

Poblaciones sintéticas para pronosticar epidemias

Ingrid M. Tinoco-Berrios*, David F. Delgado S+ y Silvia Sánchez Ramírez*

17 de septiembre de 2019

Para elaborar modelos matemáticos se requieren datos. Muchos datos. Son la materia prima para observar tendencias y estudiar, por ejemplo, la propagación de enfermedades en las poblaciones humanas. Sin embargo, obtener información para la investigación no es tarea fácil.

“Cuando vas a una institución y dices: ‘necesito datos para hacer [modelos]’, te responden ‘muéstranos un resultado y vamos a creer en tu capacidad’. Y respondes: ‘pero necesito datos primero’”, dijo en entrevista Vasiliy Leonenko, profesor titular del Instituto de Diseño y Estudios Urbanos de la Universidad ITMO de San Petersburgo.

Durante 2019, Leonenko, matemático especializado en modelado, realizó una estancia como investigador visitante en el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas de la UNAM. El pasado 21 de agosto presentó los avances de su investigación en la conferencia *Modelado y pronóstico de los brotes de influenza en ciudades rusas* dentro del ciclo *Seminario de Invitados al C3* del Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) de la UNAM.

El académico explicó que esta investigación tiene como objetivo “matar dos conejos de un tiro”, o pájaros, como diríamos en México. Por un lado, busca utilizar poblaciones sintéticas y modelaje basado en agentes para simular “la estructura espacial de ciudades rusas como San Petersburgo”, una aproximación que, según el investigador, es novedosa. “Nadie, según mi información, ha intentado reproducir la población de Rusia usando este método”, dijo en entrevista.

El segundo ‘conejo’ es probar estos modelos para determinar si es posible pronosticar cómo se van a propagar los brotes de influenza en las ciudades con diferentes tipos de redes de contactos. “En este momento la idea es ver cómo la estructura de las ciudades (flujos de gente usando transporte público, sus contactos entre sí, etc.) influye en la propagación de influenza. Teóricamente, si sabemos qué tipo de estructura tiene la ciudad podríamos predecir la dinámica de la enfermedad”, escribió vía correo electrónico.

Modelado

Leonenko explicó a la audiencia durante su presentación, que uno de los primeros obstáculos que enfrentó junto con sus colaboradores fue encontrar un modelo que representara la dinámica de la influenza y su propagación.

Para ello, evaluaron las características que debía tener dicho modelo como ser compatible con los datos disponibles (una de las principales limitaciones por la falta de información), que tuviera una buena capacidad predictiva y que requiriera de pocas variables para poder identificar aquellos “factores que son importantes en el país”, explicó Leonenko en entrevista.



Así desde 2016, comenzaron a trabajar en el desarrollo de un modelo predictivo de la influenza. “Lo mejor es buscar modelos más simples. Entonces comenzamos a mirar en esta dirección”, dijo durante la ponencia. En un primer [trabajo](#) retomaron el modelo predictivo y enfoque de *Baroyan-Rvachev* y lo probaron con datos recientes de las poblaciones de las tres ciudades más grandes de Rusia: Moscú, San Petersburgo y Novosibirsk que contaban con información sobre la incidencia semanal de infecciones respiratorias agudas (incluida la gripe) de 1986 a 2014.

Para cada ciudad se evaluó si la dinámica de los brotes de influenza podría describirse satisfactoriamente en un modelo poblacional general simple y a su vez cómo este modelo podría modificarse para adaptarse mejor a los datos de la epidemia. Sin embargo, de esta primera investigación se concluyó que la fuerza descriptiva del modelo era bastante limitada.

En las grandes ciudades, como en las que se basan sus estudios, gran parte de los habitantes trabajan y conviven en espacios con muchos individuos, por lo que hay más contactos diarios entre ellos. Por ello, decidieron considerar que los datos provenientes de las ciudades más grandes de Rusia serían afectados por la manera en la que interactúan las personas.

En un [siguiente paso](#), Leonenko y colaboradores emplearon simulaciones construidas a partir de datos geográficos y demográficos locales que permitieron explicar las redes de contacto entre los individuos, es decir, qué tanto las personas sanas y enfermas interactúan entre sí según su cercanía en un espacio físico. De esta investigación concluyeron que el acoplamiento de poblaciones sintéticas con modelos basados en agentes (cada persona modelada es un agente), “es un enfoque factible que permite realizar modelos de propagación de influenza [...] incluso cuando se utiliza un número limitado de datos para reconstruir la población urbana”, escribieron en el artículo donde reportaron los resultados.

En un [artículo](#) más reciente, Leonenko y colaboradores, incluyeron en su modelaje de poblaciones sintéticas parámetros como la proporción de individuos susceptibles a enfermarse en la población, virulencia de la cepa del virus de influenza y número de contactos diarios entre grupos de edad.

Con esta aproximación, los investigadores pudieron calcular cuántas personas emigran de San Peterburgo a cualquier otra ciudad con el fin de comprender cómo comenzará un brote de influenza en esa otra ciudad. “Básicamente, teniendo un sólo brote en Rusia, podemos predecir todos los otros brotes. El momento de inicio, el tiempo (que tan veloz será la propagación) y su alcance”, explicó durante la ponencia.

Influenza

El problema con la influenza es que el virus “evoluciona constantemente”, explicó por mensaje instantáneo Victor Alberto Hernández Hernández, virólogo y colaborador del proyecto *Efecto protector de la vacuna estacional contra influenza* del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas (INER).

Estos cambios constantes son los que hacen que la influenza sea un problema de salud pública, puesto que cada año nos enfrentamos a una nueva variante altamente contagiosa a través del estornudo y tos. Del [virus](#) que causa la influenza existen dos tipos, la A y B que anualmente causan epidemias de influenza estacional. Se [estima](#) que, desde 2010, cada año la influenza causa enfermedad a entre 9 y 50 millones de personas, 140,000 a 960,000 hospitalizaciones y 12,000 a 79,000 muertes al año.



Futuro

Los modelos “pueden modificarse para ajustarse mejor a los datos [observados] de la epidemia”, escribieron Leonenko y colaboradores en un artículo publicado en la revista *Procedia Computer Science* en 2016. La idea es poder utilizar el mismo modelo en distintas poblaciones y adaptarlo al cambio en el valor de los parámetros que se incluyen durante las simulaciones, como el tipo de cepa.

Hasta el momento Leonenko se ha concentrado en factores que considera relevantes como los patrones de contacto entre los individuos. Sin embargo, a partir de su colaboración con Carlos Gershenson, investigador del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas de la UNAM, miembro del C3 y responsable del programa de Inteligencia Computacional y Modelación Matemática, espera poder identificar otros parámetros que no hayan sido considerados previamente y que ayuden a mejorar los resultados predictivos de su modelación.

De acuerdo a Leonenko, Gershenson parte del supuesto de que es posible clasificar las ciudades de Rusia de acuerdo con macroindicadores relacionados con la dinámica del número de casos en cada una de las ciudades en un año particular. Estos indicadores se relacionan con la [teoría de sistemas complejos](#), área en la que el investigador es experto.

Por el momento, Gershenson y Leonenko están estudiando la dinámica de los rangos de la incidencia anual acumulada de influenza para diferentes ciudades. Este indicador permitiría detectar “líderes” y “extraños” en la incidencia de la influenza e hipotetizar las razones de las diferencias entre ciudades en este aspecto. Más adelante, planean comparar las epidemias de influenza en términos de entropía, emergencia y complejidad, lo que permitirá considerar la dinámica de las epidemias desde una nueva perspectiva, según explicó Leonenko por correo electrónico.

*Becaria del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE308217

+Ayudó a reportear

