la intensidad de los casos de dengue. La ecuación, que es la línea verde, muestra poca variabilidad y por ende no capta los puntos extremos observados (línea roja).

Una mirada alternativa del proceso es hacerlo a partir de la información climática y los esquemas de series de tiempo. Fuller et al. (2009) hicieron un estudio notable al contar con un excelente esquema cuantitativo y fotos satelitales. Está en línea con el de Colon González et al. (2013) aplicado a México, Johansson et al. (2009), Hii et al. (2011) y mucho más con el de Chuang et al. (2017). La virtud de este enfoque es no requerir las técnicas satelitales de los otros estudios ni involucrar explícitamente los efectos de la corriente del Niño (ENSO). Un argumento atractivo es que para aplicaciones a políticas públicas, la menor cantidad de recursos extraordinarios y la claridad del paradigma lo hacen más aplicable.

Granger (1969) propuso una idea que es útil y que vino a suprimir una interpretación errónea presente algunas veces en el análisis de las regresiones. Correlación no informa de causalidad. El enfoque de Granger confronta la precedencia temporal de dos variables y de manera intuitiva propone que si los valores previos de una variable tienen la información que más adelante configuran la otra variable, puede afirmarse que la primera precede a la otra. Antes de ir a una evaluación multivariante con incidencia, parece pertinente hacer la prueba grangeriana.

La prueba más sencilla de las siete posibles consiste en examinar si el concepto se aplica a la variable geográfica por antonomasia, la altura. Se dice que habrá (no habrá) incidencia de dengue más arriba de una determinada elevación. Lo trivial es que en Nepal no hay

registros de dengue, pese a estar rodeado de países asiáticos con elevada incidencia. La prueba es clara y exhibe un valor F muy, muy elevado.

ALTURA does not Granger Cause DENGUE	403	35.8247	5.E-15
DENGUE does not Granger Cause ALTURA		0.05553	0.9460

También, pero menos importante, aunque reafirma el criterio y es que el dengue naturalmente no precede a la altura.

El siguiente ejercicio se relaciona con las variables de poblaciones. La primera prueba es con la densidad demográfica del cantón y en el corto plazo, supera la prueba, pero al 5 % de significancia. En el largo plazo (un año) no es significativa, como tampoco lo es en sentido inverso, en el corto o en el largo plazo

DENSIDAD does not Granger Cause DENGUE	403	3.24648	0.0399
DENGUE does not Granger Cause DENSIDAD		0.79731	0.4513

DENSIDAD does not Granger Cause DENGUE	393	0.64525	0.8031
DENGUE does not Granger Cause DENSIDAD		0.35271	0.9782

La segunda prueba se refiere a la dependencia demográfica de la población. La variable es una razón entre la población infantil y la avejentada respecto al rango intermedio (la que los sostiene patrimonialmente). En este caso, se valida un bucle simultáneo, tanto en el corto como en el largo plazo. En el primero lo es con 5 % de significancia y en el largo alcanza el 1%. El concepto involucrado en este caso es familiar en la literatura epidemiológica. Los dependientes son los más vulnerables y los procedimientos de inmunización por influenza y cuadros relacionados dan testimonio de ello. La cuasi universal presencia de los EBAIS en el territorio refuerza esta circunstancia.

DEPEND does not Granger Cause DENGUE	403	4.32121	0.0139
DENGUE does not Granger Cause DEPEND		3.86975	0.0217

DEPEND does not Granger Cause DENGUE	393	2.77536	0.0012
DENGUE does not Granger Cause DEPEND		4.93079	1.E-07

La razón de masculinidad en la población del cantón es de nuevo una regularidad epidemiológica. Aunque la incidencia diferencial no es muy pronunciada, lo es y las pruebas lo atestiguan en el corto plazo con un nivel de significancia del 1%. En el largo plazo la prueba arroja lo que se podría ver como un resultado perverso (contrario a lo esperado), pero el que haya cuatro serotipos y que no exista inmunización disponible de manera amplia, más la secular tarea de atención de los enfermos pueden estar detrás de ese patrón.

MASC does not Granger Cause DENGUE	403	9.20271	0.0001
DENGUE does not Granger Cause MASC		0.65673	0.5191

MASC does not Granger Cause DENGUE	393	1.45574	0.1388
DENGUE does not Granger Cause MASC		2.70528	0.0016

El índice ambiental manifiesta causalidad a la Granger en el corto plazo con una significancia del 1%. Las campañas del Ministerio de Salud y del resto del sector sanitario están orientadas en ese sentido. En el largo plazo el efecto no se valida y eso parece tener una lógica operativa. Higiene y limpieza hace un año no tiene consecuencias en el presente. Es el pasado reciente lo que cuenta. El segundo par de pruebas lo valida.

IAMB_1 does not Granger Cause DENGUE	403	4.49455	0.0117
DENGUE does not Granger Cause IAMB_1		1.61289	0.2006

IAMB_1 does not Granger Cause DENGUE	393	1.00562	0.4429
DENGUE does not Granger Cause IAMB_1		0.49191	0.9193

Lo híbrido del índice de desarrollo humano sugiere respuesta contradictoria, y así es. En el corto plazo no hay evidencia de causalidad y en el largo plazo la hay inversa. Nada más conviene decirse.

IDH_2 does not Granger Cause DENGUE	403	0.53164	0.5881
DENGUE does not Granger Cause IDH_2		0.48440	0.6164

IDH_2 does not Granger Cause DENGUE	393	1.38143	0.1722
DENGUE does not Granger Cause IDH_2		3.10548	0.0003

El índice de gestión municipal tampoco arroja un resultado feliz. En el corto plazo es causado, no causante y en el largo no tiene voz. Es una variable con presumible protagonismo mayor en un ambiente multivariante, que no es el caso en las pruebas sencillas de causalidad.

IGM_1 does not Granger Cause DENGUE	403	0.58506	0.5576
DENGUE does not Granger Cause IGM_1		3.73710	0.0247

IGM_1 does not Granger Cause DENGUE	393	0.26317	0.9941
DENGUE does not Granger Cause IGM_1		1.77964	0.0498

Un primer acercamiento a los enfoques (centrados en la prospección) es utilizar polinomios distribuidos de Almon (PDL) con las dos variables climáticas, precipitación y temperatura. Se había reconocido la inclinación a ese tratamiento de los valores rezagados motivado por Chuang T-W et al. (2017). Algunos de los estudios citados previamente como Colon-González, FJ et al. (2013) emplean también humedad e incluso

el exceso o déficit de lluvia (que tiene propiedades no lineales), pero los datos con que se contó no permitieron esos esmeros. No hay duda de que esa metodología es superior porque precipitación implica que agua es agua y en si es una variable lineal. En la naturaleza no se comporta así y la evidencia más sencilla está en el bosque tropical húmedo.

Se partió de un esquema de esquema de rezagos polinomiales para ambas variables y se corrigió dos meses de 2013 porque el elevado nivel de la incidencia fue atípico y no podía explicarse únicamente con las variables del clima (de alguna manera, el clima es estacionalmente simétrico, con valores atípicos). Ambos polinomios se especificaron cuadráticos y se utilizó para esa pareja doce rezados (es lo más económico en términos de pérdida de grados de libertad y de interpretación). Es la aproximación más sencilla y la estimación propuesta por Almon S. (1965) arroja resultados atractivos. Colon-González FJ (2013), como ejemplo opuesto, contó con varias décadas de datos mensuales. En la Tabla 3 se ilustra la estimación y dos de los polinomios aludidos.

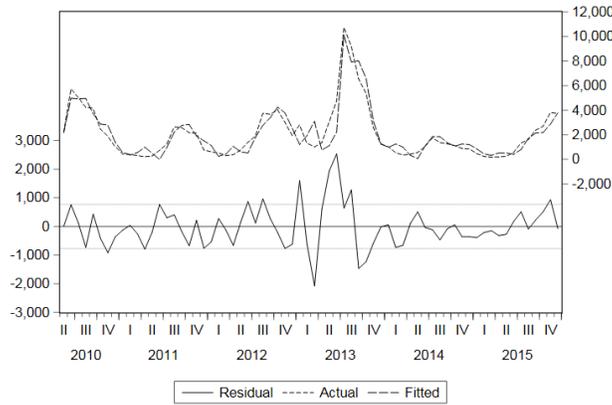
Tabla 3 Ecuación Polinomios Distribuidos de Almon

Dependent Variable: DENGUE Method: Least Squares Date: 02/25/19 Time: 10:09 Sample: 2012M01 2012M12 Included observations: 12 Convergence achieved after 30 iterations MA Backcast: 2011M11 2011M12				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-77155.71	90483.41	-0.852706	0.4565
PDL01	217.6997	389.7505	0.558562	0.6154
PDL02	-61.32417	49.45915	-1.239895	0.3032
PDL03	-1.021444	6.671622	-0.153103	0.8880
PDL04	5.756351	3.918201	1.469131	0.2381
PDL05	-0.616683	0.179757	-3.430645	0.0415
PDL06	-0.038271	0.111639	-0.342809	0.7544
AR(1)	-0.234266	0.329413	-0.711162	0.5283
MA(2)	0.999984	2.69E-06	372168.6	0.0000
R-squared	0.995185	Mean dependent var	1853.583	
Adjusted R-squared	0.982344	S.D. dependent var	1425.516	
S.E. of regression	189.4170	Akaike info criterion	13.43948	
Sum squared resid	107636.4	Schwarz criterion	13.80316	
Log likelihood	-71.63691	Hannan-Quinn criter.	13.30484	
F-statistic	77.50195	Durbin-Watson stat	3.548152	
Prob(F-statistic)	0.002174			
Inverted AR Roots	-.23			
Lag Distribution of TEMP				
i	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	
0	548.873	265.356	2.06844	
1	498.784	273.593	1.82309	
2	446.653	297.549	1.50111	
3	392.479	326.297	1.20283	
4	336.262	353.178	0.95211	
5	278.002	374.800	0.74174	
6	217.700	389.750	0.55856	
7	155.354	397.880	0.39045	
8	90.9656	400.044	0.22739	
9	24.5342	398.125	0.06162	
10	-43.9401	395.224	-0.11118	
11	-114.457	395.835	-0.28915	
12	-187.017	405.681	-0.46100	
Sum of Lags	2644.19	3912.28	0.67587	
Lag Distribution of RAIN				
i	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	
0	8.07870	2.67837	3.01627	
1	7.88299	2.72249	2.89551	
2	7.61075	3.07964	2.47131	
3	7.26196	3.48253	2.08526	
4	6.83663	3.79212	1.80285	
5	6.33476	3.94672	1.60507	
6	5.75635	3.91820	1.46913	
7	5.10140	3.69342	1.38121	
8	4.36990	3.26758	1.33735	
9	3.56187	2.64419	1.34705	
10	2.67729	1.84848	1.44837	
11	1.71617	1.04071	1.64903	
12	0.67851	1.19165	0.56938	
Sum of Lags	67.8673	33.8048	2.00762	

Fuente: Estimación utilizando EViews 9

La Gráfica 8 adjunta ilustra el buen ajuste de la sencilla ecuación a los datos disponibles. Una razón para emplear un esquema sencillo se fundamenta en la muestra tan pequeña con que se cuenta. Al final, puede argumentarse que esa característica fue una especie de camisa de fuerza impuesta por la necesidad, pero más información permite mejor conocimiento de los fenómenos y una más eficiente estimación.

Gráfica 8 Ajuste de la ecuación PDL



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Si a ese entorno se le agrega un esquema sencillo del tipo ARIMA y se obtiene un resultado muy fidedigno a los datos. La estimación que sigue es un ejemplo de lo dicho (TEMP y RAIN son temperatura y lluvia, respectivamente Tabla 4):

Tabla 4 Ecuación Polinomios Distribuidos de Almon (ARIMA) Temperatura y Lluvia

Dependent Variable: DENGUE				
Method: Least Squares				
Date: 02/25/19 Time: 10:09				
Sample: 2012M01 2012M12				
Included observations: 12				
Convergence achieved after 30 iterations				
MA Backcast: 2011M11 2011M12				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-77155.71	80463.41	-0.852706	0.4565
PDL01	217.6997	389.7505	0.558552	0.6154
PDL02	-61.32417	49.45915	-1.239895	0.3032
PDL03	-1.021444	6.671622	-0.153103	0.8880
PDL04	5.756351	3.918201	1.469131	0.2381
PDL05	-0.616683	0.179757	-3.430645	0.0415
PDL06	-0.036271	0.111639	-0.342809	0.7544
AR(1)	-0.234266	0.329413	-0.711162	0.5283
MA(2)	0.999994	2.69E-06	372166.6	0.0000
R-squared	0.995185	Mean dependent var	1853.583	
Adjusted R-squared	0.982344	S.D. dependent var	1425.516	
S.E. of regression	189.4170	Akaike info criterion	13.43948	
Sum squared resid	107636.4	Schwarz criterion	13.80316	
Log likelihood	-71.63691	Hannan-Quinn criter.	13.30484	
F-statistic	77.50195	Durbin-Watson stat	3.549152	
Prob(F-statistic)	0.002174			
Inverted AR Roots	-.23			
Lag Distribution of TEMP				
i	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	
0	548.873	265.356	2.06844	
1	458.784	273.593	1.82309	
2	446.653	297.549	1.50111	
3	392.479	326.297	1.20283	
4	336.262	353.178	0.95211	
5	278.002	374.800	0.74174	
6	217.700	389.750	0.55856	
7	155.354	397.880	0.39045	
8	90.9656	400.044	0.22739	
9	24.5342	398.125	0.06162	
10	-43.9401	395.224	-0.11118	
11	-114.457	395.835	-0.28915	
12	-187.017	405.681	-0.46100	
Sum of Lags	2644.19	3912.28	0.67567	
Lag Distribution of RAIN				
i	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	
0	8.07870	2.67837	3.01627	
1	7.88299	2.72249	2.89551	
2	7.61075	3.07964	2.47131	
3	7.26196	3.48253	2.08526	
4	6.83693	3.79212	1.80285	
5	6.33476	3.94672	1.60507	
6	5.75635	3.91820	1.46913	
7	5.10140	3.69342	1.38121	
8	4.36990	3.26758	1.33735	
9	3.56187	2.64419	1.34705	
10	2.67729	1.84848	1.44837	
11	1.71617	1.04071	1.64903	
12	0.67651	1.19165	0.56938	
Sum of Lags	67.8673	33.8048	2.00762	

Fuente: Estimación utilizando EViews 9

La PDL de temperatura autónoma arroja una parábola más elegante en otra estimación alternativa (Tabla 5):

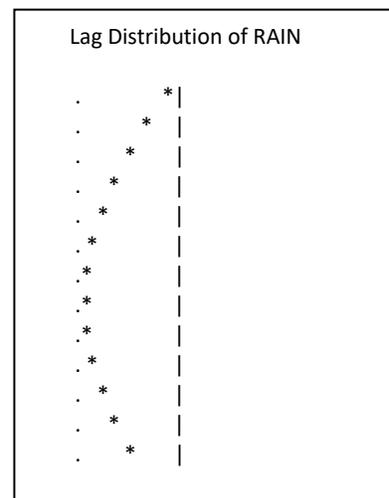
Tabla 5 Ecuación Polinomios Distribuidos de Almon (Temperatura)

Dependent Variable: DENGUE Method: Least Squares Date: 02/25/19 Time: 10:33 Sample: 2012M01 2012M12 Included observations: 12 Convergence achieved after 136 iterations MA Backcast: 2011M11 2011M12				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	18313.62	13032.59	1.405217	0.2189
TEMP(-2)	-931.2000	563.9326	-1.651261	0.1596
PDL01	0.465102	1.924644	0.241656	0.8186
PDL02	-0.249842	0.127550	-1.958782	0.1075
PDL03	0.139563	0.031780	4.394243	0.0071
AR(1)	-0.510978	0.351160	-1.455111	0.2054
MA(2)	-0.979927	0.025786	-38.00238	0.0000
R-squared	0.981185	Mean dependent var	1853.583	
Adjusted R-squared	0.958607	S.D. dependent var	1425.516	
S.E. of regression	290.0249	Akaike info criterion	14.46901	
Sum squared resid	420572.1	Schwarz criterion	14.75187	
Log likelihood	-79.81405	Hannan-Quinn criter.	14.36428	
F-statistic	43.45762	Durbin-Watson stat	2.403650	
Prob(F-statistic)	0.000372			
Inverted AR Roots	-.51			
Inverted MA Roots	.99			
Lag Distribution of RAIN				
i	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	
0	6.98843	1.83793	3.80234	
1	5.20339	1.88142	2.76567	
2	3.69748	1.92802	1.91776	
3	2.47070	1.96172	1.25946	
4	1.52304	1.97358	0.77172	
5	0.85451	1.96048	0.43587	
6	0.46510	1.92464	0.24166	
7	0.35482	1.87402	0.18934	
8	0.52367	1.82358	0.28717	
9	0.97165	1.79662	0.54082	
10	1.69875	1.82385	0.93141	
11	2.70497	1.93717	1.39635	
12	3.99033	2.15922	1.84804	
Sum of Lags	31.4468	23.5750	1.33391	

Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Una parábola más regular se obtiene con lluvia y un rezago de temperatura.

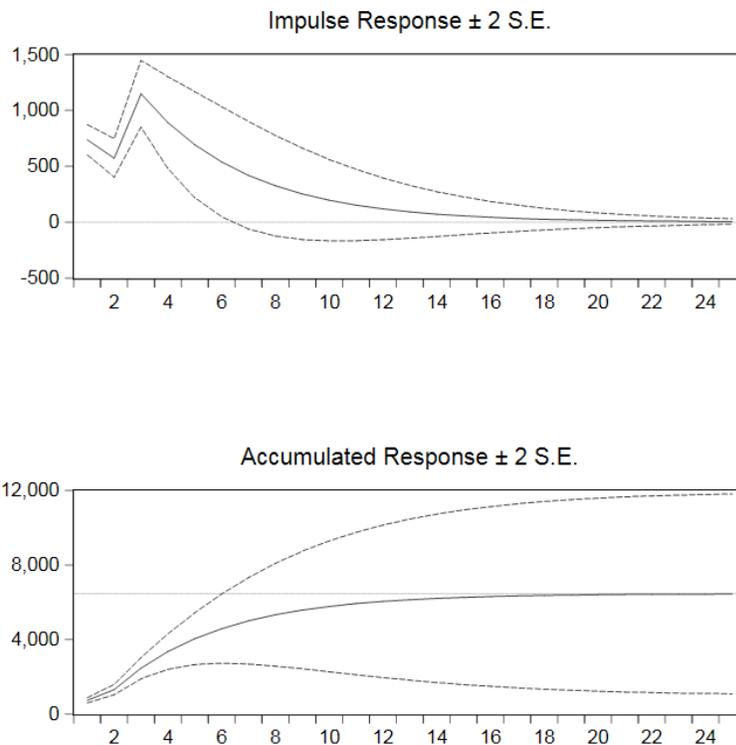
Con esa especificación, solamente para marzo el residuo es mayor al 5%. No es el caso con el coeficiente de determinación menor, pero es una enumeración muy atractiva. Una segunda corrección corresponde a la crisis de 2013 y particularmente al mes julio (aunque los colindantes también son problemáticos para un esquema que en espíritu es auto regresivo). La ecuación con el ARMA sencillo y las dos PDL del clima es la que da lugar al residuo menor. Siempre es inferior al 5% y en los tres últimos meses del año casi es cero. Como ya se había propuesto, se empleó polinomios distribuidos de segundo grado porque no se contaba con una muestra histórica abundante. De nuevo, se asume que sencillo es mejor y la interpretación de los polinomios de mayor grado no es claramente superior (la pregunta contraria, naturalmente, es qué significa un polinomio de quinto grado en este contexto). Ese coeficiente de determinación múltiple implica un grado de certeza



semejante al conseguido por los autores citados, pero con menos datos y menor acceso a fuentes privilegiadas (especialmente las imágenes satelitales). Sencillo y replicable por funcionarios públicos parece una combinación versátil.

Otra propiedad de esa especificación es que permite mostrar funciones de impulso respuesta que, de nuevo, parece aclarar el proceso por su interpretación cuasi-intuitiva. Esto se consigue con la especificación del ARMA. La imagen siguiente muestra un caso en el que, como todas las variantes, hace casi cero el efecto al cabo de un año, pero que, en el caso de la media móvil, la confiabilidad de la señal se vuelve más diluida (Gráfica 9).

Gráfica 9 Funciones de Impulso: Ecuación PDL (ARMA)



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

La naturaleza del problema estudiado (microbiológico o médico) implica que no se dispone dentro del paradigma económico de un punto inicial. Hay aplicaciones de conceptos de economía atinentes a este cuadro clínico, pero no fue posible recurrir a una teoría unificadora. Ninguno de los autores estudiados lo consigue tampoco y no luce un empeño prometedor por la naturaleza del problema en estudio.

El artículo con datos de México (Colon-González (2013)), exquisito además con la extensión de la serie de datos y por poseer apertura regional, se adelanta a hacer pronósticos hasta 2080. Interesante como lo es, implica que la mayor parte de los

funcionarios públicos y gran parte de la población involucrada ya no estará para tomar decisiones o para enfermar el cuadro clínico dentro de trece lustros.

4.3. La geografía del dengue

Se reconoce que el territorio no es homogéneo ni simétrico. Una aproximación es usar variables no humanas y ver qué informan. Otra es emplear las variables que no tienen dimensión geográfica. La tercera es una mezcla de ambas. La literatura es rica en éxitos bajo la primera aproximación. De la segunda no hay ejemplos importantes, posiblemente por tratarse de una enfermedad de los humanos, de la que es responsable un vector clínico. La tercera parecería la más rica, pero eso no es necesariamente el caso. Los datos de la profesora Ulate abrieron opciones, los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6 Ecuación por MCO efecto geográfico

Dependent Variable: DENGUE				
Method: Least Squares				
Date: 02/25/19 Time: 22:58				
Sample: 1 81				
Included observations: 36				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-7913.436	7223.753	-1.095474	0.2967
CALOR	35.85968	26.84883	1.335615	0.2087
COBEREDUCA	-455.1397	748.4028	-0.608148	0.5554
CONCENTRA	-423.7049	894.2452	-0.473813	0.6449
DEPEND	-11.22946	140.3053	-0.080036	0.9376
ECON	-1299.570	1635.339	-0.794680	0.4436
ELECT	-34.63387	2526.742	-0.013707	0.9893
ELECT_VIV	-6072.309	29236.14	-0.207699	0.8393
HAB_EBAIS	-370.1882	925.1253	-0.400149	0.6967
HEIGH	-1.178106	1.059521	-1.111923	0.2899
IDH	11207.12	4330.105	2.588186	0.0252
IPH	106.6466	50.00085	2.132895	0.0563
LABOR	-1126.597	1407.701	-0.800310	0.4405
LLUVIA	-1.175196	1.587901	-0.740094	0.4747
MASC	191.7578	4117.847	0.046567	0.9637
MORT_INFEC	-1397.639	1599.796	-0.873636	0.4010
MUNI_AMB	244.3595	728.6336	0.335367	0.7437
PAGUA_VIV	-986.8777	972.2135	-1.015083	0.3319
PAVIMEN	83.18851	931.4341	0.089312	0.9304
PEA	1873.408	1240.140	1.510643	0.1591
POB	1.037042	3.253254	0.318771	0.7559
REDVIAL	1707.290	9890.551	0.172618	0.8661
VIDA	386.2371	1113.723	0.346798	0.7353
ATENAS	2552.935	631.5449	4.042365	0.0019
PARRITA	1747.689	661.2632	2.642956	0.0229
R-squared	0.924610	Mean dependent var	895.6944	
Adjusted R-squared	0.760123	S.D. dependent var	913.3918	
S.E. of regression	447.3542	Akaike info criterion	15.24784	
Sum squared resid	2201384.	Schwarz criterion	16.34751	
Log likelihood	-249.4612	Hannan-Quinn criter.	15.63166	
F-statistic	5.621167	Durbin-Watson stat	3.272898	
Prob(F-statistic)	0.002429			

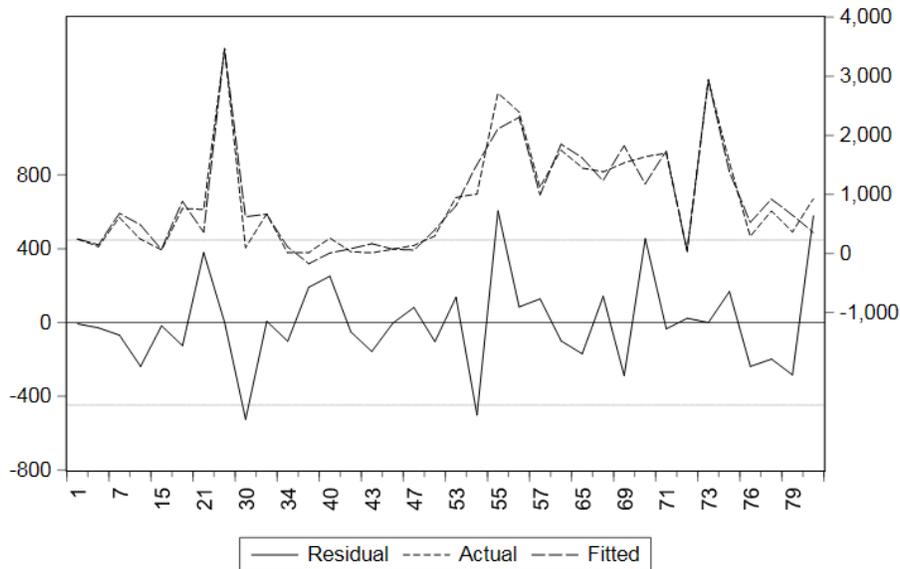
Fuente: Estimación utilizando EViews 9

La primera característica *sine-qua-non* es el contar con los ochenta y un cantones. Una desagregación mayor sería más rica, pero en la base de datos no hay información con esas

propiedades. Más adelante se argumentará que algunas características de los resultados se explican por lo pequeño de la muestra.

La Gráfica 10 de dispersión de la muestra ilustra un ajuste muy atractivo

Gráfica 10 MCO: Ajuste del modelo



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Según la ecuación de mejor ajuste, aumento del calor, de la pobreza, de la razón de masculinidad, de la pavimentación, de las poblaciones, tanto activa laboral mente como en general, de la red vial y de la calidad de vida darán lugar a mayor incidencia. La explicación de que mayor actividad humana (urbanización es otra manera de verla) valida la hipótesis de los orígenes sociales de la posibilidad de enfermedad. Cierto que calor no corresponde a esa explicación. Igualmente, el IDH aparece con el signo contrario al esperado, pero también es cierto que, en su origen de cálculo, esa variable es resultado de una triada y al estimarse a nivel cantonal, debió hacerse sacrificios de medición. También la estimación muestra una elasticidad muy, muy elevada, al tiempo que el rango de valores posibles con un 90% de certeza es alto (la mitad de la estimación puntual).

Los incrementos en cobertura educativa, en concentración de las actividades económica, el pilar económico, el crecimiento de la electrificación, el pilar laboral, la cobertura eléctrica de las viviendas, el acceso de éstas al agua potable y la mortalidad por infecciosas disminuyen la incidencia de manera inelástica. Esos resultados son esperables, aunque no superen los parámetros de prueba de hipótesis de manera robusta. La dependencia demográfica también hace disminuir la incidencia y no se puede explicar ese resultado de manera clara y categórica. La elevación de la cabecera del cantón (altitud) y la precipitación pluvial también disminuyen el valor esperado de la incidencia, siendo el

primer signo algebraico esperable y el segundo indeterminado en el paradigma, en ausencia de una medición de concentración y nivel de humedad. Con más de una veintena de fuentes de explicación, el grado de aciertos es elevado y la dificultad de las pruebas de hipótesis puede explicarse en términos de la muestra: comparativamente muchas variables, algunas de las cuales están muy correlacionadas y hay relativamente pocas observaciones. Este es un caso donde una muestra distrital sería útil, si se llegara eventualmente a construir.

Tabla 7 Ecuación por MCO efecto geográfico

Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	Elasticity at Means
C	-7913.436	NA	-8.834973
COBEREDUCA	-455.1397	-0.114487	-0.239335
CONCENTRA	-423.7049	-0.115117	-0.212188
DEPEND	-11.22946	-0.030876	-0.395965
ECON	-1299.570	-0.224197	-0.469973
ELECT	-34.63387	-0.002478	-0.033410
ELECT_VIV	-6072.309	-1.015338	-0.406202
HAB_EBAIS	-370.1882	-0.065512	-0.124954
HEIGH	-1.178106	-0.694298	-0.658672
LABOR	-1126.597	-0.271839	-0.572959
LLUVIA	-1.175196	-0.130090	-0.266532
MORT_INFEC	-1397.639	-0.131628	-0.158944
PAGUA_VIV	-986.8777	-0.253213	-0.861303
CALOR	35.85968	0.195393	0.950179
IDH	11207.12	0.767735	9.401535
IPH	106.6466	0.573215	2.160283
MASC	191.7578	0.008956	0.222711
MUNI_AMB	244.3595	0.071371	0.065286
PAVIMEN	83.18851	0.029637	0.025435
PEA	1873.408	0.464896	0.439578
POB	1.037042	1.614310	0.655062
REDVIAL	1707.290	0.039036	0.070208
VIDA	386.2371	0.063672	0.111757
ATENAS	2552.935	0.465834	0.079173
PARRITA	1747.689	0.318901	0.054200

Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Una manera de ver la limitada robustez de la prueba de hipótesis de significancia de las variables del lado derecho de la ecuación es mirar los rangos que corresponden al 90% de significancia (Tabla 8). Sería más sugerente en un gráfico con esa misma información, pero más de veinte de ellos oscurecería la interpretación del resultado.

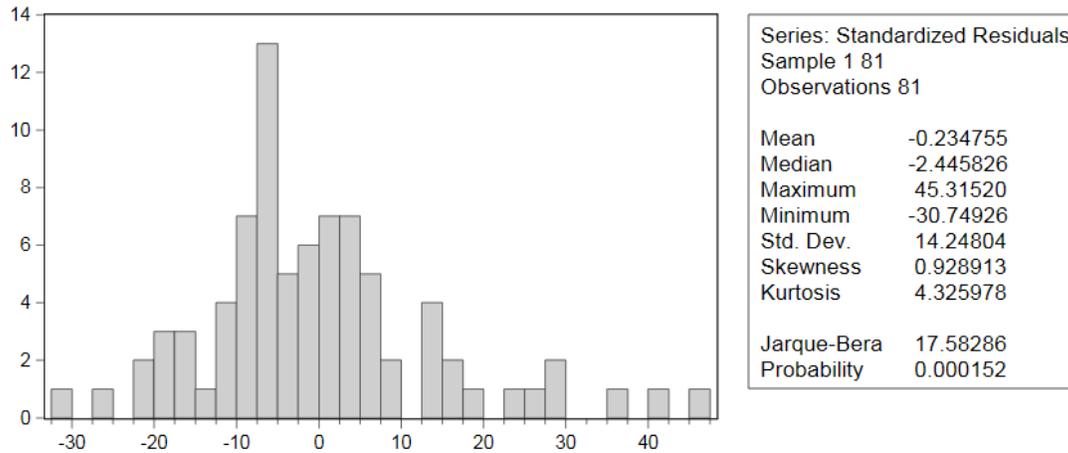
Tabla 8 Ecuación por MCO efecto geográfico rangos al 90% significancia

Coefficient Confidence Intervals			
Date: 02/25/19 Time: 23:03			
Sample: 1 81			
Included observations: 36			
Variable	Coefficient	90% CI	
		Low	High
C	-7913.436	-20886.46	5059.592
CALOR	35.85968	-12.35772	84.07709
COBEREDUCA	-455.1397	-1799.185	888.9056
CONCENTRA	-423.7049	-2029.666	1182.257
DEPEND	-11.22946	-263.2017	240.7427
ECON	-1299.570	-4236.450	1637.310
ELECT	-34.63387	-4572.372	4503.104
ELECT_VIV	-6072.309	-58577.04	46432.43
HAB_EBAIS	-370.1882	-2031.607	1291.230
HEIGH	-1.178106	-3.080883	0.724671
IDH	11207.12	3430.747	18983.49
IPH	106.6466	16.85079	196.4423
LABOR	-1126.597	-3654.666	1401.472
LLUVIA	-1.175196	-4.026884	1.676492
MASC	191.7578	-7203.422	7586.937
MORT_INFEC	-1397.639	-4270.687	1475.410
MUNI_AMB	244.3595	-1064.182	1552.901
PAGUA_VIV	-986.8777	-2732.861	759.1058
PAVIMEN	83.18851	-1589.560	1755.937
PEA	1873.408	-353.7402	4100.557
POB	1.037042	-4.805426	6.879511
REDVIAL	1707.290	-16055.00	19469.58
VIDA	386.2371	-1613.881	2386.355
ATENAS	2552.935	1418.753	3687.117
PARRITA	1747.689	560.1367	2935.242

Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Los residuos no corresponden a una distribución normal, pero no están muy alejados de ella, como lo muestra Gráfica 11 adjunto. La dispersión de la rama derecha es mayor, pero el rango es relativamente simétrico y se observa una concentración en los valores medios. En consecuencia, asimetría y curtosis no son un problema.

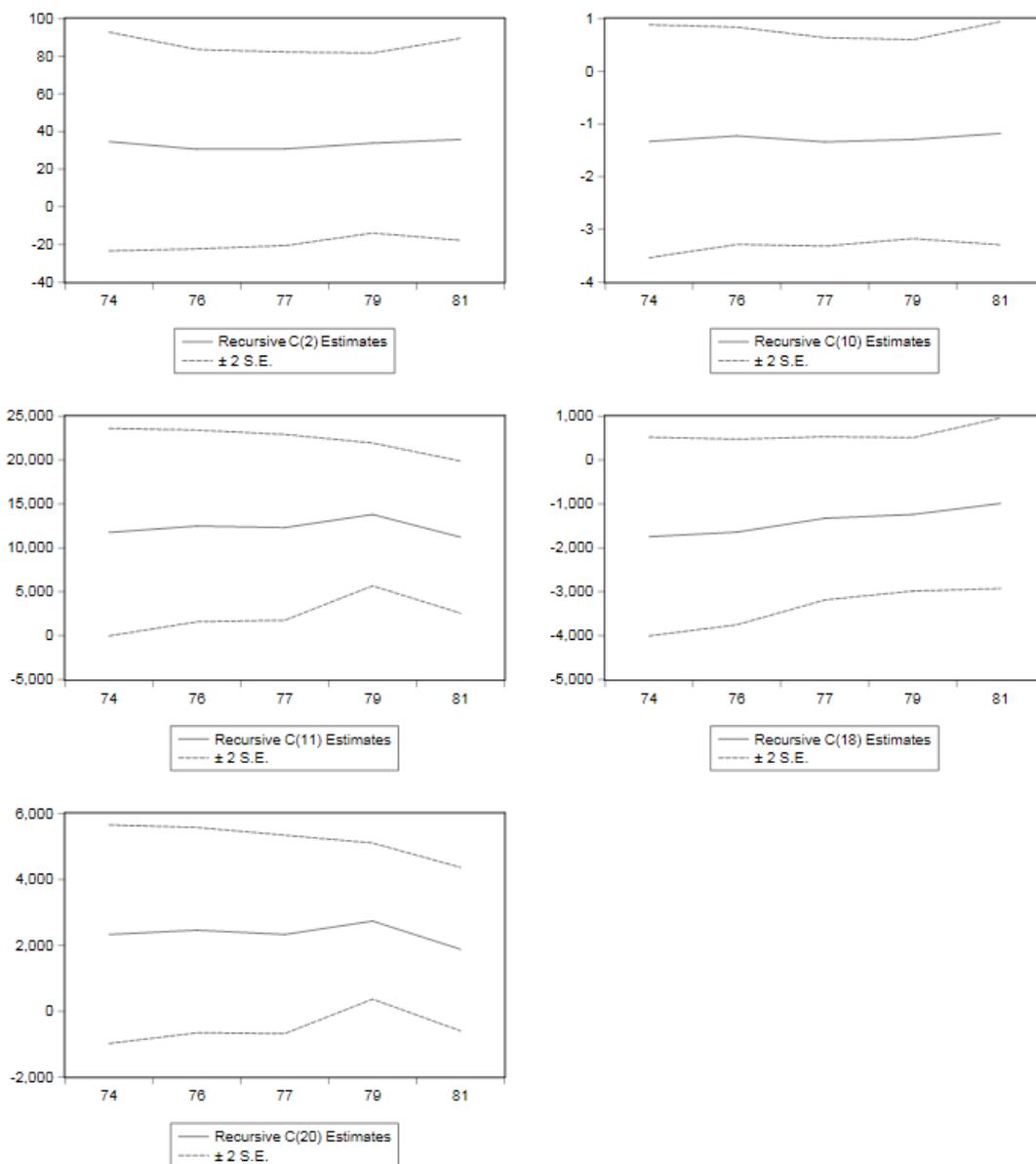
Gráfica 11 MCO efecto geográfico distribución de los residuos



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

El análisis de los coeficientes recursivos de la ecuación para los 81 cantones también es interesante (Gráfica 12). Temperatura, altitud de la cabecera del cantón e índice de desarrollo humano muestran un valor casi idéntico. Incluso los niveles de confianza no difieren en casi nada. El acceso a agua potable es creciente conforme los cantones se ubiquen en las provincias con litoral y el ámbito de confiabilidad se diluye un tanto. La población económicamente activa en los cantones limonenses muestra un comportamiento algo asimétrico y en esos últimos la confiabilidad de la estimación crece. No es fácil contribuir con una interpretación clara y unificada.

Gráfica 12 MCO efecto geográfico coeficiente recursivo



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Tabla 9 Residuos por cantones selectos

Sjose	-6.56364	.	*	.
Desamp	-29.2209	.	*	.
Mora	-68.2075	.	*	.
Acosta	-237.179	.	*	.
Moca	-17.5299	.	*	.
Perezz	-125.757	.	*	.
Alajuella	380.083	.	.	*
Atenas	3.6E-12	.	*	.
Scarlos	-524.140	*	.	.
Upala	6.89129	.	*	.
Lchiles	-101.653	.	*	.
Cartago	190.795	.	.	*
Turrialb	251.893	.	.	*
Oreamu	-50.8021	.	*	.
Eguarc	-156.735	.	*	.
Barba	-2.53364	.	*	.
Sbarbar	82.3123	.	.	*
Belen	-103.195	.	*	.
Sarapi	137.294	.	.	*
Liberia	-500.602	*	.	.
Nicoya	605.158	.	.	*
Scruz	84.8168	.	.	*
Bagac	128.830	.	.	*
Carrill	-99.4623	.	*	.
Puntar	-169.261	.	*	.
Baires	141.703	.	.	*
osa	-288.219	.	*	.
Quepos	454.944	.	.	*
Golfit	-33.5290	.	*	.
Cbrus	23.5410	.	.	*
Parrita	4.5E-13	.	*	.
Corred	167.770	.	.	*
Limón	-238.133	.	*	.
Pococi	-197.851	.	*	.
Talama	-284.171	.	*	.
Guácimo	578.711	.	.	*

Fuente: Estimación utilizando EViews 9

De la Tabla 9 se deduce que la especificación es menos afortunada para un conjunto de cantones en el litoral y sobretudo en el Caribe (Talamanca, Limón y Pococí). San Carlos en la región Huetar Norte es el caso de mayor sobre predicción, seguido por Liberia. Acosta es el ejemplo de una sobre predicción que no está en las zonas bajas. La afirmación que corresponde es que hay menos incidencia de la “que les correspondería”, tanto por geografía como por comportamientos poblacionales. Se subpredicen Nicoya, Guácimo, Quepos y Alajuella, en ese orden. En estos casos, es más difícil encontrar un patrón geográfico que los ligue. Baste decir que la realidad y sus manifestaciones cuantitativas (con los errores que se le asocian) se parecen al azogue. No obstante, un coeficiente de determinación múltiple de casi el 93% de la varianza atestigua que la mayor parte de los cantones no disienten de la variedad de variables del lado derecho, independiente de la ausencia de un paradigma integrador y de baja certeza en las pruebas de hipótesis. Si se

compara con Fuller et al., si tal cosa fuera permisible, se supera la explicación de la varianza de manera importante. No es pequeña cosa.

4.4. El Huracán Otto y su posible incidencia en el Dengue

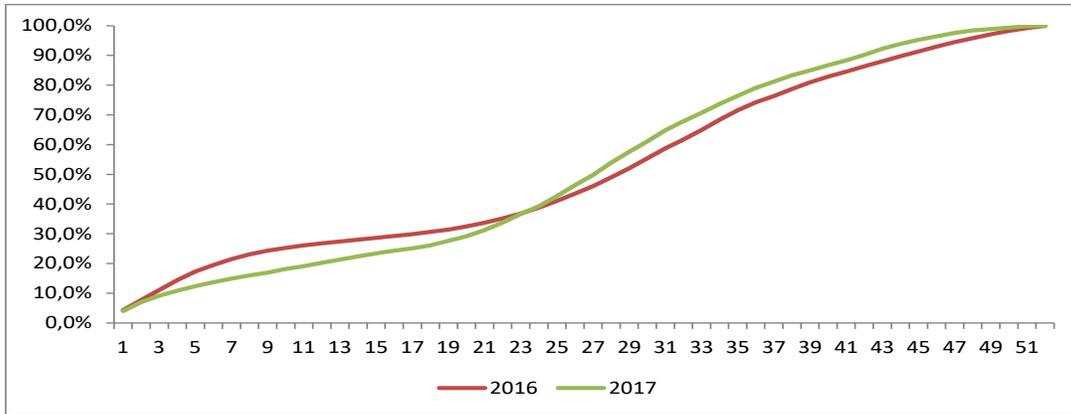
El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) emitió desde el 16 de noviembre informes meteorológicos relacionados con Otto, el primer huracán desde al menos 1851 con impacto directo en Costa Rica. A las 3 pm del martes 22 Otto fue declarado por el Centro Nacional de Huracanes como el séptimo huracán de la temporada, con el centro ubicado a 375 km al este de Limón. El ojo de Otto tocó tierra aproximadamente a las 11:15 am del jueves 24 de noviembre, en un punto ubicado en el Caribe Sur de Nicaragua y luego avanzó hacia el suroeste sobre Costa Rica, causando daños de diversa índole, además de la pérdida de 10 vidas humanas. A su paso generó aguaceros torrenciales con acumulados diarios de 300 mm y vientos intensos con ráfagas de 15 a 30 m/s en las regiones del norte del país. La cantidad de lluvia acumulada generó deslizamientos y avalanchas de gran impacto como fue el caso de Upala, Bagaces y Bijagua. El huracán abandonó el país por el océano Pacífico (playa Naranjo).

El IMN resumió: “Los efectos indirectos y directos de Otto contabilizan un total de 10 días (16-25 de noviembre 2016). En algunas regiones del país la lluvia debida al efecto indirecto fue mayor a las del efecto directo. Salvo en la región norte del país, las lluvias caídas durante el paso de Otto fueron relativamente bajas. Los días con la mayor intensidad del temporal fueron el 16 (efecto indirecto) y el 24 de noviembre (efecto directo).”

Por las lluvias y por los destrozos (no por temperatura) había una conjetura de un reforzamiento de la incidencia del dengue, inmediata o distanciada en los cantones en los cuales este se presentó con mayor fuerza (alerta roja). Sin embargo, los datos contradicen esta hipótesis desde dos ópticas:

- 1) A nivel nacional, el patrón epidemiológico del dengue no varió, como puede observarse en la Gráfica 13

Gráfica 13 Patrón Epidemiológico del Dengue en Costa Rica

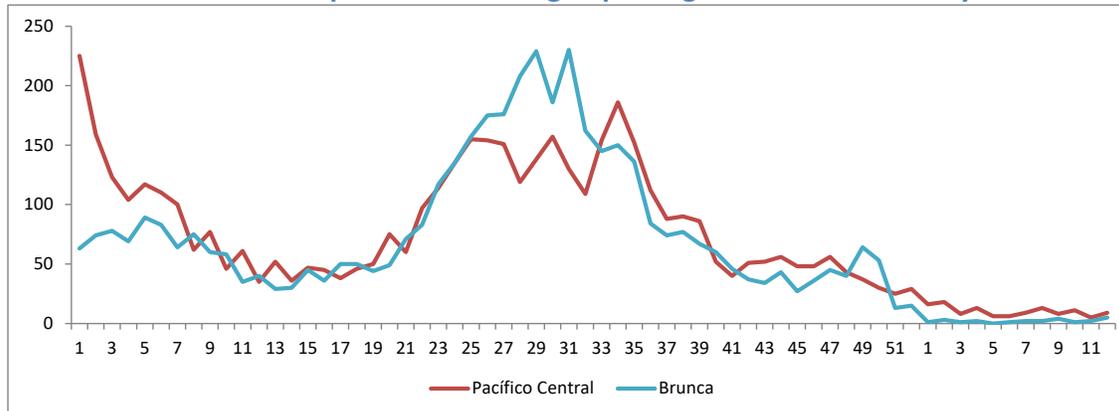


Fuente: Estimación utilizando EViews 9

El gráfico muestra el porcentaje de casos acumulados en los años 2016-2017. A la semana 26 (mitad del período) se presentó el 43% de los casos en 2016 y 46% en el 2017. En la semana 47 se contabilizaron el 95% y 98% del total de casos en los años 2016-2017.

2) Considerando los casos reportados en las regiones, la situación es similar

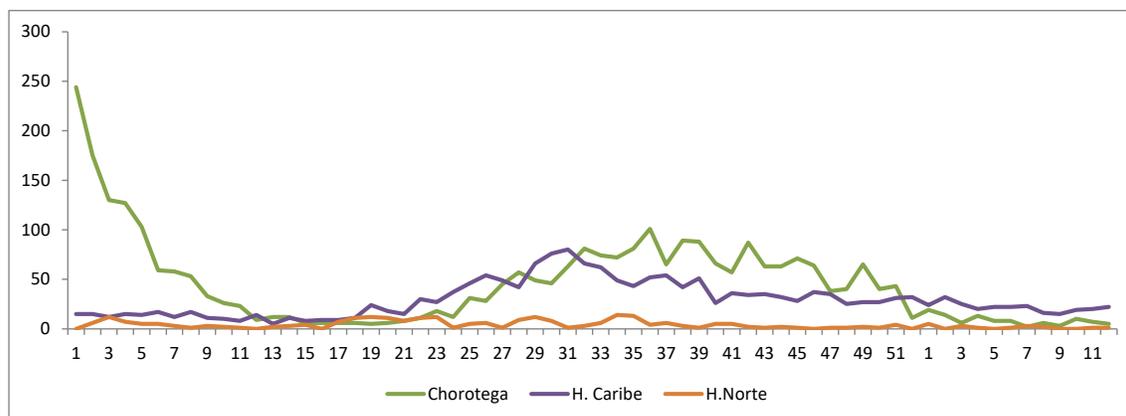
Gráfica 14 Casos reportados de dengue por región Pacífico Central y Brunca



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

La Gráfica 14 muestra la cantidad de casos en las regiones Pacífico Central y Brunca por semana epidemiológica para el año 2016 y durante las primeras 12 semanas del 2017. La tendencia es a la disminución a partir de la semana 47 (Otto impactó el país alrededor de esa semana). En el caso de las regiones Chorotega, Huetar Caribe y Huetar Norte el resultado es similar, tal y como lo indica la Gráfica 15.

Gráfica 15 Casos reportados de dengue por región Chorotega, H Caribe y H Norte



Fuente: Estimación utilizando EViews 9

Guácimo es el único cantón que presentó un aumento de la tasa de incidencia del 2016 al 2017 de los declarados con alerta roja.

Zarcero, Dota, Tarrazú, Los Chiles, San Ramón y Valverde Vega tuvieron tasas de incidencia cercanas o exactamente iguales a cero. Aguirre, Parrita, Osa, Buenos Aires, Garabito, Pérez Zeledón, Puntarenas, Montes de Oro, Esparza, Orotina y Golfito tuvieron tasas de incidencia mayores a 100 para el 2016 y para el 2017 estas tasas están por debajo de 50, excepto para Montes de Oro que su tasa fue de 83."

Adriana Troyo, por su parte, opinó que " En el caso de dengue no hay estudios acerca del impacto de la tormenta Otto en Costa Rica. El efecto en el dengue no fue mucho, tal vez porque se dio al final del año y la transmisión de dengue en el país disminuye a partir de noviembre cuando bajan las lluvias y también las temperaturas. Además, 2016 mostró más casos de dengue que en 2017, pero la mayoría de estos casos se dan desde agosto/setiembre, cuando aún no había pasado el huracán. Si hubiéramos visto un efecto de Otto aumentando la transmisión a partir de noviembre 2016, hubiéramos tenido más casos en 2017."

4.5. Análisis descriptivo con mapas cantonales

Un enfoque, complementario, descriptivo y enriquecedor es el recurso analítico y visual de los mapas cantonales. Las opciones de colores distintos y de intensidades transmite, para usar la fórmula casual, más "que mil palabras". En cada tratamiento se adjunta la clave de coloración para facilitar la interpretación de los mapas del 1 al 7.

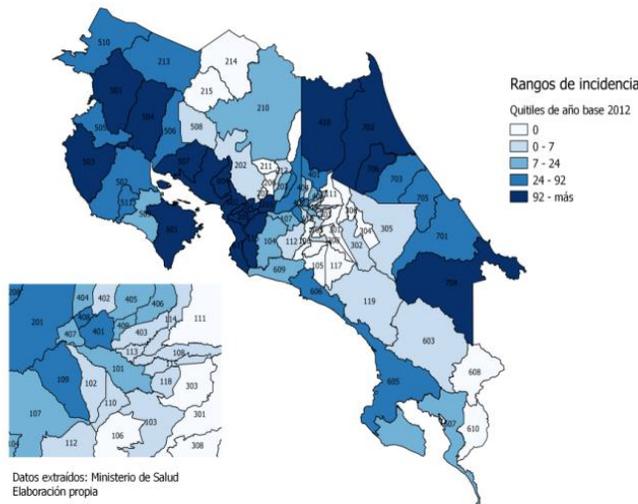
Para realizar la comparación entre años se optó por utilizar los rangos de los quintiles presentes en 2012. Se procedió a elaborar los mapas de incidencia por cantón dada la estructura de los datos. La observación empírica y la literatura sugieren un ciclo de la incidencia de aproximadamente tres años. Los mapas azules fueron diseñados en

términos de los quintiles de 2012 (primer año con el que se pudo elaborarlos). Las dos tonalidades más claras indican 0 o de 0 a 7 quintiles. Las intermedias corresponden a los rangos de 7 a 24 o de 24 a 92. El tono oscuro es el de 92 quintiles o más. La región central aparece también en un recuadro adjunto para ofrecer una escala mayor. La coloración en el recuadro y en el cuerpo principal son las mismas y sólo varía la escala.

En 2013 se registró la mayor cantidad de casos de dengue a nivel nacional. Los cantones periféricos registran una incidencia de más de 92 casos por cada 10 000 habitantes. Puntarenas, Guanacaste, Limón y Heredia son las provincias con mayor afectación de casos. Otra manera de describirlo es que las regiones Chorotega, Pacífico Central, Brunca y Huetar Norte con la excepción de tres cantones alajuelenses muestran la máxima incidencia. Talamanca y Limón no corresponden a ese patrón crítico, pero el cantón central de Heredia si lo hace, al igual que Aserrí. El contraste entre el mapa de 2012 y 2013 es rotundo. No sólo se afecta la imagen en general, sino que para la mayor parte de los cantones hay un sostenido patrón de oscurecimiento (celeste claro u oscuro migra a tonalidades de azul). Más adelante se mirará ese fenómeno desde una óptica diferente. Que Coto Brus y Puriscal no superen en 2013 los 24 quintiles es la validación del “efecto Nepal”, que se menciona en otra parte del texto. Igualmente se destaca en la sección de causalidad a la Granger que altitud causa incidencia de manera contundente. Lo hace siempre, incluso en los días oscuros de 2013.

Mapa 1 Incidencia para el año 2012

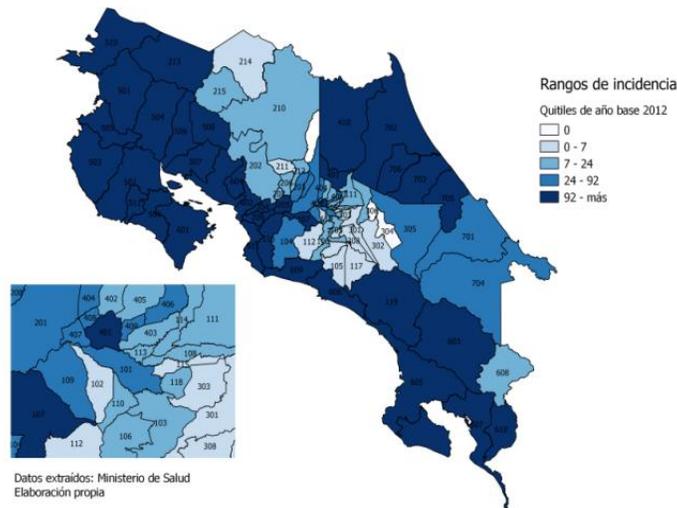
Tasa de incidencia de casos del dengue por cada 10.000 habitantes en Costa Rica para el 2012



Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

Mapa 2 Incidencia para el año 2013

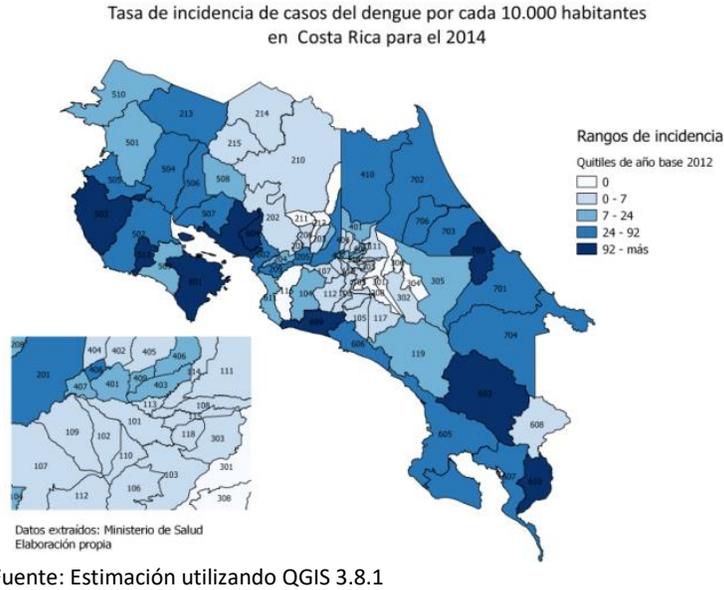
Tasa de incidencia de casos del dengue por cada 10.000 habitantes
en Costa Rica para el 2013



Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

El patrón cíclico se valida en 2014. Sólo nueve cantones de tierras bajas mantienen la máxima oscuridad (92 o más quintiles). Aparecen los efectos que se revelan luego de la tormenta: acción sanitaria pública, capacidad de captar los esfuerzos de las campañas de prevención (educación, infraestructura escolar y sanitaria), un poquito de guerra química (los plaguicidas y otros métodos de erradicación), posiblemente efecto rebaño y un mucho de guerra física (eliminación de criaderos incluyendo llantas, recipientes y basura). La región central se tiñó de claridad y sólo dos cantones, curiosos, por cierto, Central de Alajuela y Flores, superaron los siete deciles. Ambos muestran todas las variables sociodemográficas para que ello no ocurriera y su altura media es cercana a los mil metros sobre el nivel del mar. Puede afirmarse que con resultados así, no es de extrañar encontrar residuos importantes en las ecuaciones mínimo cuadráticas o de otro enfoque (en ese sentido los mapas complementan el análisis econométrico).

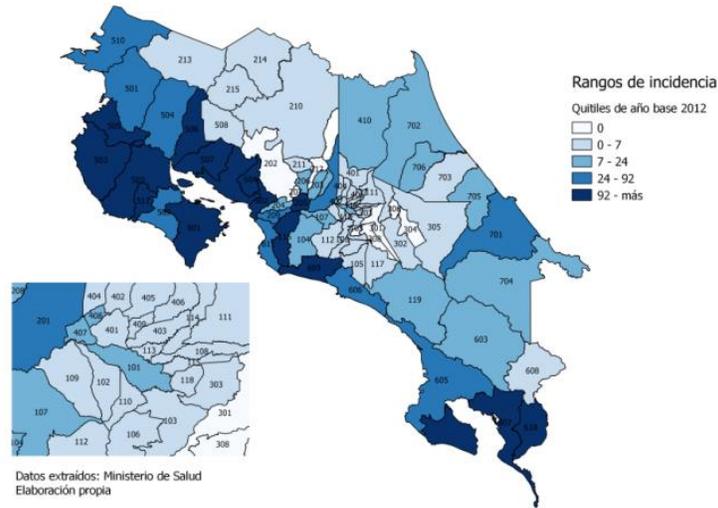
Mapa 3 Incidencia para el año 2014



En 2015 se empieza a gestar la parte alta del ciclo trianual. Sólo cuatro cantones de la región Chorotega, tres de la Pacífico Central y cuatro de la Brunca están por debajo de los 92 quintiles. En la Huetar Caribe solamente el cantón Central supera los 24 quintiles. Es posible que haya una guerra química oculta en el cuidado de las plantaciones competitivas de esa región. Contrario a algunos argumentos antiglobalización, el pulmón exportador e importador del país es el menos propenso a una enfermedad de transmisión vectorial que el resto del país. En la literatura no encontré explicación alguna de ese comportamiento.

Mapa 4 Incidencia para el año 2015

Tasa de incidencia de casos del dengue por cada 10.000 habitantes en Costa Rica para el 2015

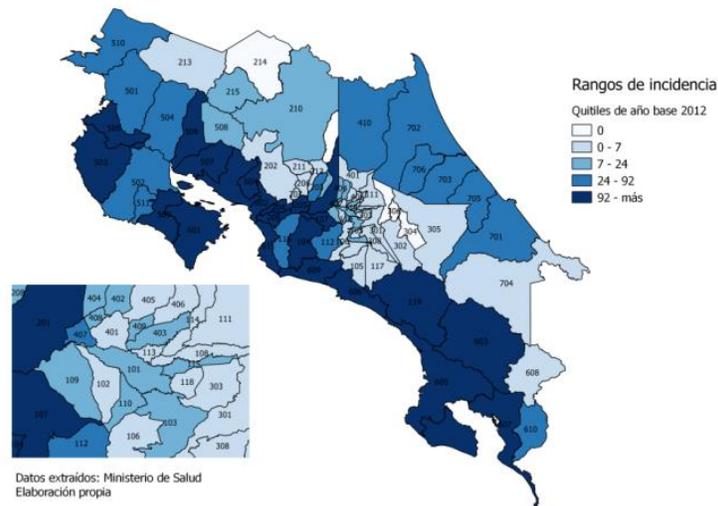


Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

Cartago, la provincia, ofrece una imagen impecable. Tanto a las faldas de la Cordillera de Talamanca como a las del macizo del Irazú, no hay cambios de 2012 a 2013. Cantón central, Alvarado, Oreamuno, El Guarco y La Unión no superan 7 quintiles de incidencia y dos de ellos no registran incidencia alguna.

Mapa 5 Incidencia para el año 2016

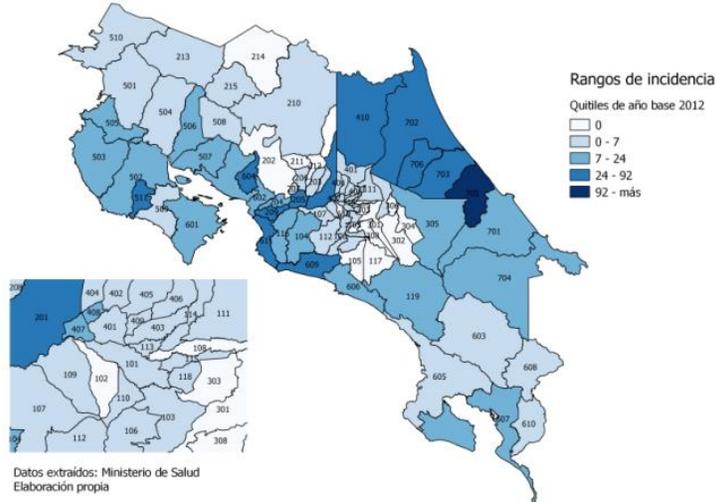
Tasa de incidencia de casos del dengue por cada 10.000 habitantes en Costa Rica para el 2016



Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

Mapa 6 Incidencia para el año 2017

Tasa de incidencia de casos del dengue por cada 10.000 habitantes en Costa Rica para el 2017



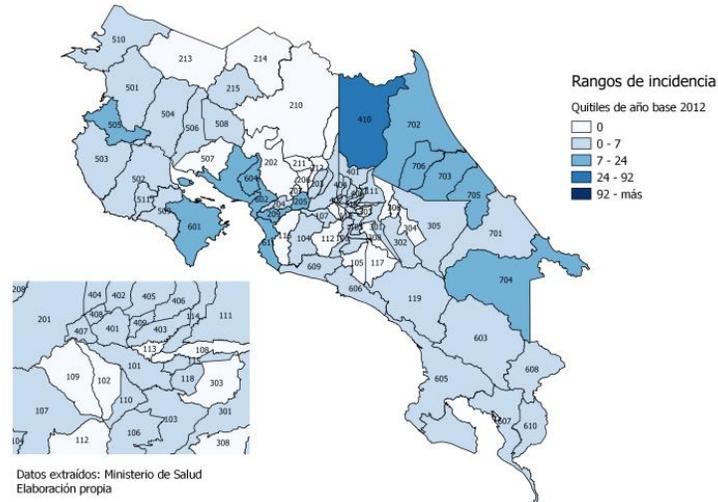
Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

2016 repite el ciclo. Todo el litoral Pacífico a excepción de Nicoya y Hojanca registra incidencia superior a los 92 quintiles. No hay variables que propongan explicaciones plausibles y habría que recurrir a la literatura sobre la larga vida en “blue zones”, que Rosero y otros han popularizado. Toda la vertiente caribeña a partir de Sarapiquí y hasta Limón Centro se contrasta con un rango entre 24 y 92 quintiles. Talamanca y Coto Brus no superan los 24 quintiles, con lo cual, en esa crisis, altitud es más importante que las variables sociodemográficas. La región central tiene un tono suave, excepción hecha de Mora y de Alajuela Centro. De nuevo, habrá que buscar una explicación para los resultados correspondientes a Alajuela porque tiene todas las razones para no estar donde su incidencia lo ubica.

El ciclo vuelve a empezar en 2017 cuando todos los cantones diluyen su incidencia, excepción hecha de Matina, que podría ser más un valor extremo (*outlier*), en ausencia de una mejor explicación. Tal vez el país está aprendiendo. Incluso es notable el comportamiento de los cantones al occidente de la cordillera de Talamanca que replican los resultados cartagineses. Tarrazú y Dota nunca habían mostrado incidencia tan baja.

Mapa 7 Incidencia para el año 2018

Tasa de incidencia de casos del dengue por cada 10.000 habitantes en Costa Rica para el 2018



Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

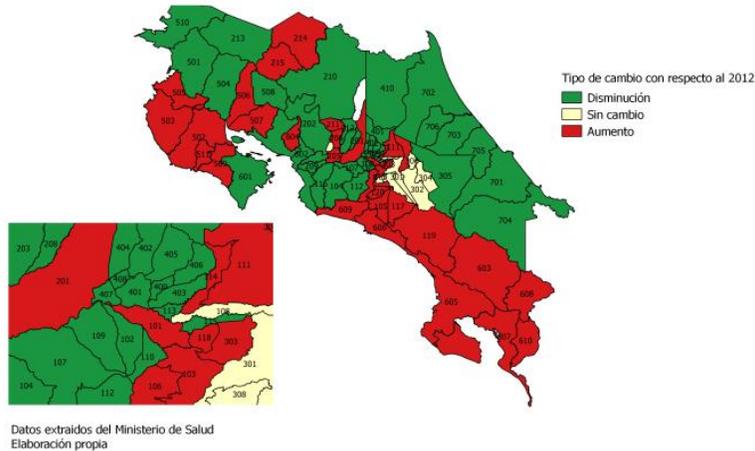
Para el 2018, la tasa de incidencia disminuyó considerablemente. La mayoría de cantones están en el tercer quintil o en una categoría inferior, lo cual indica que, con respecto al 2012, en el 2018 se controló de una mejor manera el vector y la incidencia. El cantón de Sarapiquíha aparecido en todos los años estudiados con una tasa alta de incidencia, mientras que los otros cantones se han podido controlar para el año 2018. Hay un patrón curioso en cuatro cantones del Pacífico Central (Puntarenas, Esparza, Montes de Oro y Garabito) y en las regiones Huetares (Sarapiquí, Pococí, Siquirres, Matina y Guácimo) que a lo largo de los años han presentado tasas altas, a pesar de que se han disminuido. Los del Caribe, coinciden en baja altura y algunos muestran tienen población migrante. Los del Pacífico podrían caracterizarse por algunos problemas socioeconómicos y con población desempleada significativa. Es una región, que pese a estar cerca del mar, vive un poco a espaldas de la globalización. Esos criterios para caracterizar nueve cantones, diversos y cada uno con su propia diversidad son generalizaciones que *per se* están equivocadas.

En la provincia de Guanacaste se ha visto una reducción paulatina en la tasa de incidencia. Cantones como Bagaces, La Cruz y Tilarán menguaron la cantidad de casos por habitante. No obstante, todavía hay que hacer esfuerzos para reducir más la tasa de incidencia en cantones como Carrillo. Cuando se afirma eso, cabe la pregunta de quién debe hacerlo y qué es lo que debe hacerse. Hay razones para creer que no es un asunto de MinSa ni de la CCSS autoridades municipales, empresas y hogares tienen tareas a cumplir. Cuánto y cómo son preguntas adicionales.

Una lectura alternativa de los mapas es hacer el proceso ilustrando los cambios relativos a un año específico, esto se muestra en los mapas 8, 9 y 10. Ese ejercicio arroja resultados diferentes y propone una interpretación llamativa. La imagen no es mala.

Mapa 8 Tasas de incidencia por dengue variación de 2015 respecto 2012

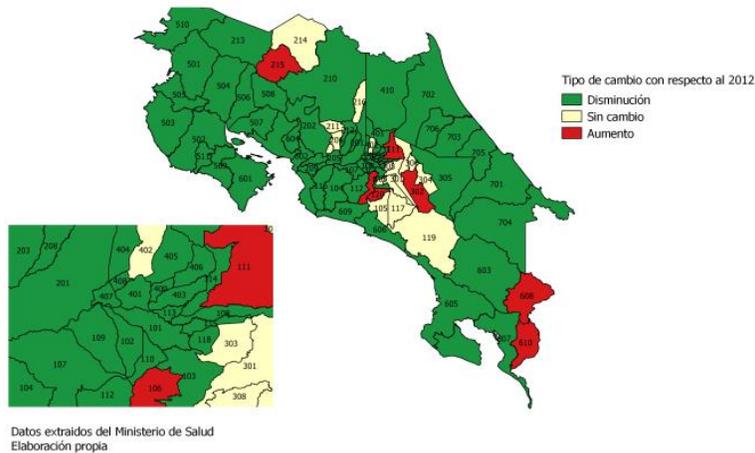
Variación en la tasa de incidencia del dengue por cada 10.000 habitantes en Costa Rica del 2015 en base al 2012



Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

Mapa 9 Tasas de incidencia por dengue variación de 2018 respecto 2012

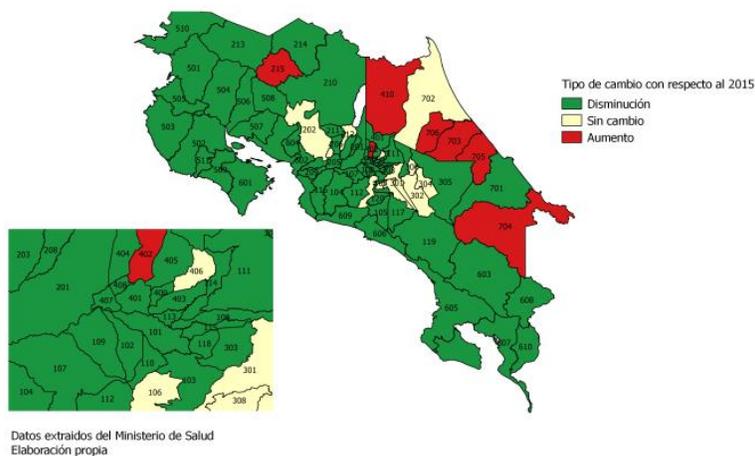
Variación en la tasa de incidencia del dengue por cada 10.000 habitantes en Costa Rica del 2018 en base al 2012



Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

Mapa 10 Tasas de incidencia por dengue variación de 2018 respecto 2012

Variación en la tasa de incidencia del dengue por cada 10.000 habitantes en Costa Rica del 2018 en base al 2015



Fuente: Estimación utilizando QGIS 3.8.1

Para el año 2015 con respecto al 2012 se observa una disminución de casos en el Caribe y un aumento en el Pacífico. Del 2015 al 2018 el Caribe aumenta la tasa de casos y el resto del país se mantiene o disminuye mayoritariamente. La variación del 2012 al 2018 revela que los cambios negativos los sufre la región central del país, ya que aumenta la tasa en cantones como Paraíso y Aserrí.

Una tercera aproximación es usar a 2013, el año atroz, como base de comparación. La idea es arrojar luz sobre qué aprendió el sistema nacional de salud y las municipalidades de la emergencia sanitaria de 2013. La lectura es positiva. En 2014 sólo Matina empeora y los demás mejoran. Esto sugiere hacer preguntas específicas para ese cantón caribeño. En 2015, que es el tercer año del ciclo trianual, empeoran dos cantones de Alajuela, el central y Guatuso. Puriscal y Acosta, dos regiones con nivel de desarrollo bajo y cerca de uno de los corredores que conecta al Pacífico Central con San José. Esas conjeturas pueden ser sugerencias de espacios de explicación a explorarse, pero de nuevo, al menos es sugerente preguntarse. Aguirre y Pérez Zeledón son los últimos dos que empeoraron en 2015. Pertenecen a la Región Brunca que es foco de problemas socioeconómicos diversos. El cuestionamiento opuesto es por qué los otros mejoraron, aunque la base de comparación sea 2013 y eso es positivo porque es un año pico del ciclo. Una pregunta inversa es cómo no se mejoró más respecto a 2013, si había lecciones aprendidas, pero el mapa es bastante verde (mejoramiento). Éstas son preguntas de políticas públicas (sanitarias y del resto del ámbito social) que los hallazgos comentados sugieren se formulen. La respuesta tiene que ser más local.

Reiniciando el siguiente ciclo (2017-2019), sólo Matina empeora, al igual que ocurrió en 2014. Lo bueno es eso y también es lo malo porque en ese cantón no parece aprender.

En 2018, ningún cantón empeora respecto a 2013. Es un país enteramente verde (mejoramiento) excepción de Alvarado y Jiménez, los cantones invictos porque no exhiben incidencia (bendito Nepal, podría afirmarse). Aunque el punto de partida sea tan bajo, el sistema de salud está respondiendo.

Por supuesto que hay una lectura negativa y es preguntarse hasta donde 2013 es un resultado deseable. En segundo lugar, empeorar respecto a 2013 luce pésimo y lo es, pero la ola verde es la imagen 2018.

La información que da lugar a los mapas también puede organizarse como una matriz de transición. No es la matriz de Markov porque no hay probabilidades involucradas y es un ejercicio a posteriori. La matriz de transición 2012-2013 muestra en el eje vertical la posición en 2012 y en el horizontal el 2013. Esa es la interpretación. Los cantones en la diagonal no cambian de cuartil. Por encima de ella, desmejoran porque, por ejemplo, pasan del cuartil 1 al 2 o del 2 al 3 y por debajo, mejoran su nivel de incidencia pasando del cuartil 2 al 1, del 3 al 2, etc.

En 2013 (respecto a 2012, año inicial de la información) desmejoran: Escazú, Acosta, Montes de Oca y San Ramón (partil 1 al 2). También lo hacen Puriscal, Santa Ana, Grecia, San Carlos, Santa Bárbara, San Isidro y Limón, que pasan de cuartil 2 al 3. Por último, empeoran también Turrubares, Flores, Sarapiquí, La Cruz, Esparza, Pococí, Talamanca y Matina. Estas agrupaciones, sin serlo enteramente, corresponden a zona centro, Huetar Norte y Huetar Caribe. Las regiones Huetares que, por el tipo de cultivo predominante parecían tener guerra química implícita sucumben. Hay una invitación a explorar interpretaciones.

Mejoran en 2013, Aserri, Palmares y Valverde Vega (Occidente-Centro), que pasan del cuartil 2 al 1. San José, Pérez Zeledón, Turrialba, Tilarán y Buenos Aires pasan del cuartil 2 al 3 y parece mostrarse un efecto positivo de la altura. También mejoran Nicoya, Cañas, Hojanca, Osa, Golfito, Parrita y Siquirres, que podrían ser resultados a la reinserción comercial, al menos en parte. Más importante, Nandayure y Corredores mejoran avanzando dos cuartiles.

Esta lectura sugiere que 2013 no es tan malo como pareciera de otros análisis y que las variables geográficas y las socioeconómicas no están retraídas del todo. Alternativamente, se está en presencia de una óptica totalmente diferente.

La transición de 2013 a 2014 muestra también otra lectura. Pese al efecto del ciclo, trece cantones desmejoran. Valverde Vega pasa del quintil 1 al 2. San José, Mora y Poás lo hacen del 2 al 3, mientras que el mayor efecto se agrupa en Nandayure, Cañas, Abangares, Liberia, Atenas, Orotina, San Mateo y Garabito. Aquí parece que hay patrones biológicos del *Aedes Aegypti* en juego, pero también puede haber factores de péndulo. Turrubares es el peor caso porque desmejora del quintil 1 al 3.

Las mejoras de 2013 a 2014 tampoco son tan generalizadas, pese a ser un año no pico del ciclo. Montes de Oca y Coto Brus, cantones con ninguna semejanza aparente pasan del quintil 2 al 1. San Isidro, San Pablo, Puriscal y Limón pasan del quintil 3 al 2. Por último, Corredores, Buenos Aires, Talamanca, Pococí, Flores, Aguirre, Matina y Sarapiquí pasan del quintil 4 al 3. En total catorce transiciones positivas.

La transición de 2014 a 2015 se asemeja a la previa y de nuevo, en este análisis matricial no se evidencia el ciclo trianual. Podría preguntarse si la explicación de ese ciclo es equivocada, pero es una regularidad estadística a la que acompañan algunas observaciones epidemiológicas. Diecisiete cantones desmejoran. Palmares, Aserrí y Barva pasan del quintil 1 al 2. Upala pasa del 1 al 3, mientras que San Isidro, Tilarán, Turrialba, y Heredia pasan del quintil 2 al 3. Al quintil 4 llegan Siquirres desde el 2, Buenos Aires, Flores, Talamanca, Matina, Pococí, Sarapiquí, Bagaces y Guácimo alcanzan el cuarto quintil desde el tercero.

Mejoran Dota, Coronado, Grecia, San José, Mora y Poas desde el quintil 3 al 2, Alajuela, Esparza, Nandayure, Cañas, Abangares, Liberia, Atenas, Garabito alcanzan el quintil 3 desde el 4. Coronado y Dota llegan al primer quintil desde el 2, pero también lo alcanza Naranjo desde el 3 y Turrubares desde el 4.

Antes de pasar al nuevo pico, 2016, conviene preguntarse por qué este comportamiento un tanto extraño. Lo que hay en la estructura es el efecto de posición relativa o suma cero. Como siempre hay 81 cantones, las mejoras de unos tienen que buscar espacio en la desmejora de otros. No obstante, esta aparente oscuridad, no implica que el análisis no resulte útil. Mejora es mejora, y los fenómenos sociodemográficos o de políticas sanitarias están ahí presentes. Lo que implica es que hay que ser más cuidadoso en la lectura de los posicionamientos.

De 2015 a 2016 hay tres grupos de cantones que desmejoran, pero no los agrupa ningún patrón geográfico aparente. Dota, Coto Brus, Goicoechea, Curridabat y Moravia transitan de 1 a 2. De 2 a 3 pasan Naranjo, San Pablo y Talamanca. Por último, Turrubares, Liberia, Corredores, Nicoya y Hojanca transitan de 3 a 4. En total trece cantones desmejoran. Otra pregunta que puede tener una respuesta misteriosa es si significa lo mismo (en términos epidemiológicos o de políticas públicas) pasar de 1 a 2 o pasar de 3 a 4, por ejemplo.

Los doce cantones que mejoran son Guatuso, Valverde Vega, Barva y Upala que ascienden de 2 a 1. También lo hacen Santa Ana y Siquirres que transitan de 3 a 2. De 4 a 3 ascienden Mora, Puriscal, Pérez Zeledón, Orotina y Buenos Aires y un solo cantón, Acosta, transita de 3 a 1. Otra interrogante en busca de respuesta es qué implica que trece desmejoren y doce mejoren.

La transición de 2016 a 2017 es grande. Desmejoran en un quintil Valverde Vega, Vásquez de Coronado, Alajuelita, Acosta, San José, Liberia, Puriscal, Pérez Zeledón, Nandayure,

Cañas, Golfito y Santa Cruz. En dos quintiles, lo hacen Mora, Buenos Aires y Osa. Mejoran un quintil, León Cortés, Aserri, Coto Brus, San Rafael, Santo Domingo, Santa Bárbara, Turrialba, San Pablo, Talamanca, Siquirres, Limón, San Mateo, Flores, Matina, Pococí, Sarapiquí, Guácimo y Hojanca. Es evidente que es esta transición el cambio de estructura más grande que ocurre en los años estudiados.

De 2017 a 2018 empeoran un quintil Upala, San Carlos, Naranjo, Acosta, Santa Bárbara, Flores y Hojanca, pero Santa Ana y Turrubares lo hacen en dos, mientras que Abangares transita dos quintiles. Las mejoras la muestran Cartago, La Unión, Paraíso, Curridabat, Moravia, Vásquez de Coronad, Alajuelita, León Cortés, Barva, San Isidro, Mora, Talamanca, Cañas y Golfito.

Un último análisis es examinar la relación entre el índice de competitividad de Ulate y relacionarlo con la incidencia. Es claro que nada puede presumirse a priori, pero el ejercicio es interesante.

Tabla 10 Varianza y correlación entre el Índice de Competitividad Cantonal y la tasa de incidencia de dengue para el 2016

	Covarianza	Coefficiente de relación
Costa Rica	-1.9399	-0.1113
San José	-4.06326282	-0.39291294
Alajuela	7.998421563	0.35636966
Cartago	-0.03091911	-0.14650049
Heredia	-1.94271075	-0.38320995
Guanacaste	0.087198268	0.0388925
Puntarenas	5.383305402	0.43737968
Limón	0.436673239	0.46539328

En Costa Rica, para el año 2016, la tasa de incidencia del dengue (TID) tiene una correlación negativa con el índice de competitividad cantonal (ICC); esto quiere decir, que, a nivel general, si un cantón aumenta su puntuación en el ICC es probable que disminuya la TID por cantón. Sin embargo, se observa que a nivel de provincia la correlación es negativa para las provincias costeras y Alajuela.

Hay una última cuestión y que es de interés económico, aunque no sea un hallazgo de esta investigación. La CCSS reporta gastos de aproximadamente US \$ 1.23 millones (465 876 441 colones costarricenses) para el cuidado del dengue durante 2002 y US \$ 1.45 millones (605 530 103 colones) en 2003. Datos antiguos, pero lo complejo de esos cálculos y los atrasos de disponibilidad sugiere informarlos. Dada la cantidad de dengue casos reportados en cada uno de esos años, la CCSS gastó alrededor de US \$ 100 por caso en 2002 y US \$ 74 por caso en 2003.

La carga de la enfermedad determinada por la OMS es de 0.7 AVAD por mil habitantes en 2016. Se compara favorablemente con 3.3 de Nicaragua o con 1.2 de Panamá. Por cierto,

los valores son 2.4, 6.7, 6.2 y 18.7 para El Salvador, Guatemala, Honduras y México, respectivamente. Resultado que llama la atención, dada la alta incidencia.

Aparece entonces un resultado afín a la paradoja de Zúñiga en sistemas de salud. Se muestra una incidencia de dengue clásico (por 100 000) más alta que los vecinos, (Panamá 3 veces y Nicaragua el doble). Mesoamérica está al nivel de Panamá. Para dengue hemorrágico Costa Rica muestra el doble de la incidencia de Panamá, pero una cuarta parte del de Nicaragua y es levemente menor que el de la región. La paradoja, entonces, aparece con la letalidad por dengue. Es la menor de la región latinoamericana, junto con Uruguay, un tercio de la de Panamá y 1/15 de la de Nicaragua. Es la calidad (infraestructura y humana) del sistema de salud lo que explica los resultados.

5. Conclusiones

Se alcanzó la mayor parte de lo que se había previsto, pero la búsqueda bibliográfica y algunos hallazgos de la investigación sugirieron que hubiera convenido haber involucrado explícitamente colaboración con microbiólogos. Hay ahí una torre de pensamiento e investigación tipo primer mundo Igualmente habría sido útil prever un módulo de colaboración/difusión con al menos una de las dos instituciones públicas que atienden el dengue. Todo ello no es sencillo y los investigadores no tendemos a tener buena capacidad de gestión.

Por otra parte, se logró incorporar en el análisis el índice de competitividad cantonal que permitió relacionar el comportamiento del vector con las áreas geográficas a ese nivel de desagregación. Adicionalmente, la utilización de mapas para la visualización de los cambios en el comportamiento del dengue a lo largo del tiempo, técnica relativamente poco utilizada en economía, permite una mayor accesibilidad a los resultados. Como fue posible encontrar y visualizar los patrones cantonales, y las ecuaciones con capacidad de pronóstico son sencillas, los resultados pueden ser útiles a los gobiernos municipales.

La información climatológica fue la principal dificultad encontrada, y la colaboración de la respectiva autoridad nacional fue positiva, pero a cuenta gotas. Contrasta esa disposición con la epidemiológica que aparece con prontitud y amplitud en medios electrónicos. Cada institución organiza sus datos y la disponibilidad de ellos al público de acuerdo a sus criterios y prioridades, pero es difícil anticipar plazos y atrasos en una investigación frente a ese arbitrio. Esa enseñanza dudo que resulte útil.

Hay vertientes de los datos (vg: observaciones distritales o semanales) que están disponibles en ciertos casos y que conforme se avanzó en la investigación se descubrió que esos son limitantes de un segundo tipo

La lentitud de completar la base de datos, la tercera dificultad, incidió sobre las estimaciones y sus análisis. Esto llevó a buscar nuevas metodologías y todo ello demoró la publicación. Lo novedoso de los hallazgos modificó los espacios posibles de publicación.

6. Bibliografía

- Alcalá, L.A. (2014), "Productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.)(Diptera: Culicidae), en Girardot-Cundinamarca", Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Almon, Shirley (1965). "The distributed lag between capital appropriations and expenditures". *Econometrica*. 33(1)
- Armién B, et al. (), Clinical Characteristics and National Economic Cost of the 2005 Dengue Epidemic in Panama, The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene
- Badia X, et al. (1999) La versión española del EuroQol: descripción y aplicaciones. *Med Clin (Barc)*; 112 (Supl 1)
- Barreca, A. (2009) "Climate Change, Humidity, and Mortality in the United States," Working Papers 0906, Tulane University, Department of Economic
- Bleakley, H (2007) Disease and Development: Evidence from Hookworm Eradication in the American South, The Quarterly Journal of Economics, Volume 122, Issue 1, 1
- _____ (2010) Health, Human Capital, and Development, *Annu Rev Econom* . 2010 September
- Brathwaite Dick, O. et al. (2012) Review: The History of Dengue Outbreaks in the Americas, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 87(4)
- Chuang T-W et al. (2017) Effects of local and regional climatic fluctuations on dengue outbreaks in southern Taiwan. *PLoS ONE* 12(6)
- Colon-Gonzalez, FJ et al.(2013), The effect of weather and climate change on dengue *PLoS Negl. Trop. Dis*. 7(11)
- Fredericks, A. C. (2014) "The Burden of Dengue and Chikungunya Worldwide", *Annals of global health*
- Halasa Y. A. et al. (2012), Economic Cost of Dengue in Puerto Rico, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 86(5), 2012, pp. 743
- Fuller, DO et al.(2009), El Niño Southern Oscillation and vegetation dynamics as predictors of dengue fever cases in Costa Rica, *Environmental Research Letters* 4 (1)
- Granger, C. (1969), investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, *Econometrica* 37,
- Guzman, MG (2010) ,Dengue: a continuing global threat, *Nat Rev Microbiol*. 2010 December ; 8(12)
- Hii YL et al. (2012) Forecast of Dengue Incidence Using Temperature and Rainfall. *PLoS Negl Trop Dis* 6(11)
- Johansson MA, et al. (2009) Multi-Year Variability and Dengue: El Niño Southern Oscillation, Weather, and Dengue Incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand. *PLoS Med* 6(11)
- Luz, PM (2011), Dengue vector control strategies in an urban setting: an economic modeling assessment, *Lancet*. 2011 May 14
- Maccini, S. and D. Yang. (2009). "Under the Weather: Health, Schooling, and Economic Consequences of Early-Life Rainfall." *American Economic Review*, 99(3)
- Meltzer, M. I. et al. (1998) "Using disability-adjusted life years to assess the economic impact of dengue in Puerto Rico: 1984–1994", *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 59(2)
- Mena, N. et al. (2011) "Factores asociados con la incidencia de dengue en Costa Rica" *RevPanam Salud Publica* 29(4)
- Muñoz, D. M. (2013) Análisis de factores socioeconómicos y su relación con los casos de dengue en México, BUAP, Puebla
- Preston, S. H (1975). "The Changing Relation between Mortality and Level of Economic Development". *Population Studies*. 29 (2)
- SCHAPIRO, L. (1919). THE PHYSICAL AND ECONOMIC BENEFITS OF TREATMENT FOR HOOKWORM DISEASE. *JAMA*;73(20)
- Shepard, D. S. (2011) "The economic impact of dengue in the Americas", *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 84(2)
- Torres J. R. y J. Castro (2007)," The health and economic impact of dengue in Latin America" *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro
- Weil, D N (2006), ACCOUNTING FOR THE EFFECT OF HEALTH ON ECONOMIC GROWTH, NBER Working Paper 11455
- Wettstein, Z S (2012), et al. Economic Cost and Burden of Dengue in Nicaragua: 1996–2010/*Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 87(4)
- Zeng, W(2018), Impact of a Nonfatal Dengue Episode on Disability-Adjusted Life Years: A Systematic Analysis, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 99(6)

Apéndice: Aspectos técnicos encontrados en la literatura en letra de sus autores

Conceptos epidemiológicos que desarrolla Guzmán (2010)

El dengue es una enfermedad causada por los cuatro serotipos (DENV-1 a DENV-4) transmitidos por mosquitos *Aedes Aegypti*. La mayoría de las infecciones por dengue son asintomáticas; sin embargo, cuando es sintomático, el virus puede causar una leve fiebre del dengue (FD) o formas más graves de la enfermedad como la fiebre del dengue hemorrágico (FHD) o el síndrome de embestida del dengue (DSS). Los virus del dengue pertenecen al género flavivirus dentro de la familia Flaviviridae. El dengue evolucionó en primates no humanos de un ancestro común y cada uno ingresó en el ciclo urbano de forma independiente hace aproximadamente 500–1,000 años. El virus comprende una partícula esférica, de 40 a 50 nm de diámetro, con una envoltura de lipopolisacárido. El genoma de ARN singlestrand positivo tiene aproximadamente 11 kb de longitud, tiene un único marco de lectura abierto que codifica tres proteínas estructurales: la cápside (C), la membrana (M) y las glicoproteínas de la envoltura (E) y siete Proteínas no estructurales (NS1, NS2A, NS2B, NS3, NS4A, NS4B y NS5). Las propiedades biológicas importantes de los virus del dengue, incluida la unión al receptor, la hemaglutinación de los eritrocitos y la inducción de anticuerpos neutralizantes y la respuesta inmune protectora, están asociadas con la glicoproteína E. Cada de los cuatro DENV comparte alrededor del 65% del genoma. Toda esta información es casi textual a partir de Guzmán.

Los mosquitos vectores, principalmente *Aedes Aegypti*, se infectan cuando se alimentan de seres humanos durante el período habitual de cinco días de viremia. El virus pasa del tracto intestinal del mosquito a las glándulas salivales después de un período de incubación extrínseca, un proceso que toma aproximadamente 10 días y es más rápido a altas temperaturas. Las picaduras de mosquitos después del período de incubación extrínseca dan como resultado una infección, que podría ser promovida por las proteínas salivales del mosquito. En la piel, los virus del dengue infectan células dendríticas inmaduras a través de la no integrina. Las células dendríticas infectadas maduran y migran a los ganglios linfáticos locales o regionales donde presentan antígenos virales a las células T, iniciando las respuestas inmunes celulares y humorales. También hay evidencia de una abundante replicación de DENV en células del parénquima hepático y en macrófagos en ganglios linfáticos, hígado y bazo, así como en monocitos de sangre periférica. Tanto in vitro como in vivo, los macrófagos y los monocitos participan en el realce dependiente de anticuerpos (ADE) 18-20. La ADE se produce cuando los fagocitos mononucleares se infectan a través de sus receptores Fc por complejos inmunes que se forman entre DENV y anticuerpos no neutralizantes. Estos anticuerpos no neutralizantes resultan de infecciones heterotípicas previas del dengue o de bajas concentraciones de anticuerpos del dengue de origen materno en sueros infantiles. La cocirculación de cuatro serotipos DENV en una población dada podría ser aumentada por el fenómeno ADE. Los DENV producen varios síndromes que están condicionados por la edad y el estado inmunológico. Durante las infecciones iniciales del dengue, la mayoría de los niños experimentan una infección subclínica o síndromes febriles no diferenciados leves. Durante las infecciones secundarias de dengue, la fisiopatología de la enfermedad cambia drásticamente, en particular las infecciones secuenciales en las que a la infección por DENV-1 le sigue la infección por DENV-2 o DENV-3, o la infección por DENV-3 va seguida por la infección por DENV-223– 25. Dichas infecciones pueden provocar un síndrome de permeabilidad vascular aguda conocido como síndrome de la embestida del dengue (DSS). La gravedad del DSS depende de la edad, y la fuga vascular es más grave en los niños pequeños, un fenómeno que se cree está relacionado con la

integridad intrínseca de la capilaría. Las infecciones por dengue pueden ser potencialmente mortales cuando ocurren en personas con asma, diabetes y otras enfermedades crónicas.

Los efectos de la segunda infección por dengue dependen de la raza, malnutrición de segundo o tercer grado y polimorfismos en el receptor de Fcγ y el gen del receptor de vitamina D cuanto más largo es el intervalo entre la primera y la segunda infección, más graves son las enfermedades acompañantes. Los antígenos del dengue se pueden detectar en tejidos como el hígado, el bazo y los ganglios linfáticos, así como en tejidos de casos fatales utilizando una enzima y un sustrato colorimétrico con anticuerpos dirigidos al antígeno específico del dengue.

Armien E. et al. (2008) informan de su aplicación de EQL en Panamá

Ellos determinan un costo de \$ 332 para un caso ambulatorio de dengue representa el equivalente a 26 días de PIB per cápita (PIB anual per cápita de \$ 4,630 prorrateado durante 365 días). El costo de los casos de dengue solo fue de \$ 11.8 millones o \$ 3.66 per cápita. Después de incorporar los ahorros de la atención médica evitada, el costo neto fue de solo \$ 17 por 1,000 habitantes por año, o \$ 0.02 por habitante. El costo total anual del dengue en Panamá se estimó en \$ 16.9 millones, lo que equivale a la producción económica anual agregada (PIB per cápita) de 3,600 personas. En contraste, el presupuesto del principal instituto de salud pública de Panamá, fue de solo \$ 3.5 millones.

El hogar promedio perdió 1 día de escuela y 4,5 días de trabajo por pago. A medida que los hogares enfrentaban tarifas por consultas del sector privado, pruebas de laboratorio y medicamentos, pagos por artículos no médicos y pérdidas de ingresos experimentadas; no fue sorprendente que una gran proporción de los hogares reportara haber usado ahorros o pedir prestado dinero durante la enfermedad (este es el origen de gastos catastróficos en salud, si los parámetros específicos se alcanzan). La cantidad de días afectados por los pacientes y los miembros de la familia promedió 21 días por caso, y se registraron 5,489 casos de dengue durante 2005 en Panamá. El tiempo total perdido para todos los pacientes y miembros de la familia afectados fue de 316 personas por año para los casos informados oficialmente, y 1,894 personas por año perdidos.

Wettstein, Z S et al (2012) analizaron los años de vida perdidos en Nicaragua por el dengue.

Los AVAD perdidos por cada caso de dengue se calcularon utilizando el peso de la discapacidad ($D = 1$ para muerte prematura, $D = 0$ para la salud perfecta), la duración de la discapacidad o los años de vida perdidos por muerte prematura; la tasa de descuento social que refleja el valor presente neto de la salud en el futuro. La carga de AVAD causada por el dengue varió durante este período como resultado de la diferencia en el número de casos, desde 99 AVAD por millón en 2004 a 805 AVAD por millón en 2010, con una media de 347 AVAD por millón durante todo el período (1996-2010). El mayor contribuyente a la carga de la enfermedad fue el DF, que constituyó el 48-87% de los AVAD atribuibles al dengue. La FHD y las muertes contribuyeron con una porción más pequeña de la carga de la enfermedad. Los costos indirectos asociados con la enfermedad del dengue durante este período oscilaron entre US \$ 1.7 y US \$ 14.1 millones, lo que representa el 33–51% de los costos totales, y gran parte de esos costos son atribuibles cada año a muertes prematuras. Se estimó que cada caso de dengue le costó al gobierno entre US \$ 0,97 y US \$ 2,49 per cápita durante años endémicos y hasta US \$ 5,44 en años epidémicos. En un país donde el producto interno bruto (PIB) promedio per cápita es de US \$ 300, los costos del dengue en Nicaragua son similares a los de Panamá en 2005.