

Modelo matemático para reducir el riesgo de una nueva ola en Bogotá en el escenario de apertura de espacios educativos.

¿En qué consiste el modelo matemático para la apertura de espacios educativos en Bogotá?

Es un modelo estocástico basado en individuos en el que se incluye una representación de cada uno de los habitantes de Bogotá, basados en el censo y otros datos. El modelo simula interacciones diarias entre individuos basados en sus actividades, como lo son estar en la casa, salir a visitar a alguien, ir al trabajo o al colegio o centro educativo. El contagio de SARS-CoV-2 se puede dar en cualquiera de los espacios donde los individuos interactúan físicamente. Utilizamos este modelo, calibrado de acuerdo con reportes diarios de muertes, para reconstruir la dinámica de transmisión en la ciudad.

La reapertura de colegios se modeló de acuerdo con tres **variables****: grado escolar, índice de pobreza multidimensional del colegio, y momento de la apertura (enero, febrero o marzo). Al reabrir los colegios, los estudiantes aumentan sus contactos con otros estudiantes que asistan al colegio, así como con profesores y personal de educación. **En el modelo, el número de contactos por día para cada persona en el colegio se modula según la cantidad de estudiantes por grado (aforo) y el uso de las medidas de protección personal como la mascarilla.**

¿Quiénes componen el equipo de investigación?

El equipo es un grupo multidisciplinario de expertos en modelamiento matemático de epidemias que involucra investigadores de varias instituciones: Dr Guido Camargo de la Universidad de Notre Dame, Dra Zulma Cucunubá del Imperial College London y la Universidad Javeriana, y el Grupo de Modelamiento y Control de Sistemas Biológicos a la cabeza del Profesor Hernando Díaz de la Universidad Nacional de Colombia.

El modelo corre mediante el centro de computación para la investigación (CRC) de la Universidad de Notre Dame y las salidas del modelo se visualizan en el Centro de Alto Rendimiento de la Universidad Javeriana, ZINE.

¿Cómo se construyó el modelo?

Para reconstruir la población de Bogotá, utilizamos datos de diversas fuentes, como lo son microdatos del censo, estadísticas de población por unidad de planeación, estadísticas de movilidad, información detallada de los lugares de trabajo y colegios en la ciudad. En esta población sintética, utilizamos datos de matrícula estudiantil de la secretaría de educación de Bogotá desde pre-jardín hasta educación superior.

El modelo está basado en una plataforma de reconstrucción de epidemias llamada FRED, que fue desarrollada en la universidad de Pittsburgh como respuesta a la pandemia de influenza 2009. Este modelo lo hemos modificado para modelar COVID-19 en escenarios de apertura escolar en Bogotá. Este mismo modelo lo hemos validado anteriormente y utilizado para evaluar el impacto de reapertura escolar en Indiana y de intervenciones no farmacéuticas en un consorcio de modelos en Estados Unidos. Además, este modelo hace

parte de un ensamble de modelos utilizado como herramienta para proyectar muertes en Estados Unidos.

¿Cuáles son los supuestos del modelo?

Todos los modelos matemáticos obedecen a varios supuestos. En este caso, este modelo asume.

- Protección a largo plazo debido a infección: aún no se cuenta con estimados de duración de inmunidad, razón por la cual en el corto plazo se considera que los individuos tendrán una inmunidad suficiente en la duración de las simulaciones del modelo (1.5 años).
- El modelo asume que 75% de personas > 8 años usan mascarilla correctamente. La eficacia de mascarilla está determinada por odds ratio de 0.73, es decir una probabilidad individual reducida en 27% con cada potencial encuentro de riesgo.
- Probabilidad de síntomas aumenta con la edad: hay evidencia concluyente que permite conocer que la probabilidad de enfermar gravemente y morir aumenta con la edad.
- Homogeneidad en la implementación de medidas en los colegios: el modelo asume que las medidas de protección tales como mascarillas, distancia y control de aforo se dan de forma uniforme en todos los colegios. En realidad, esto podría ser diferente y será algo importante a incluir en el futuro una vez se cuente con datos al respecto.
- Uso de mascarillas en la comunidad general se mantiene constante en el futuro
- Susceptibilidad ante infección: debido a que existe evidencia contradictoria entre sí los niños presentan una susceptibilidad reducida a infectarse con respecto a los adultos, se modelan escenarios con menor susceptibilidad y con igual susceptibilidad.
- Capacidad de transmisión: dado que no existe evidencia de una capacidad diferencial de transmisión de niños vs adultos, se asume que es igual

¿Cuáles son los principales hallazgos?

El riesgo de una nueva ola en el contexto de apertura no controlada o poco controlada de espacios escolares es alto. Sin embargo, este riesgo se puede mitigar si se toman medidas tales como el uso de mascarilla y el control de aforo de acuerdo a las capacidades de mantenimiento del distanciamiento, pero también de la edad de los estudiantes.

Los niños más pequeños (pre-escolar), dado el tamaño poblacional, y el tipo de interacciones que tienen, significan un riesgo bajo a la contribución de una nueva ola (niveles de aforo superiores a 75% son de poco riesgo). Mientras que la primaria representa un riesgo moderado (niveles superiores al 50% son de riesgo importante). Por su parte, la secundaria y universidad representan un riesgo mayor si no se hace control de aforo (niveles superiores a 35%). Un escenario óptimo con el menor riesgo a una tercera ola de Bogotá implicaría la combinación de máximo estos aforos. Estos niveles de aforo tienen relevancia no solo por el espacio físico de las instalaciones, sino porque cada edad y grado representa un número mayor de interacciones tanto dentro el mismo curso como con cursos diferentes y tanto dentro como fuera de los espacios escolares, sumado a un incremento sustancial de la movilidad en la ciudad.

Otro hallazgo importante es que la contribución de los niños más pequeños (pre-escolares) es muy baja en cualquiera de los escenarios, por lo cual ante situaciones hipotéticas de nuevos cierres de espacios educativos, sería recomendable empezar por los cursos más altos, garantizado el mayor y más amplio tiempo de apertura a los más pequeños. Estos hallazgos aplican tanto con supuestos de igual o menor susceptibilidad (probabilidad de infectarse) de niños con respecto a adultos.

¿Qué limitaciones tiene este modelo?

Los modelos son informativos, pero también tienen limitaciones. Nuestro modelo no tiene capacidad de predecir el futuro, sólo de proyectar potenciales escenarios que pueden ocurrir si los supuestos de cada uno de ellos se cumplen en la realidad. Es fundamental que el modelo pueda actualizarse con periodicidad de al menos 2 semanas para ir ajustando las proyecciones y evaluando el cumplimiento de los escenarios. Nuestro modelo se irá ajustando según las observaciones que se vayan recogiendo prospectivamente.

Nuestro modelo aún no incluye escenarios sobre nuevas variantes, dado que aún no tenemos evidencia de la dominancia de variantes en la ciudad, información que será necesaria para re-evaluar las medidas.

El modelo no ha implementado el testeo ni rastreo dentro de los colegios, esto en razón a que aún no es fácil determinar cuál es la tasa de testeo posible al interior de los colegios, particularmente en primaria y pre-jardín donde los síntomas son más leves. De ser implementadas estas estrategias, es esperable una mayor mitigación de la transmisión, particularmente en secundaria y en universidades, donde los síntomas serán más evidentes debido a la mayor edad de los estudiantes. Igualmente, por ahora nuestro modelo no incluye estrategias de vacunación puesto que aún no tenemos información específica de la distribución y cobertura de vacunas en la ciudad.

El modelo no está diseñado para informar el impacto al interior de cada colegio de forma individual, sino el impacto promedio en la transmisión de toda la ciudad y su relación con la apertura de estos espacios educativos. Es importante anotar que este modelo no puede ser la única herramienta para la toma de decisiones sobre apertura escolar, pues se requiere valorar impactos no solo en transmisión sino impactos sociales de las diferentes medidas. Nuestro modelo no valora los impactos sociales de las intervenciones.

¿Con quiénes se pueden comunicar para más información sobre este modelo?

guido.espana@nd.edu ó zulma.cucunuba@javeriana.edu.co