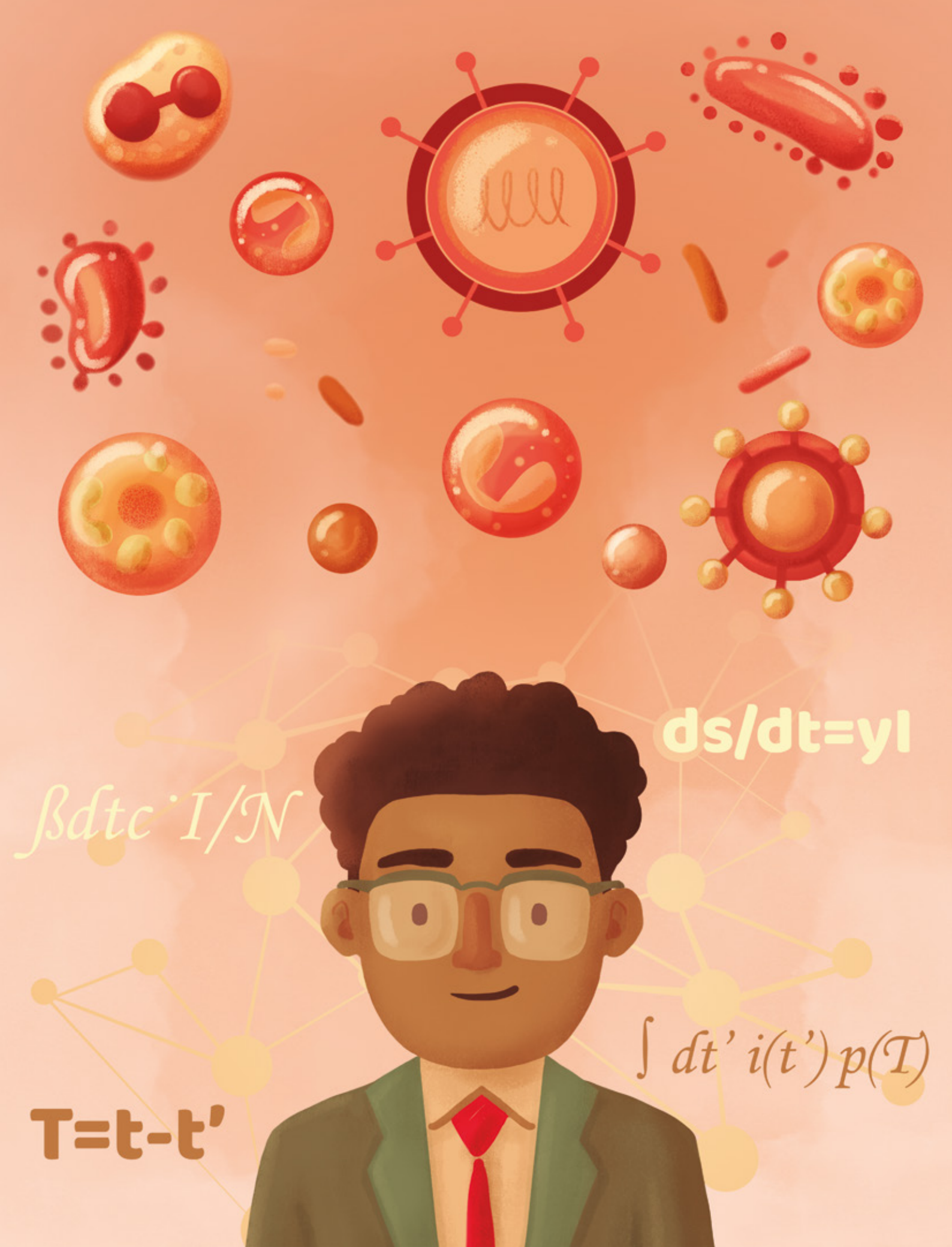




$$\beta dt c \cdot I/N$$

$$T=t-t'$$

$$ds/dt=yI$$

$$\int dt' i(t') p(T)$$

# UN MODELO MATEMÁTICO PARA CONTROLAR EL *CHIKUNGUNYA*

POR: LAURA CONTRERAS

PERIODISTA INVITADA

(LAURAINESCONTRERAS@GMAIL.COM)

ILUSTRACIONES: CAMILA SÁNCHEZ

(BEHANCE.COM/MIAUGENTA)

LA ALIANZA ENTRE LAS  
MATEMÁTICAS Y LA MEDICINA  
COMENZÓ EN EL SIGLO XVIII  
CON LOS APORTES QUE HIZO  
EL MATEMÁTICO DANIEL  
BERNOULLI AL ESTUDIO  
DE LA VIRUELA, CUANDO  
FORMULÓ UN MODELO  
MATEMÁTICO QUE INTENTABA  
EXPLICAR LA PROPAGACIÓN  
DE ESTA ENFERMEDAD. PERO  
SOLO HASTA PRINCIPIOS  
DEL SIGLO XX LA  
EPIDEMIOLOGÍA MATEMÁTICA  
HA CONTRIBUIDO EN  
FORTALECER LAS POLÍTICAS  
DE SALUD PÚBLICA EN  
TODO EL MUNDO. EN LA  
UNIVERSIDAD EL BOSQUE  
HAY VARIAS EXPERIENCIAS  
SIGNIFICATIVAS AL  
RESPECTO, AQUÍ UNA DE  
ELLAS.

Los países tropicales como el nuestro se ven enfrentados a diferentes epidemias. “No hay enemigo pequeño”, anuncian las noticias en cada época vacacional, pues es el momento del año en el que muchos colombianos viajan a lugares cálidos y húmedos, donde pueden encontrarse con el mosquito o vector infectado por dengue, *chikungunya* o zika, los más comunes. Según el *Boletín Semanal Epidemiológico*, hasta el 29 de junio de 2019 se han presentado trescientos treinta casos de *chikungunya* en Colombia. Si bien no es una enfermedad mortal, en algunos casos, los cuidados y la edad del paciente sí pueden representar un riesgo mortal.

## UN TEMA DE ESTUDIO

## RETADOR Y EXÓTICO

Si usted va por la calle y de lejos ve a Pedro José Ruiz, no se imagina el mundo que alberga su cabeza. Tiene un andar tranquilo, es alto y moreno y no pasa de los 50 años. Era ya ingeniero de sistemas, cuando el Doctor Gerardo Aristizábal, decano de la Facultad de Ciencias y Leonardo Donado director del programa, le hicieron la invitación a estudiar el programa de Matemáticas. Él no lo dudó mucho y aceptó. A los 44 años se volvió a sentar en un pupitre como estudiante de pregrado. Entre las clases y tutorías que dictaba para el Departamento y su nueva carrera, pasaron casi tres años para el momento de decidir el tema de su proyecto de grado y eligió uno poco común: la modelación matemática en epidemiología.

La aplicación de las Matemáticas en la epidemiología ha permitido descifrar algunos de los factores que inciden en un brote epidemiológico desde 1760 con la propuesta de Bernoulli para el estudio de la

viruela. Lo que sucede con la unión entre Matemática y Medicina, es que, a través de la modelación matemática, se permite dar respuesta a algunos de los interrogantes que tienen que ver con diversos factores propios de las enfermedades contagiosas. Es decir, para cada interrogante que tenga que resolver el investigador se necesita de un modelo matemático diferente. Los modelos matemáticos se usan para expresar relaciones, variables, parámetros, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad.

Así, junto a otro profesor quien terminó siendo su director de tesis, el profesor Pedro Ruiz desarrolló un modelo matemático con el propósito de estudiar la propagación de la enfermedad que hace parte del vector transmisor del *chikungunya*, que incluye la transmisión cruzada entre humanos y mosquitos.

Este es un modelo probabilístico que se diferencia de otros porque no utiliza la estadística clásica, sino que es una matriz de segunda generación (que permite adaptar los datos). Trata de simular el comportamiento de una enfermedad de tipo endémica, como el *chikungunya*. Pretende entonces, evidenciar si las estrategias y políticas que tiene el sistema de salud pública en Colombia están funcionando, de qué manera o en qué están fallando, todo esto con el fin de evitar que la enfermedad se convierta en una epidemia. Así, el modelo trata de ser preventivo, pero también reconoce que, si se está saliendo de ciertos límites, pueda alertar para hacer las respectivas correcciones.

Pedro José llegó a este tema gracias a Diego Fernando Aranda, uno de sus compañeros, profesor del programa y director de su tesis de grado, quien ya había trabajado desde los modelos matemáticos, no solo relacionados con la Medicina, sino también enfocado a investigación social. A pesar de encontrarse con un tema distinto a lo que había trabajado hasta entonces, contó con el apoyo de la Universidad y la experiencia del programa

en temas relacionados con la virología. “Conocí este tema y me gustó mucho, sobre todo porque es una propiedad tangible, funcional, y afecta la parte social, es interesante ver que se puede trabajar en conjunto con otras áreas del conocimiento”. Ruiz está convencido de que las Matemáticas pueden aportar a la transformación de muchas realidades sociales.

Para este proyecto de grado, Ruiz y Aranda tomaron datos que fueron recopilados durante un año en Camboya, un país que cumple las mismas condiciones ambientales a las de Colombia, y mediante la modelación de esos datos, comenzaron a observar si la enfermedad estaba siendo controlada o no. Desarrollaron esto a través de valores específicos que indicaban si el control del virus estaba por debajo o

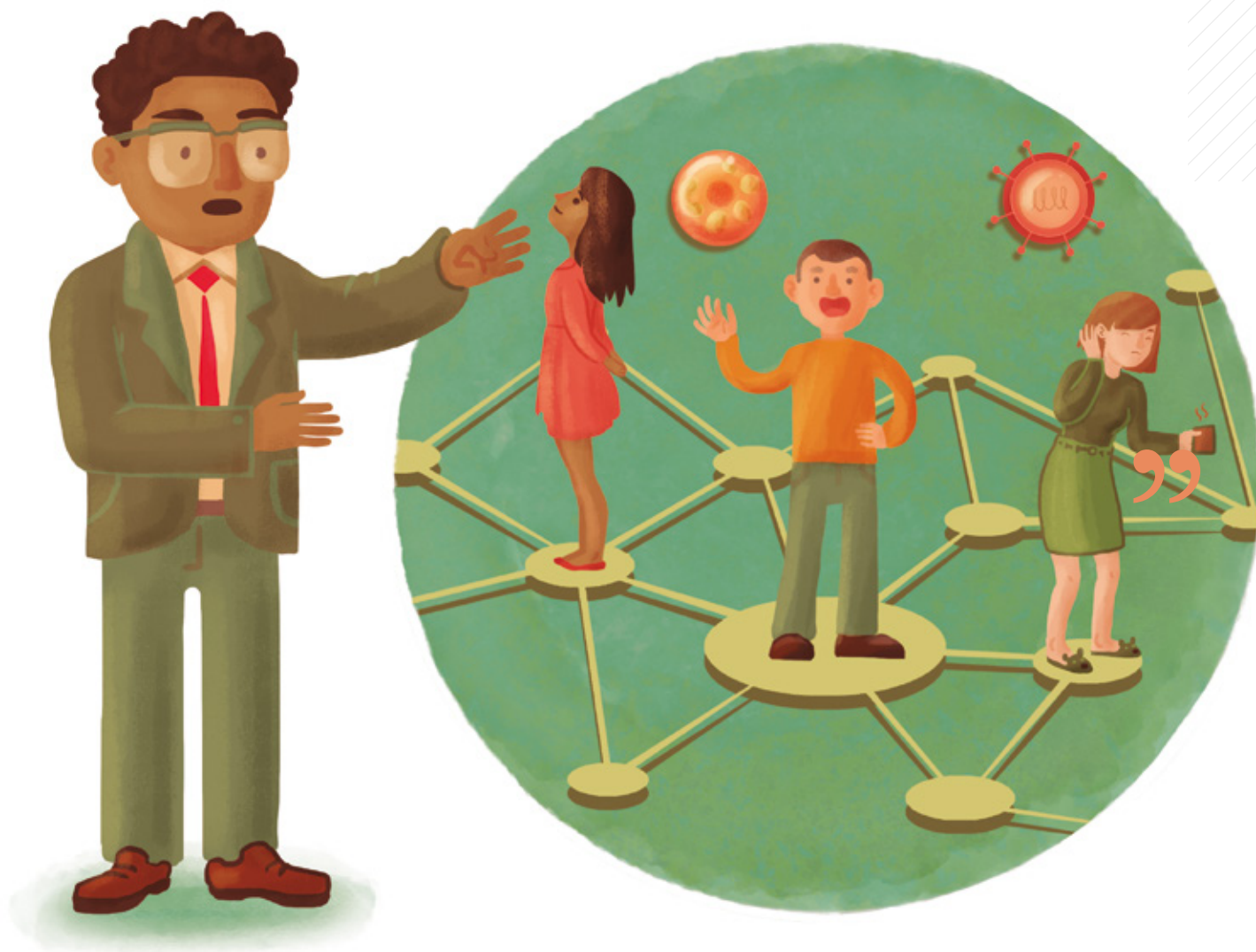
por encima de los parámetros establecidos, y así podían entender su comportamiento.

## EL RETO DE

## DESARROLLAR EL

## MODELO

El desarrollo del modelo duró año y medio. Pero, ¿cómo se experimenta desde las Matemáticas?, “es muy parecido a lo que hace un químico o un físico. Uno hace la hipótesis de lo que sospecha o lo que cree, después, crea



el modelo y luego, empieza a mirar la simulación en computadores. En este caso, al principio observamos que había unos parámetros que no funcionaban”. Los resultados del modelo no salieron de inmediato y lo que sucedió después fue un poco de experimentación de prueba y error, “mirando y escarbando”, nos dimos cuenta que la matriz de segunda generación nos daba más herramientas de modelación, señala Ruiz.

Y aunque a su modo de ver, el modelo que desarrollaron es básico, la idea era sentar un precedente para demostrar que sí se puede modular las enfermedades desde la matriz de segunda generación, método que han estado utilizando en los últimos quince años desde la epidemiología matemática, pero que en el sistema de salud pública en Colombia aún no es tan conocido. “El modelo, en su forma, es de tipo modular, esto implica que puede ser adaptado o puede ser simulado con otras enfermedades como el dengue o cualquier otra que tenga este tipo de comportamiento” comenta el profesor Ruiz.

“En términos básicos, uno está acostumbrado a que el comportamiento de un modelo matemático se dé en una forma determinada (parábola, recta, exponencial, por ejemplo), pero en la vida real hay modelos que no se adaptan solo a eso, sino que son marcantes de subidas y bajadas”. De esta manera, Ruiz y Aranda comenzaron a modificar algunos valores, y entre prueba y prueba, llegaron a la respuesta. “Si lo hubiéramos hecho los dos solos, nos hubiéramos

demorado mucho, teníamos el apoyo de varios compañeros de universidades de Estados Unidos y de Brasil que nos colaboraron con la parte de las simulaciones”, afirma Ruiz.

## DE CARA A LAS

## EPIDEMIAS EN EL PAÍS

El profesor Ruiz afirma que las enfermedades van mutando rápidamente y por esta razón, la epidemiología matemática y los modelos que se desarrollen deben ser dinámicos y cambiantes. En el caso del chikungunya, se ha encontrado que la enfermedad se está volviendo cada vez más resistente y sus características comienzan a cambiar, con el tiempo se convierten más difíciles de tratar o combatir. “Entonces, al ser dinámico y modular, lo que estamos tratando de hacer es analizar, por ejemplo, el dengue: por qué vuelve. El mismo modelo se retroalimenta con la información que tiene, la intención es tomar la información que nos sirve y empezar a modelar a partir de ecuaciones diferenciales”.

Para Ruiz, en esta experiencia sucedieron dos cosas memorables: “ver la cara de satisfacción, con asombro, con convencimiento, de alguien que sabe mucho de virología como el doctor Jaime Castellanos, y que afirmara que estaba complacido con lo que se había hecho y que la tesis no solo era una tesis de pregrado, sino que parecía de maestría, nos dio mucha alegría, no solo por la satisfacción de haber realizado este largo trabajo, sino también, por haber abierto una puerta de comunicación entre varias disciplinas en la Universidad”. El otro momento fue ver el rostro de su hijo cuando recibió su diploma de matemático: “verlo a él sonriendo como que no la creía, y hacerme sentir que todavía soy su héroe, con ya doce años, realmente es una alegría muy grande y le da a uno

“  
**...El modelo puede  
ser simulado con  
otras enfermedades  
como el dengue o  
cualquier otra que  
tenga este tipo de  
comportamiento**”

la ilusión y la esperanza de que se pueden hacer cosas muy interesantes en la Universidad”.

Por esta razón, el profesor ya comenzó a hacer lo propio. En cada espacio que es invitado, anima a los estudiantes a explorar, a ir más allá y, sobre todo, a enfocarse en que el aporte a la sociedad desde las Matemáticas puede ser muy grande. Para una feria de la Facultad de Ciencias lo invitaron como expositor de su tesis y además de llamar mucho la atención de los estudiantes de biología y de biólogos profesionales, el trabajo fue declarado fuera de concurso. Esto ha hecho que sea una oportunidad para seguir afianzando los lazos entre los distintos Departamentos de la Facultad y por qué no, con otras disciplinas. “Eso es lo que hemos buscado, y se ha invitado a los estudiantes para que, en su proyecto o tesis de grado, cuenten

con el Departamento de Matemáticas para hacer las simulaciones. Ya se está trabajando con la Facultad de Ciencias y la unidad de virología de la Universidad. Lo que hemos buscado siempre es que sepan qué estamos haciendo, los hemos invitado a conocer lo que desarrollamos en el grupo de investigación Signos, pues una de sus líneas es la modelación matemática”.

Para el profesor vienen varios planes, por ahora, ya comenzó a trabajar en el grupo de investigación Signos en otros modelos que aportan al estudio de los virus. Ahora está concentrado en un estudio del *Aedes aegypti* cerca de Girardot, por sus condiciones climáticas, con la UNAD (Universidad Nacional Abierta y a Distancia), y espera generar nuevos lazos y alianzas que hagan que, desde las Matemáticas, se desarrollen alternativas para mitigar las epidemias en el país. ♦

**“...las enfermedades van mutando rápidamente y por esta razón, la epidemiología matemática y los modelos que se desarrollen deben ser dinámicos y cambiantes”**

