

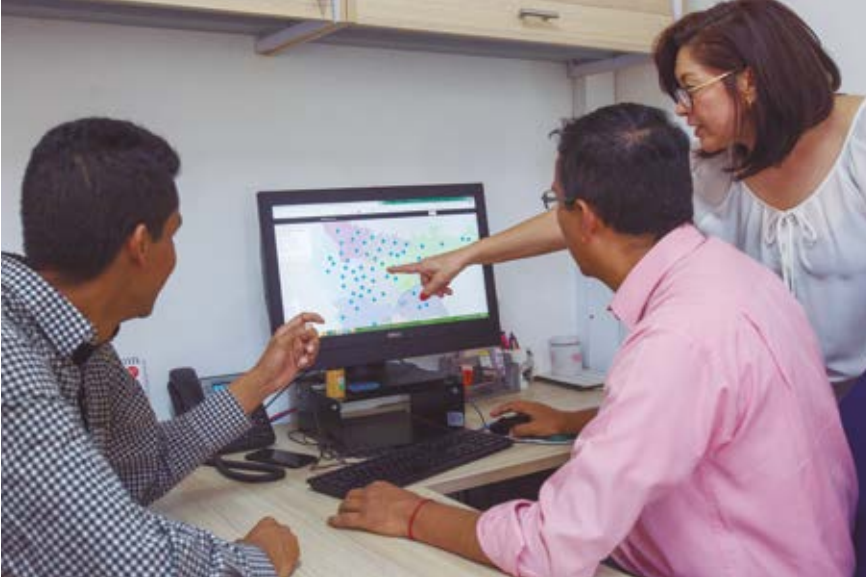
Las matemáticas ayudan a controlar el dengue

BIBIANA ANDREA MONÁ GIRALDO

Periodista Área de Información y Prensa de EAFIT

Físicos, biólogos, médicos, matemáticos, informáticos y estadísticos trabajan con los servicios epidemiológicos de las ciudades de Riohacha, Neiva, Bello e Itagüí para proponer un sistema de alerta temprana que permita prevenir y controlar el dengue. Los modelos matemáticos son el eje del proceso.

El *Aedes aegypti* hembra es el mosquito transmisor del dengue. Foto Shutterstock.



El proyecto implica el trabajo conjunto entre investigadores y funcionarios del sector salud. Aquí, una sesión en la Secretaría de Salud de Bello. Foto Robinson Henao.

FORMAS DE PREVENIR LA ENFERMEDAD

El proyecto ha desarrollado modelos matemáticos con capacidad para entender y predecir la ocurrencia de esta enfermedad en esas ciudades del país, herramientas que son útiles a las secretarías de salud para la toma de decisiones tendientes a la prevención y control.

Las acciones sobre el mosquito pueden ir desde el control mecánico -que implica hacer limpieza en lugares donde hay aguas estancadas como floreros, llantas y otros sitios donde el insecto deposita sus huevos-, hasta actividades de control químico como la fumigación.

Más adelante se espera aplicar modelos matemáticos o estadísticos para evaluar el impacto del control biológico que se da, por ejemplo, por la liberación de mosquitos *Aedes aegypti* portadores de la bacteria *Wolbachia*. Dicha bacteria se encuentra en estado natural en diferentes insectos en el mundo y no representa peligro para los humanos; además, disminuye la capacidad del mosquito de transmitir a las personas los virus que causan enfermedades como dengue, zika y chikungunya.

En los últimos años esta estrategia de control se ha utilizado en el municipio de Bello y, actualmente, se ha comenzado en Medellín. Aun así, es necesario conocer, a través de los datos, si se pueden observar los efectos de dicha acción de control, según señalan los investigadores.

"El dengue nos alerta porque, si bien mucha gente no muere por esta causa, hay personas que sufren sus síntomas y se incapacitan, lo que acarrea gastos en el sistema de salud por honorarios médicos, medicinas y hospitalizaciones (cuando los casos son graves), y eso le cuesta mucho a las EPS y a las empresas", explica Mauricio Toro Bermúdez, doctor en Informática e integrante del grupo de investigación.

Los síntomas son similares a los de una gripa, pero con los días van empeorando: vómito, dolor de cabeza, dolor muscular y articular, erupción en la piel, fiebre y hasta hemorragia. El causante: *Aedes aegypti*, el mosquito transmisor del dengue, enfermedad que llega a los seres humanos por picaduras de hembras que, a su vez, se han contagiado al succionar la sangre de personas infectadas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es prioridad el desarrollo de herramientas de control de estos vectores que transmiten el virus en las comunidades donde la enfermedad es endémica.

Cerca de 80 millones de personas se infectan cada año de dengue en el mundo, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud. Este es uno de los mayores problemas de salud pública en países tropicales.

y que se denomina "Sistema de alerta temprana para dengue en Riohacha, Neiva, Bello e Itagüí como herramienta para la toma de decisiones en pro de la prevención y el control".

Los responsables de esta alianza son, por parte de EAFIT, los grupos de investigación en Matemáticas y Aplicaciones, Modelado Matemático, e I+D+I

en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Giditic), clasificados en la categoría A de Colciencias; así como el grupo de Biología y Control de Enfermedades Infecciosas de la Universidad de Antioquia, categoría A1 de Colciencias. A ellos se suma la Corporación Académica para el Estudio de

las Patologías Tropicales de esa misma universidad.

Aquí confluyen disciplinas diversas del conocimiento pues es una apuesta que, como lo dice María Eugenia Puerta Yepes, investigadora eafitense líder del componente matemático del proyecto, el problema requiere atenderse desde diferentes aproximaciones de la ciencia.

FUMIGAR ES EFECTIVO Y ES POSIBLE HACER PREDICCIONES

Hay hallazgos en varios frentes de la investigación que, antes que dar por terminado un proceso, dan pie a nuevas indagaciones. Uno de ellos es poder identificar claramente los efectos de las fumigaciones contra el mosquito transmisor del virus, estrategia que ha sido crucial hasta ahora para el control de la enfermedad.

"Se ha justificado desde la literatura científica -afirma el profesor Carlos Mario Vélez- que la fumigación no es un proceso apto para el control del dengue, pero nosotros hemos demostrado, desde los modelos matemáticos y la información proveniente del trabajo de campo con datos reales, que esto no es cierto, que la fumigación sí es una opción de control del mosquito y de reducción de casos de dengue".

Pero aclara que por hacerse de forma muy recurrente termina siendo contraproducente porque el mosquito genera resistencia. De ahí, indica el docente, la importancia de hacer uso del modelo para determinar cada cuánto es prudente hacer las fumigaciones.

Otra de las conclusiones es que sí es posible hacer predicciones acertadas sobre el número de casos a futuro. "El problema es el mosquito, entonces estudiar su comportamiento, su ciclo de vida, su longevidad, su capacidad reproductiva, entre otras variables, es clave para ello", aduce el profesor Henry Laniado.

Sin embargo, el modelo funciona si existen fundamentos confiables y a la mano, y en ocasiones o sobre ciertas zonas esto no sucede. El Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila), del Instituto Nacional de Salud, es deficiente -en opinión de los investigadores- en cuanto a información epidemiológica y no tiene una estandarización en su base de datos.

Pero, aun así, los municipios de Bello, Itagüí, Riohacha y Neiva han proporcionado las cifras con las que cuentan porque la idea es implementar modelos con pertinencia que les sean útiles a sus administraciones municipales.

EL MODELO

Lo que se busca con este proyecto es que exista un sustento cuantitativo a la hora de definir las mejores estrategias para controlar la propagación del dengue. "Estos modelos permiten a los tomadores de decisiones entender el fenómeno, ver si las acciones que han implementado antes han tenido efecto, y saber dónde, cuándo y cuánto tiempo invertir, por ejemplo, en actividades de fumigación. Eso evita costos ambientales y económicos", señala Carlos Mario Vélez Sánchez, doctor en Ingeniería Automática e Informática Industrial e investigador en esta propuesta.

Según Henry Laniado Rodas, doctor en Ingeniería Matemática, desde la estadística también se han podido hacer predicciones sobre dónde habrá un criadero del mosquito en tiempo o espacio, a través de la revisión en casas identificadas por coordenadas geográficas, lo que evita invertir dinero y esfuerzos en la revisión de estos criaderos.

"La estadística nos permite saber cuál es el número de casos de dengue que habrá a futuro y, a través de un modelo estadístico que se hace con datos históricos y con otras variables, podemos hacer predicciones dos o tres semanas adelante, de cara a diseñar estrategias de anticipación y prevención", resalta el investigador.

La Ingeniería de Sistemas, explica Mauricio Toro, toma estos modelos matemáticos y estadísticos, y los lleva a un software compuesto por una página web que tiene una interfaz muy simple que puede ser utilizada por un epidemiólogo para entender la información como él quiere verla.

"Queremos que la investigación que hemos realizado en estos seis años esté a un clic de la gente, que los epidemiólogos o quienes controlan la enfermedad tengan en el software el insumo para tomar las mejores decisiones. Para eso debemos idear una forma en la que no haya que irse a los artículos de investigación o, incluso, interactuar con nosotros todo el tiempo para comprender la herramienta", explica María Eugenia Puerta.

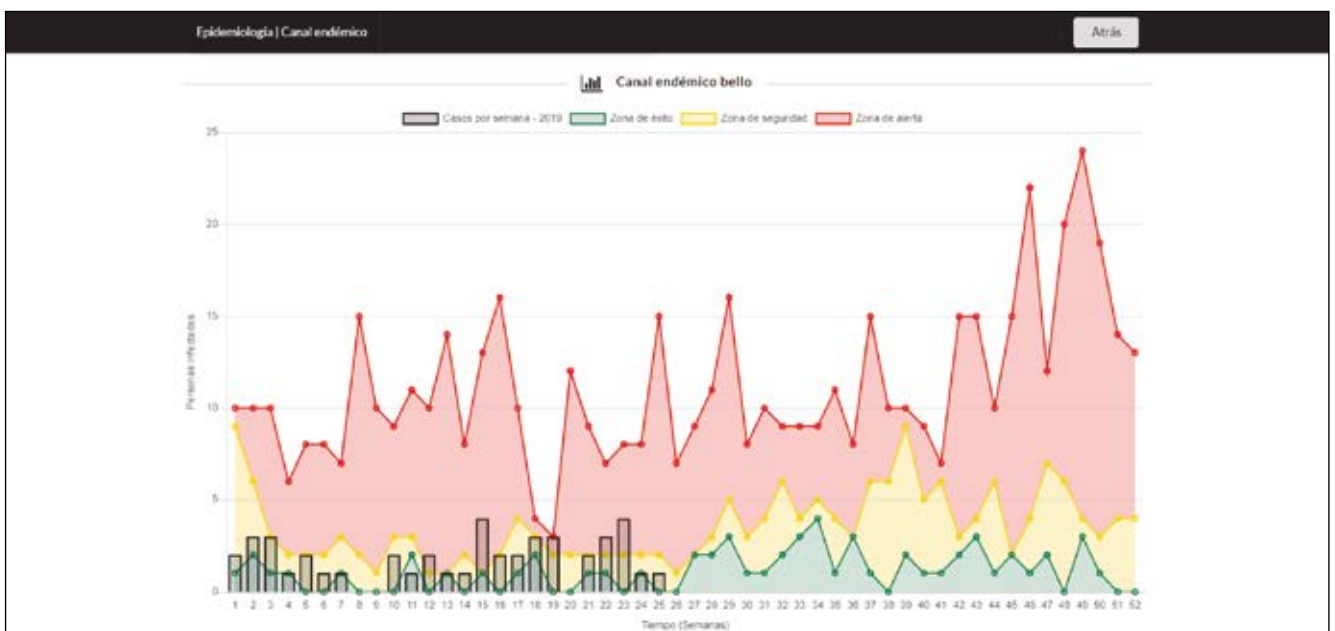
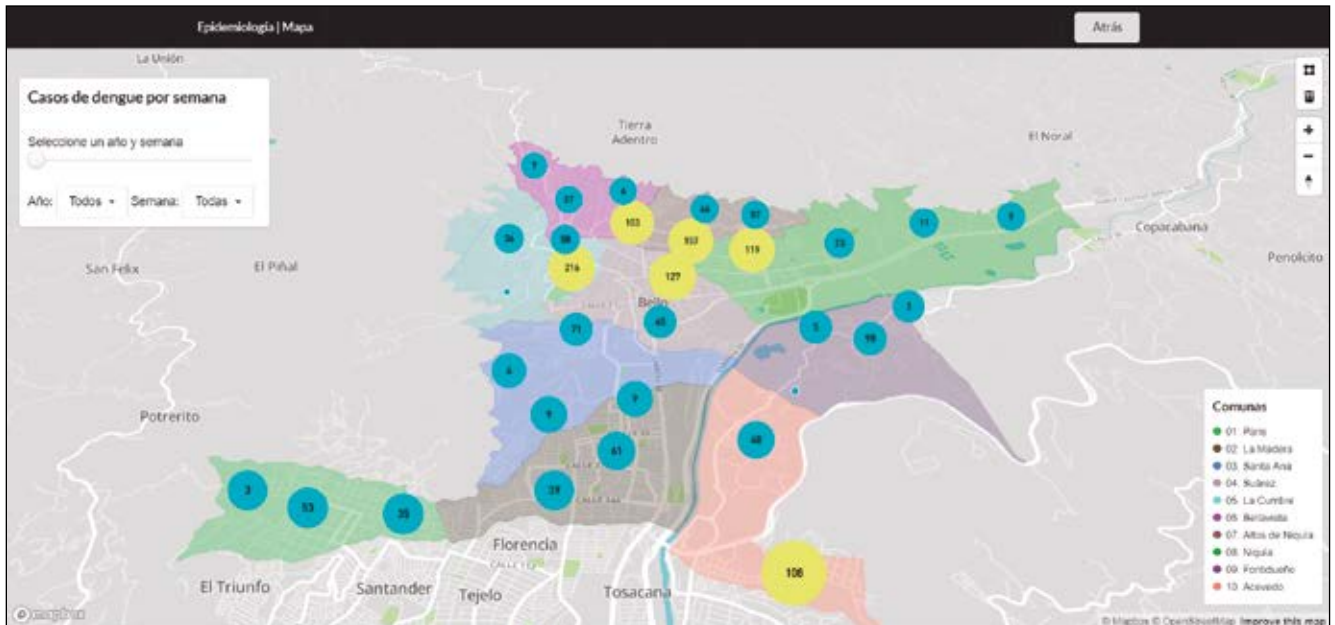
SE VEN LOS BENEFICIOS

Henry Pulido Duarte, epidemiólogo de la Secretaría de Salud del municipio de Bello, se ha beneficiado con los avances del proyecto: ahora puede predecir, de acuerdo con la introducción de ciertas variables en el software, los brotes epidémicos de dengue en su ciudad, crear una matriz gráfica e intervenir de manera ágil en las comunidades.

"El impacto del proyecto es crucial en nuestro municipio porque contamos con una herramienta que nos ayuda a introducir información precisa, hacer monitoreo, determinar casos por barrios o comunas, realizar intervenciones oportunas o hacer predicciones que nos permitan llegar de una manera más temprana al control de la enfermedad. Esto es un avance muy importante", refiere el funcionario.

Y es que, como lo dice la profesora María Eugenia Puerta, este estudio ha sido una fuente de inspiración para desarrollar las matemáticas, es un tema relevante para la sociedad, y para los investigadores y la academia en general representa un campo importante de trabajo.

El proyecto desarrolló modelos matemáticos capaces de entender y predecir la ocurrencia de esta enfermedad.



El software creado por el proyecto presenta tanto los datos estadísticos sobre el comportamiento de la enfermedad en barrios y comunas de cada municipio, como las predicciones, según la estadística, que permiten anticiparse con acciones preventivas en la comunidad.



Arriba: las acciones contra la enfermedad van desde el control mecánico -limpieza de lugares donde puede crecer el mosquito transmisor- hasta el control químico como la fumigación. Foto Robinson Henao.

Abajo: algunas tareas de inspección de lugares donde posiblemente se reproduzca el mosquito se hacen con base en lo que determina el modelo matemático creado para el control de la enfermedad. Foto Robinson Henao.

EL APOORTE FORMATIVO DEL PROYECTO

Esta investigación no solo tiene efectos hacia afuera, también en el terreno de lo formativo ha sembrado sus semillas, mediante la participación de estudiantes de pregrado y posgrado en las diversas etapas del proyecto de las dos universidades participantes. Algunos hablan de su experiencia:

“Hemos logrado una buena recepción por parte de los estudiantes para trabajar con nosotros -expresa la profesora María Eugenia Puerta-. A ellos les ha interesado entrar en estudios que incorporan estas áreas disciplinares y donde se enfrentan varios retos”.

Daniel Rojas Díaz, estudiante de Biología de EAFIT, afirma que estar inmerso en el proyecto le ha permitido encontrar en las matemáticas una nueva pasión: “Trabajar con profesores expertos en lo que hacen me ha ayudado a definir un perfil con aptitudes específicas y desarrollar otras habilidades”.

Camilo Londoño López, alumno de Ingeniería Matemática de EAFIT, fue uno de los encargados de llevar el modelo al software en la web. Dice que esa tarea le ha dado la oportunidad de nutrirse de aprendizajes donde confluyen diversos saberes.

Alexandra Cataño López, bióloga y estudiante de la maestría en Matemáticas Aplicadas de EAFIT, aduce que ahora tiene una visión más amplia de los fenómenos biológicos que aprendió en su pregrado, gracias al intercambio de conocimiento y al acompañamiento de los docentes.

Catalina Lesmes Ramírez, estudiante eafitense de Ingeniería Matemática, siente que ahora tiene las bases necesarias para hacer mejor su trabajo investigativo: “Ahora sé cómo se hace investigación y me he adaptado muy bien a este mundo”.

Y Henry Velasco Vera, egresado de la maestría en Matemáticas Aplicadas, está satisfecho con el crecimiento profesional y personal que le ha brindado el proyecto, pues ahora él está convencido del verdadero aporte que, desde las matemáticas, se pueden hacer a otras áreas, como en este caso a la biología.

“Demostramos, desde los modelos matemáticos y la información proveniente del trabajo de campo con datos reales, que la fumigación sí es una opción de control”.

Carlos Mario Vélez



Foto Robinson Henao.

LOS RETOS

Lo que viene para esta apuesta investigativa es lograr que todas las ciencias involucradas contribuyan no solo al control del dengue, sino también del zika, el chikungunya y de otras enfermedades de gran impacto social.

A su vez, procurar que, desde el punto de vista matemático, el modelo se ajuste a las diferentes regiones del país, es decir, que sea capaz de decir algo de las condiciones de cada territorio y poder compararlas entre sí.

“Hemos trabajado con estas cuatro unidades epidemiológicas del país, pero en Colombia hay otras ciudades que tienen esos mismos problemas y quisiéramos trabajar con ellas, sobre todo en las regiones de mayor incidencia de este tipo de enfermedades haciendo un desarrollo más robusto del software”, subraya María Eugenia.

Igualmente, se busca escalar el tema de modo que el Ministerio de Salud y todos los involucrados entiendan que hay académicos trabajando en investigación desde diferentes puntos de vista, y que hay que aunar esfuerzos, tener unas bases de datos más confiables y con mayor facilidad de acceso a estas, así como un mayor trabajo colaborativo entre áreas como la matemática, la biología y la informática.

“Si queremos hacer estos proyectos con pertinencia y gran impacto es necesario que los tomadores de decisiones e investigadores en este campo se involucren porque lo que queremos es contribuir a la solución”, puntualiza María Eugenia Puerta. ■

Investigadores

María Eugenia Puerta Yepes

Matemática de la Universidad de Antioquia, doctora en Ciencias Matemáticas por la Universidad Politécnica de Valencia (España). Sus áreas de interés son la biomatemática, la optimización y los sistemas dinámicos.

Henry Laniado Rodas

Licenciado en física y matemáticas, Universidad de Antioquia; magíster en Matemática Aplicada, Universidad EAFIT; doctor en Ingeniería Matemática, Universidad Carlos III de Madrid (España). Trabaja en las áreas de estadística y analítica de datos.

Mauricio Toro Bermúdez

Ingeniero de Sistemas, Pontificia Universidad Javeriana; doctor en Informática, Universidad de Bordeaux (Francia). La analítica de datos y la inteligencia artificial son sus campos de mayor interés investigativo.

Carlos Mario Vélez Sánchez

Físico, y magíster en Física y Matemáticas, Universidad de Kishinev (ex Unión Soviética); doctor en Ingeniería Automática e Informática Industrial, Universidad Politécnica de Valencia (España). Áreas de interés: sistemas dinámicos y sistemas de control automático.

Sair Arboleda Sánchez

Bióloga, magíster en Biología y doctora en Biología, Universidad de Antioquia. Trabaja en los campos de la genética y la parasitología.

Ómar Triana Chávez

Licenciado en Biología y Química, Universidad de Caldas; magíster en Biología, Universidad de Antioquia; doctor en Biología Celular, Universidad Santiago de Chile. Áreas de interés: ciencias naturales, ciencias biológicas, bioquímica, biología molecular y epidemiología.