Lo exponencial

José Antonio y Miguel Ángel Herce
23 noviembre, 2020

El pasado 12 de noviembre se había observado en los Estados Unidos, durante la última semana, un promedio de 132.000 casos diarios de infección por coronavirus. La noche de ese día, un habitual «tuitero» compartió un gráfico en el que se leía «A la tasa actual de infección, y debido a la ineptitud activa de Trump, tendremos 470.000 casos por día antes de que tengamos un nuevo presidente». La evaluación de las consecuencias de la «ineptitud activa de Trump», una afirmación con la que coincidimos, la dejaremos para mentes más hábiles y atrevidas que las nuestras, pero tengan en cuenta que el presidente-electo Joe Biden se convertirá en el presidente número 46 a las 12 del mediodía del próximo 20 de enero, es decir 69 días después de la aparición de este «tuit» que hoy nos ocupa. Quien escribe estas líneas tuvo a bien responder a tan aterradora proyección recomendando algo de prudencia, lo cual propició la aparición de un segundo «tuitero», que pasaba por allí, con sus propias ideas sobre el particular. He aquí el breve intercambio, empezando con la respuesta de su seguro servidor al primer proyccionista¹:

Su seguro servidor: Por favor, no haga extrapolaciones de este tipo a un plazo futuro tan largo; es imprudente.

Tuitero Número 2: El epidemiólogo Fulanito de Tal ha hecho una previsión mostrando que es verosímil que haya 1.000.000 [sí, un millón] de casos diarios en el plazo de 10 días. ¿También son 10 días un plazo muy largo para usted?

Su seguro servidor: Esto supone una tasa diaria de crecimiento del 22,6%, empezando hoy con 130.000 casos diarios. 10 días no son muchos días, pero ¿se cree usted lo que dice? Incluso si este fuera el «peor escenario», es difícil de creer. ¿Sabe usted cuál sería el número de infecciones diarias, a esta tasa, dentro de 69 días, o dentro de 35 días?

Esta conversación parece haberse perdido en el éter cibernético, pues hasta el momento de concluir esta entrada no han aflorado murmullos adicionales. Sin embargo, y pese a su brevedad, nos da mucho que pensar... sobre lo poco que se piensa cuando se habla de lo exponencial, ya sea en los Estados Unidos, en España o en cualquier otra tierra de garbanzos.

En anteriores semanas hemos tratado, aunque sea sin mencionarlo explícitamente, de lo exponencial, y hasta hemos prometido una o más futuras entradas sobre el tema. Hoy nos enfrentamos a esta bestia negra. El tema es ineludible, y la conversación con que iniciamos la entrada de hoy le da una urgencia definitiva.

¿Y qué es «lo exponencial»?

En pocas palabras, el cambio exponencial es el cambio en una magnitud dada que se produce a una tasa constante por unidad de tiempo². Por ejemplo, si el producto interior bruto (PIB) de un país crece a una tasa constante de un 3% cada año durante un cierto número de años, decimos que está experimentado un crecimiento exponencial (o geométrico) del 3% anual. Y ya que hablamos de «cambio», un término que incluye tanto la posibilidad de crecer como la de disminuir, pongamos también el ejemplo del carbono-14 (un isótopo radioactivo del carbono), cuya vida media es de 5.730 años, lo cual quiere decir que han de pasar todos esos años para que la cantidad de carbono-14 en un organismo se reduzca a la mitad. Seguro que les interesa saber que tan lenta evolución equivale a una tasa anual de disminución del 0,0121%. Sí, estamos de acuerdo, con ustedes, esta es la razón por la que los residuos nucleares, que decaen a una tasa mucho menor, son tan preocupantes.

Pero concentrémonos, a partir de ahora en el crecimiento exponencial.

Si una tasa de crecimiento del PIB del 3% por año les parece poco (al fin y al cabo, significa que dicho PIB tardará unos 23 años y medio en doblarse), consideremos por un instante las tasas con que se atormentaban los tuiteros con quienes tuve la fortuna de intercambiar comentarios hace unos días. Agárrate, admirado gemelo, que vienen curvas. Para no asustarnos de golpe y porrazo, iremos por partes.

Escenario 1: 470.000 casos por día el 20 de enero de 2021 (EE. UU.)

El tuitero número 1, nos advierte que «a la tasa actual de infección, y debido a la ineptitud activa de Trump, tendremos 470.000 casos por día antes de que tengamos un nuevo presidente». Desde el día 12 de noviembre al 20 de enero de 2021, en que Joe Biden tomará posesión de su cargo, hay 69 días.

Esto significa que si pasamos de 130 mil casos diarios el 12 de noviembre a 470 mil diarios el 20 de enero próximo la tasa de crecimiento del número de casos diarios es aproximadamente 1,88% por día. Piensen, sin embargo, que esta tasa es diaria, lo cual significa que 130 mil casos se multiplican por 3,62 en 69 días (470 mil casos diarios) y por 896,5 en un año (¡116,5 millones de casos diarios!)³. Esta es la razón, pura y simplemente, por la que llamamos la atención (estoy seguro de que tú también lo hubieras hecho, admirado gemelo) al tuitero número 1 y por la que lo repetimos aquí: extrapolar tasas aparentemente modestas a más de unos pocos días es imprudente.

Escenario 2: 1.000.000 de casos por día en 10 días (EE. UU.)

Esta es la terrorífica predicción que nos transmite el tuitero número 2, realizada por el epidemiólogo Fulanito de Tal, a la que respondemos (¿no es así, admirado gemelo?) con cierta aquiescencia en lo que al plazo se refiere—diez días no son muchos días— pero que nos causa todavía más alarma debido a la tasa diaria de crecimiento que esta cifra implica que, como decimos al comienzo de esta entrada, es un 22,6%.

¿Sabían ustedes qué pasaría, no ya a los 69 días, o a los 35, con los que retamos al tuitero número 2 directamente y al epidemiólogo Fulanito de Tal indirectamente, y mucho menos a un año vista, sino a 20 días (el próximo 2 de diciembre) creciendo a esta tasa diaria? Pues pasaría que el 2 de diciembre próximo el número diario de contagiados sería de unos 7,7 millones, el número acumulado de los contagiados sería de unos 51,6 millones y las muertes totales llegarían a ser alrededor de 1,2 millones, suponiendo una tasa de letalidad (*case fatality rate*) como la de hoy en los Estados Unidos de aproximadamente un 2,3% de los casos totales. ¡En 20 días! Para poner estas cifras en un contexto de realidad, les diremos que, a 10 días de esta predicción millonaria, cuando cerramos esta entrada para su publicación, los casos diarios observados en los Estados Unidos eran, tomando el promedio de los siete días precedentes, de aproximadamente 175.000, muy por debajo del millón predicho por Fulanito de Tal. Aunque muy preocupante, esta cantidad representa una tasa diaria de crecimiento del 3,01% con respecto a los 130.000 con que comienza nuestra historia y muy inferior a la de 22,6% que el tuitero número 2 nos quería vender.

Si aún tuvieran dudas, pacientes lectores, sobre lo imprudente de predicciones exponenciales a medio o largo plazo, contrastémoslas con las de un tercer escenario mucho más basado en la realidad.

Escenario 3: 471.000 muertes previstas para el 1 de marzo, 2021 (EE. UU.)⁴

Desde el comienzo de la pandemia de la Covid-19, el *Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME), un centro de investigación sobre la salud global con sede en la Universidad del estado de Washington, en los Estados Unidos, viene realizando previsiones sobre contagios, hospitalizaciones y muertes en las regiones sanitarias definidas por la Organización Mundial de la Salud y en varios países específicos.

Según estas previsiones (consultadas el 20 de noviembre pasado), y suponiendo que las medidas observadas hoy con respecto al uso de mascarilla y distanciamiento social sigan siendo las mismas hasta el 1 de marzo próximo (algo más de tres meses), el número total de muertes por Covid-19 en

los Estados Unidos podría alcanzar la cifra de 471.000⁵. Tengan en cuenta que, al 19 de noviembre, cuando empezamos a redactar esta entrada, las muertes totales en los Estados Unidos llegaron a 253.535. Esto equivale a una tasa de crecimiento de la cantidad de muertes totales del 0.61% por día.

Con ser brutales, estas cifras son realistas y, desde el punto de vista de «lo exponencial» a que hoy nos referimos, lo interesante de la predicción de 471.000 muertes totales al 1 de marzo es que representa una tasa *negativa* de crecimiento de los contagios diarios; concretamente, del -0,7% por día⁶.

Desde luego, esto parece muy interesante, pero ¿por qué diablos una tasa *positiva* de crecimiento de las muertes *totales* del 0,61% por día representa una tasa *negativa* del crecimiento de los contagios *diarios*? La respuesta a esta importante pregunta es la medula de lo que hoy deseamos transmitirles, el no-va-más de la virtud geométrica o la madre del cordero de cómo «lo exponencial» nos puede llevar a callejones, mentales cuando menos, sin salida.

Lo que es exponencial y lo que no lo es

Habiendo contrastado los dos primeros escenarios con el tercero, estamos ahora en condiciones de afirmar que un modelo epidemiológico razonable como el del IHME modela una evolución decididamente no exponencial. En lugar de la evolución constantemente acelerada, ya sea de contagios o de muertes totales acumuladas en el tiempo, correspondiente al crecimiento exponencial, el modelo del IHME nos ofrece una curva de contagios totales (o de muertes totales) que, sin dejar de ser ascendente, primero se acelera, después se mantiene a velocidad constante durante un cierto tiempo y finalmente se desacelera hasta alcanzar un máximo. Esta evolución no es, repitámoslo, exponencial, incluso si en su primera fase ascendente nos puede parecer, a simple vista, que lo es.

Con respecto a la evolución de los casos de contagios diarios (a diferencia de la evolución de los casos totales acumulados), el modelo del IHME implica (1) un aumento de los contagios diarios mientras la curva de contagios totales se acelera, (2) un nivel relativamente constante de contagios diarios mientras la curva de contagios totales crece sin acelerarse ni decelerarse y (3) un descenso de los contagios diarios mientras la curva de contagios totales se desacelera por fin, hasta alcanzar su máximo. Las tasas de cambio de los contagios diarios a lo largo de esta trayectoria son positivas durante la fase de aceleración, prácticamente cero mientras los casos diarios se mantienen aproximadamente constantes y pasan a ser negativas en la fase de desaceleración⁷.

Cuando calculamos, después de tanto esfuerzo, la tasa media de la evolución de los contagios diarios, promediando valores positivos (en la fase de aceleración), aproximadamente cero (en la fase estable en que no se observa ni aceleración ni desaceleración) y negativos (en la fase de desaceleración), bien puede suceder que obtengamos una tasa media *negativa* de crecimiento de dichos casos diarios. Esto es, precisamente, lo que sucede en el modelo del IHME que comentamos en el Escenario 3.

El patrón de evolución descrito en este escenario es el que se observa generalmente, con sus complicaciones de olas sucesivas en cada caso concreto, en la famosísima curva que tanto nos hemos

afanado en «aplanar». Cuando observamos una curva de contagios diarios, o de lo que sea, que se comporta como esta curva-que-hay-que-aplanar, no estamos en presencia de un patrón de crecimiento exponencial. El modelo de crecimiento exponencial constante es, sencillamente, insostenible. Se cae por su propio peso.

Eppur...

El cambio exponencial existe tanto en la modalidad de decadencia como en la de crecimiento, pero hay una diferencia fundamental entre ambas modalidades. En el primer caso, puede ser preocupantemente lento, por los siglos de los siglos, como sucede con los desechos radioactivos que, en puridad, nunca llegan a desvanecerse. En su modalidad de crecimiento, el cambio exponencial puede ser extraordinariamente rápido, sin techo aparente y suele acabar mal, muy mal, dejando una senda de devastación mientras dura. Las hiperinflaciones que se produjeron en la república de Weimar entre agosto de 1921 y noviembre de 1923 o las observadas en Zimbabue y Venezuela en pleno siglo XXI, son muestras claras de la maldad intrínseca que «lo exponencial» puede llegar a provocar si se deja que actúe sin freno desde las instancias más altas del poder. Procesos de crecimiento exponencial como las hiperinflaciones o las burbujas especulativas acaban cayendo, tarde o temprano, por su propio peso, no les quepa duda. Pero, como es el caso con las hiperinflaciones, pueden acabar engullendo a todos, exceptuando a quienes las desatan, en su inevitable y abrupto fin.

¹. Este intercambio fue en inglés, con el “tuitero” número 1, aparentemente basado en los Estados Unidos y el Reino Unido, según su perfil, y el “tuitero” número 2, aparentemente basado en Wichita, Kansas, EE. UU.

². A menudo se utilizan las expresiones “cambio exponencial” y “cambio geométrico” de forma equivalente y generalmente adecuada. Técnicamente, el cambio exponencial se refiere a cantidades que evolucionan de forma continua en el tiempo (por ejemplo, la cantidad del isótopo carbono-14 en un organismo) y pueden medirse en cualquier momento, mientras que el cambio geométrico se refiere a cantidades que evolucionan de forma discreta en el tiempo (por ejemplo, el nivel del producto interior bruto, o PIB, de un país), que generalmente se miden con frecuencia periódica.

³. Dicho sea de paso, esta fenomenal tasa anual significa que, al cabo de un año y empezando con 130 mil contagiados, la población total que se habría contagiado sería de unos 6.319 millones de personas, es decir más de un 80% de la totalidad de habitantes del planeta, estimada en 7.700 millones en 2019.

⁴. Nótese que Escenario 1 contempla 470.000 *casos diarios de contagio* para el 20 de enero de 2021 y que el Escenario 3 contempla 471.000 *muerdes totales* para el 1 de marzo. Ambas cifras son correctas, dentro de sus respectivas categorías, y el que sean tan similares es mera coincidencia.

⁵. Estas y otras previsiones pueden consultarse en <https://covid19.healthdata.org/united-states-of-america?view=total-deaths&tab=trend>. Las previsiones cambian cada día a medida que se actualiza el modelo. La predicción de 471.000 muerdes totales se sitúa dentro de un rango de casos posibles, delimitado, en el peor caso, por una relajación de las medidas hoy observadas, con una predicción de 658.000 muerdes totales al 1 de marzo y, en el caso más optimista, por un reforzamiento de dichas medidas, con una predicción de 406.000 muerdes totales, también al 1 de marzo

6. Seguimos suponiendo que la tasa de letalidad es la anteriormente mencionada del 2,3% en los Estados Unidos hoy.

7. El modelo del IHME es una versión de modelos bien conocidos por los epidemiólogos como, por ejemplo:
<https://ibmathsresources.com/2020/01/28/modelling-the-spread-of-wuhan-flu-coronavirus>