**COLEGIO JOSÉ MARTÍ**

**“FORMACIÓN PARA EL DESARROLLO HUMANO, INTEGRAL Y SOCIAL”**

GUÍA DE TRABAJO MATEMATICAS SEXTO

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| DOCENTE | **Harold Morales** (607) [hmorales@educacionbogota.edu.co](mailto:hmorales@educacionbogota.edu.co)  **Carlos Castañeda** (603,605,606,703) [cacastaneda@educacionbogota.edu.co](mailto:cacastaneda@educacionbogota.edu.co)  CAROLINA MORENO (601,602,801,802,803,804,903) [scmoreno@educacionbogota.edu.co](mailto:scmoreno@educacionbogota.edu.co)  ALVALEDI CASTRO (604,704,901,902) [acastror3@educacionbogota.edu.co](mailto:acastror3@educacionbogota.edu.co)  MARTHA GOMEZ (701,702) [msgomez1@educacionbogota.edu.co](mailto:msgomez1@educacionbogota.edu.co) | | |
| ESTUDIANTE |  | | |
| CURSO |  | FECHA ENTREGA |  |

**Maloma**

**Coronavirus: matemática del contagio para mantener la calma en medio del caos**

**Cada enfermedad tiene su propio número R0, que indica el número promedio de contagios que genera una persona infectada**

La matemática del contagio es simple. Tan simple como crucial. Ahora que hemos aprendido a lavarnos las manos adecuadamente, pasamos a la fase dos, que viene con sorpresa: **las matemáticas**. Si renunciamos al esfuerzo, corremos el riesgo de no entender qué es todo esto que nos está sucediendo, y eso acaba con un desgraciado dejarse llevar por un pánico a menudo infundado.

Para empezar, dividámonos en tres grupos. Un secreto de las matemáticas es nunca ir demasiado lejos para lo sutil, y las matemáticas del [coronavirus](https://www.elmundo.es/e/co/coronavirus.html)distinguen a la población, a todos nosotros, de una forma aproximada: están **los Susceptibles (S)**, las personas que podrían infectarse; **los Infectados (I)**, aquellos que ya han sido infectados; y **los sanados o Recuperados (R)**, que son aquellos que se infectaron, han superado la enfermedad y ahora ya no transmiten el virus.

Cada uno de nosotros es capaz de reconocerse instantáneamente en una de estas categorías, cuyas iniciales forman el nombre del modelo al que los **epidemiólogos**recurren en las últimas semanas como un oráculo: el **modelo SIR**. Fin.

Vale, no, no hemos llegado realmente al final. Nos falta al menos otro concepto. Dentro del modelo SIR, dentro del corazón de cada infección, se oculta un número, diferente para cada enfermedad. En los últimos días ha surgido aquí y allá en discusiones y artículos. Se conoce convencionalmente como **R0, "erre sub cero"**, y su significado es fácil de interpretar: R0 es el número de personas que, en promedio, cada individuo infectado infecta a su vez.

## CORONAVIRUS: R0 DE 2,5

Para el sarampión, por ejemplo, el R0 se estima en alrededor de 15. Es decir, durante un brote de sarampión, una persona infectada infecta a un promedio de otras 15, si ninguna está vacunada. Para las paperas, el R0 es aproximadamente 10. **Para nuestro coronavirus, la estimación de R0 está alrededor del 2,5**. Aquí alguno saltará inmediatamente a las conclusiones y dejará de leer: "¡Hurra! ¡Es bajo! ¡Al diablo con las matemáticas!". No exactamente, espere. **La gripe española la de 1918, tuvo un R0 de alrededor de 2,1**. Y todos hemos oído hablar de ella.

Pero por ahora no queremos apresurarnos para determinar si el **"erre sub cero"** del **coronavirus**es alto o bajo. Primero nos interesa saber qué pasa cuando el **R0 es menor que 1**. Si cada infectado no infecta al menos a otra persona, la propagación se detiene por sí sola. **La enfermedad es un incendio, un brote vacío.** Si, por el contrario, **R0 es mayor que 1**, aunque sea ligeramente, estamos en presencia de un **principio epidémico**.

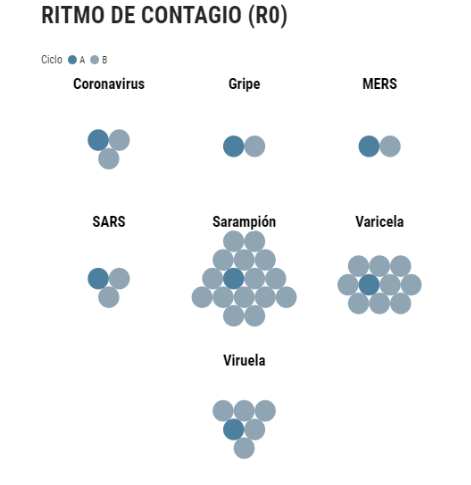
Para visualizarlo, sólo imagine que **los infectados son canicas**. Se lanza una canica solitaria, el infame **paciente cero**, y golpea a dos más. Cada una de ellas afecta a dos más, que a su vez afectan a dos más cada una. Y así sucesivamente. Es lo que se llama crecimiento exponencial, y es el comienzo de cualquier epidemia.

En la primera fase se infectan cada vez más personas y cada vez más rápido. La velocidad depende del tamaño de R0 y de otra variable fundamental de esta matemática transparente y decisiva: **el tiempo promedio que transcurre entre el momento en que una persona se infecta y el momento en que esa misma persona infecta a otra**. Esa ventana de tiempo, en el caso de **Covid-19**, se estima en alrededor de**siete días**.

Aquí sí: fin, de verdad. Una vez absorbida esta poca información, podemos resumir todos los esfuerzos institucionales, todas las medidas "draconianas", las cuarentenas, el cierre de escuelas y teatros y museos, las calles vacías, en **una única intención matemática: reducir el valor de R0**. Esto es lo que estamos haciendo con gran dolor y sacrificio. Porque cuando el R0 cae, la expansión se ralentiza. Y cuando R0 se lleva cuidadosamente por debajo del valor crítico de 1, la difusión comienza a detenerse. A partir de ese momento, es la epidemia misma la que se asfixia. Las personas, ya no.

## ¡QUÉ EXAGERADOS!

En un primer ciclo los sujetos A contagian a los sujetos B, el número de contagios posibles a partir de cada sujeto es lo que se denomina número reproductivo básico o R0.



En los últimos días se ha abierto una falla entre aquellos que aceptan con humildad lo que viene dispuesto desde arriba y aquellos que claman que es una exageración, una locura, una "psicosis colectiva". O tal vez ni siquiera lo gritan, sino que adopta una actitud más despectiva, más intelectual, como si dijeran: "Vaya tontos, se dejan engañar", que es básicamente lo mismo.

Este tipo de escepticismo es transversal, no depende del nivel de educación ni del origen ni la edad; bueno, tal vez de la edad un poco sí: los adultos-adultos parecen particularmente inclinados. En cualquier caso, es una actitud humana y está particularmente de moda en nuestra época. Pero quien insiste en que la contención excepcional establecida es "exagerada" no ha entendido las matemáticas. O las ha tergiversado.

Un malentendido común, por ejemplo, surge de la comparación propuesta con la gripe estacional. Lo que une al **Covid-19** con la **gripe estacional** es la forma de contagio: ocurre a través del intercambio de gotas lanzadas al aire a través de los estornudos y de la tos.

Y hay síntomas generales, por supuesto, que son similares, una confusión que causó demoras en la contención inicial y algunos accidentes desagradables como el del hospital **Codogno** [al que el primer ministro italiano **Giuseppe Conte** ha acusado de estar en el origen del foco] . Pero por el momento no hay ninguna evidencia de que el **coronavirus**tenga un pico estacional autónomo y luego retroceda, como la gripe ordinaria.

Respecto al **pico de infecciones**, también nos han venido engañando con la noticia de que en **China**ya se ha superado, y que pronto nos llegará también a nosotros. Es la interpretación incorrecta de un dato. Sería más correcto decir que "un" pico, el primero, se ha alcanzado y superado en China.

Esto sucedió de manera precisa y exclusiva debido a sus medidas hiperrestrictivas, es decir, **bloquear a unos cientos de millones de personas en sus hogares**, pero no por una característica intrínseca de la enfermedad. En resumen, al R0, en China y después en el resto del mundo, lo han arrastrado por la fuerza. Y ahora se mantiene bajo por fuerza, como si todos, obedeciendo a las instituciones, estuvieran presionando la tapa de una olla llena de agua hirviendo.

Ojo, que si las medidas se relajaran, en China como en Europa, el R0 probablemente volvería a su valor "natural" de 2.5. El contagio comenzaría a extenderse exponencialmente. Los epidemiólogos saben que **la única forma de detener de verdad una epidemia es que el número de Susceptibles sea lo suficientemente bajo como para hacer poco probable el contagio**.

Por ejemplo cuando la población está vacunada. **Las vacunas nos hacen cambiar de Susceptible a Recuperado sin siquiera pasar por la enfermedad.** Pero este no es el caso por el momento. El **Covid-19** todavía es demasiado nuevo para nosotros los humanos.

Saltó de un murciélago a otro animal, tal vez una serpiente, y allí los dos códigos genéticos se mezclaron de una manera desafortunada; y de ese segundo invitado dio otro salto al hombre, como un asteroide que arroja un elemento químico desconocido a la Tierra. No tenemos anticuerpos efectivos y no tenemos vacunas. Ni siquiera tenemos estadísticas. Traducido al modelo SIR, significa que todavía somos todos susceptibles.

**Pregunta de examen de matemáticas: "¿Cuántos Susceptibles tiene el Covid-19 hoy?". Respuesta: "Algo más de siete mil millones".**

## PRONÓSTICO DEL TIEMPO

Otra aberración común se refiere a la furia de los medios sobre el **"paciente cero" en Italia**. Patient Zero es un título perfecto para una serie distópica de Netflix o para una película de zombies, de hecho ya existe. Pero el paciente italiano cero ha sido de casi cero interés para los epidemiólogos durante días.

Desde ese punto de origen fantasma, las líneas secundarias y terciarias ya se han ramificado, silenciosas trayectorias de contagio, muchas de las cuales probablemente están latentes. En Florencia, en Liguria, en Alemania, en los Estados Unidos, quién sabe dónde.

Y finalmente, está **el álgebra del peligro**, que también es engañoso. Dividimos el número de muertes entre el número de brotes: cero coma cero algo. Traducido: "¡No morirás!". Mientras, los virólogos se dejan la garganta repitiendo que el verdadero problema es otro. **La tasa de hospitalización requerida para Covid-19 es, de hecho, bastante alta**.

Si todos o la mayoría de los Susceptibles se infectan demasiado rápido, nuestro sistema de salud recibiría una colisión peligrosa. No tendríamos los recursos necesarios para enfrentarnos adecuadamente a tal eventualidad. Nos volveríamos locos.

Las acciones "exageradas" que emprendió primero China, después Italia, se basan en escenarios que también son matemáticos. No en rumores, no en impresiones vagas, tampoco en la histeria colectiva. **Alessandro Vespignani**, que desarrolla estos escenarios en la **Universidad Northwestern en Boston**, me dijo: "Es como con el pronóstico del tiempo".

La base de las simulaciones es el modelo SIR simple que hemos descrito, pero la teoría se aplica a la situación real de nuestro planeta, de nuestra sociedad. Todos los datos disponibles se utilizan para alimentar el modelo con la realidad: los mapas satelitales de la NASA, las rutas de vuelo y el número de sus pasajeros, información sobre cada interacción humana medible e incluso ciertas medidas correctivas psicológicas, como el miedo. **He aquí un área en la que el Big Data se utiliza para salvar nuestras vidas.**

Las simulaciones, una vez lanzadas, muestran cómo se desarrollará la epidemia en los próximos días dentro de ciertos márgenes de error, si se convertirá en una pandemia o desaparecerá. De esos análisis proceden las decisiones de los gobiernos. Que levante la mano ahora quien no se cree la predicción del tiempo, quien planea unas vacaciones en la playa para mañana mismo sabiendo que El Tiempo da 90% de probabilidades de inundación.

## SUSCEPTIBLES Y SOSPECHOSOS

He aquí un hecho curioso: la difusión de noticias falsas está bien descrita por los mismos modelos SIR que se usan para las epidemias. Incluso respecto a las **fakenews**, cada uno de nosotros pertenece a uno de los tres conjuntos: el Susceptible, el Infectado o el Recuperado. Lástima que en este caso tengamos muchas más dificultades para elegir el lugar correcto. A menudo, ser susceptible a lo falso equivale a sospechar de la verdad. El esfuerzo por aceptar que algo radicalmente nuevo y "fuera de lo común" está sucediendo es otro rasgo profundamente humano de nuestra psique.

Una forma de renuencia hacia lo inesperado, hacia lo desconcertante y, sobre todo, hacia lo complejo, es la que nos ha llevado a tardar décadas en aceptar el cambio climático. Un mecanismo defensivo similar se desarrolla hoy contra el **coronavirus**. No tenemos anticuerpos contra el **Covid-19**, pero los tenemos contra todo lo que nos desconcierta. Es una paradoja de nuestro tiempo: mientras la realidad se vuelve cada vez más compleja, nos volvemos cada vez más refractarios a la complejidad.

Y sin embargo, lo que está sucediendo estos días no es realmente inaudito. "En Singapur, el gobierno y los funcionarios de salud trabajaron juntos para evitar la propagación de la infección. Las medidas draconianas se implementaron no sólo en los hospitales: cuarentena obligatoria para todos los casos sospechosos, multas y condenas para aquellos que no respetaran el aislamiento, cierre de un gran mercado, cierre de escuelas, controles periódicos de temperatura para todos los taxistas. **Y así la epidemia fue domesticada**".

Parece lo está diciendo hoy, pero **David Quammen** hablaba de lo que sucedió en 2003 con el **SARS**. Describe medidas idénticas a las adoptadas en el área italiana de **Lodi**, con la única diferencia de la severidad de las sanciones penales, porque nuestro sistema se basa en la confianza en los ciudadanos, en el axioma de su plena colaboración.

**Spillover**, el libro de **Quammen**, merece un artículo en sí mismo. Baste decir aquí que es la mejor manera de comprender las diversas facetas de la complejidad de esta epidemia. No vivirlo como si fuera una extraña excepción o un flagelo divino. Relacionarlo con otros desastres ecológicos de nuestro tiempo, como la deforestación, la eliminación de ecosistemas, la globalización y el cambio climático en sí. Incluso entrar en la mente del virus, descifrar sus estrategias, comprender por qué la especie humana se ha vuelto tan codiciosa de cada patógeno en circulación.

A veces Spillover da miedo, es cierto, ahí esta el murciélago negro en la portada, y a veces incluso te hace saltar, por ejemplo cuando se preguntas, en 2012, si el próximo **Big One**, la próxima gran epidemia esperada por los expertos, la causará un virus que aparecerá "en un mercado de una ciudad en el sur de China". ¿Predicción? No. Sólo ciencia. Y un poco de Historia. Es extraño que Spillover no esté agotado en tiendas, como los geles antisépticos y las mascarillas.