Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa
ISSN: 1665-2436
ISSN: 2007-6819
Comité Latinoamericano de Matemática Educativa

Cantoral, R.; Ríos Jarquín, W.; Reyes Gasperini, D.; Cantoral Uriza, E. A.; Barrios, E.; Fallas Soto, R.; Castillo Bárcena, D.; Cantoral Farfán, E; Galo Alvarenga, S.; Flores García, R.; Paredes Cancino, C.; García Zaragoza, V.; Bonilla Solano, A.

Matemática Educativa, transversalidad y COVID-19

Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa, vol. 23, núm. 1, 2020, pp. 1-19
Comité Latinoamericano de Matemática Educativa

DOI: https://doi.org/10.14482/INDES.30.1.303.661

Matemática Educativa, transversalidad y COVID–19

Cantoral, R.[1], Ríos Jarquín, W.[1], Reyes Gasperini, D.[1], Cantoral Uriza, E. A.[3], Barrios, E.[2], Fallas Soto, R.[1], Castillo Bárcena, D.[4], Cantoral Farfán, E[4], Galo Alvarenga, S.[2], Flores García, R.[1], Paredes Cancino C.[1], García Zaragoza, V.[2], Bonilla Solano, A.[2]

[1] Programa Interdisciplinario para el Desarrollo Profesional Docente en Matemáticas DME – Cinvestav, IPN.
[2] Estudiante de posgrado, DME – Cinvestav, IPN.
[3] Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, Campus Juriquilla, UNAM.
[4] Instituto Mexicano del Seguro Social – IMSS.

A la memoria de *Eugenio Fillo*y y *François Pluvinage*

Resumen. Este artículo relaciona nociones de la *Matemática Educativa* con la *transversalidad* de los saberes matemáticos en situaciones de pandemia por coronavirus. Se analiza un fenómeno social en el ámbito de la salud desde una mirada académica para la construcción de diálogos sobre las implicaciones de las acciones de política pública que la población lleva a cabo. Las reflexiones propuestas dejan ver el papel que juega el *pensamiento matemático* en la comprensión de la situación, las medidas de carácter preventivo y los problemas que de este se deriven; todo ello conlleva a la consideración de la noción de *aula extendida*. Así, el desarrollo del pensamiento habrá de entenderse más allá que la capacidad de resolución de problemas.

Palabras clave. Matemática Educativa, aula extendida, pensamiento matemático y transversalidad.

Empecemos este escrito con la opinión de una destacada científica mexicana:

> *"La ciencia es la respuesta al coronavirus, no hay otra forma de enfrentar a la pandemia. Una ciencia que ponga en el centro de su quehacer al ser humano y a la vida en el planeta. Una ciencia rigurosa y tan precisa como sea posible. No debemos caer en falsas expectativas, prometer más de lo que podemos dar. La ciencia necesita tiempo, interés público, apoyo del gobierno a la investigación básica y a la aplicación del conocimiento. No tiene respuestas mágicas, sino respuestas basadas en el conocimiento. Esa es la lección que como sociedad debemos aprender de esta pesadilla y estar preparados para futuros retos. Es una sentencia de enfermedad y subdesarrollo atenernos solo a lo que hacen otros países. Construyamos desde ya una investigación científica fuerte, ocupada del bienestar social, más que del dinero, para que nuestros hijos tengan un futuro seguro".* (Orozco, 2020)

Esta reflexión nos plantea un reto mayor: qué hacer con el acto pedagógico que vivimos en estos días, pues todo acto civilizatorio transforma desde la raíz, nuestra visión y nuestras prácticas; preguntémonos, por ejemplo, ¿qué enseñamos?, ¿por qué enseñamos lo que enseñamos?, ¿por qué lo hacemos siempre de la misma manera?, éstas y otras interrogantes resultan pertinentes en momentos de crisis.

En estos días, escuchamos en los medios expresiones que alarman y alertan a la población, por ejemplo, ¡quédate en casa!, la propagación del virus crece *exponencialmente*, debemos "aplanar la curva", ¿cuándo se alcanzará el pico máximo de infectados?, ¿se detiene "el crecimiento de la pandemia"?, "nuestro país no va tan mal en el control de la enfermedad COVID 19, miren las gráficas y comparen con estas otras", "es el mismo crecimiento o es menor o mayor", "¿cómo se comparan las gráficas de países con realidades distintas?", "miren el caso de Italia, España, Estados Unidos, China,..." y así un largo etcétera. En este proceso, resulta fundamental desarrollar entre la población una forma matemática de pensar que, sustentada en *prácticas socialmente compartidas*, permita alcanzar mejor entendimiento comunitario del fenómeno y orientar la toma acertada de decisiones. Se requiere en particular del desarrollo de la *estimación, la predicción y la inferencia* (Cantoral, 2019a).

Para colaborar con el sistema de salud y sobre todo, para ayudar con las acciones de política pública impulsadas por las autoridades correspondientes a fin de que la población adopte, en cada fase de la pandemia, las mejores medidas posibles. En síntesis, requerimos de una mayor flexibilidad del pensamiento que, habrá que decir, la instrucción habitual desafortunadamente no prioriza. Por ejemplo las clases con contenidos memorísticos, sobrecargadas de algoritmos o "trucos" matemáticos sin que se signifiquen vivencialmente su naturaleza y posibilidades de empleo. Falta fortalecer un pensamiento matemático que atienda al cambio y la variación, que trate con la incertidumbre y sepa extraer información de los datos para mirar más allá de ellos mismo. La pandemina nos plantea ese reto, como se vive y se vivirá con y después de la pandemia.

Se trata de un virus con una enorme facilidad de transmisión, que no hay autoridad alguna que pueda controlarlo si la sociedad no participa consciente y decididamente, para ello la información clara, fundada en la ciencia y bien difundida, reducirá la velocidad de transmisión como consecuencia de una acción fundada; las expresiones ¡quédate en casa! Y la sana distancia aluden a un sinfín de consideraciones técnicas que el pensamiento matemático puede explicar. Aunado a ello, algunos otros problemas tendrán a su vez consecuencias diversas en el control de la pandemia, como el incremento de *noticias falsas* o *fake news*, la *desaceleración económica*, la cada vez más ostensible *fragilidad estructural del sistema nacional de salud* y los estragos producidos por una *reducción acumulativa de la inversión en ciencia, tecnología y educació*n que hoy, queda claro que son indispensables.

Ahora bien, con pocas acciones de política pública se ha comunicado a la población las formas de contribuir en el enfrentamiento de la pandemia, estas son:

- Quédate en casa.
- Estornuda cubriendo la boca con tu brazo.
- Lava tus manos frecuentemente o limpia con gel antibacterial (al 70% de alcohol).
- Limpia las superficies de los objetos que tocas con una dilusión de cloro al 10%.
- No toques con tus manos los ojos, nariz y boca.
- Usa cubrebocas cada que estés cerca de más personas.

Estas medidas se sintetizan en la Tabla 3, se acompañan en las redes sociales y en medios de comunicación masiva por noticias que muestran la evolución del número de contagiados, recuperados, atendidos y fallecidos en distintas regiones del país y del orbe. Ello si bien informa, también angustia a diferentes sectores de la población, dado que cubre a la pandemia de un "manto del mal" que nos ataca, y que debo salvar la vida.

La cuestión que queremos tratar en este escrito es la siguiente, cómo caracterizar desde la Matemática Educativa, tanto la responsabilidad ética de favorecer entre la población el desarrollo de un pensamiento matemático, analítico y crítico, para significar dichas medidas, a la par que ayudemos a reducir la angustia y contribuir en la construcción de una racionalidad compartida para actuar oportuna y conscientemente. Se espera que esta época se caracterice por crisis, complejidad y caos, por lo que la búsqueda de diversas estrategias de solución brindará una diversificación disciplinar (inter, multi y transdisciplinar). Ello exige de la *sabiduría humana* en varias dimensiones: los *saberes popular*, *técnico* y *científico*, por eso le hemos titulado: Matemática Educativa, transversalidad y COVID 19.

La **Matemática Educativa**, como disciplina académica, tiene su origen durante la segunda mitad del siglo XX en las prácticas de enseñar y de aprender Matemáticas y en el estudio de los fenómenos que las caracterizan. Desde este punto de vista, se han desarrollado investigaciones para tipificar esas prácticas y analizar los saberes que ellas producen. Estas investigaciones tienen una base empírica, teórica o mixta; sin embargo, la investigación en este campo, al que algunos llaman *Educación Matemática*, otros *Didáctica de las Matemáticas* y que aquí preferimos nombrar *Matemática Educativa*, concierne a un amplio campo de estudio de naturaleza científica que moviliza paradigmas y teorías, conceptos y categorías, métodos y técnicas específicas. La comunidad que las impulsa dispone de congresos, financiamientos, revistas, posgrados, organizaciones regionales, nacionales o internacionales para su desarrollo.

Progresivamente se han incorporado nociones que atraviesan a las matemáticas escolares, como las dimensiones afectivas, las relaciones sociales de poder, los procesos de desarrollo profesional docente, la transversalidad curricular de las matemáticas, la transversalidad de las prácticas comunitarias y la transversalidad del saber, de ahí surge como necesidad las nociones de *inclusión*, *aula extendida* y las *prácticas socialmente compartidas* para explicar la construcción social del conocimiento.

Los datos y su procesamiento mediante *big data* permitieron estudiar los casos de contagio del virus, localizar la diversidad de factores que intervienen en el fenómeno de donde se afirma que un crecimiento exponencial resulta una buena aproximación local del comportamiento de casos de contagio por el coronavirus. Así que el comportamiento exponencial, resulta fundamental para entender el fenómeno, una infinidad de ejemplos tan diversos como los intereses en la inversión, el crecimiento celular, la propagación de un rumor o la cantidad de visitas en un sitio web se modelan con el crecimiento exponencial.

Así mismo la Matemática Educativa utiliza indicadores de su desarrollo, por ejemplo, se progresa sensiblemente en los índices bibliométricos y se explicitan mejor las temáticas de investigación como quedó de manifiesto en (Cantoral, 2019b) y (Cantoral, Reyes-Gasperini, Ríos-Jarquín y Castro-Pérez, 2019). Se subrayó el papel que juega la publicación de la reciente segunda edición de la *Encyclopedia of Mathematics Education* (Springer Nature, 2020) como una muestra tangible de tal dinamismo y de su potencial influencia en el medio académico. Un dato cuantitativo adicional es señalado en la presentación de la primera edición de la *Encyclopedia* donde se testifica el rápido crecimiento bibliográfico del campo, mostrando un comportamiento exponencial en el número de entradas de los buscadores más usuales, es decir, crece cada vez más y lo hace “casi exponencialmente”: el crecimiento de entradas en los “buscadores de información” es, proporcional a la cantidad de estas.

Un crecimiento exponencial se expresa matemáticamente de la siguiente manera: considerando a $p(t)$ como la cantidad de entradas en el tiempo t, $p'(t)$ es la velocidad con la que crece dicha cantidad de entradas, entonces la ecuación diferencial que expresa el crecimiento del fenómeno es la siguiente:

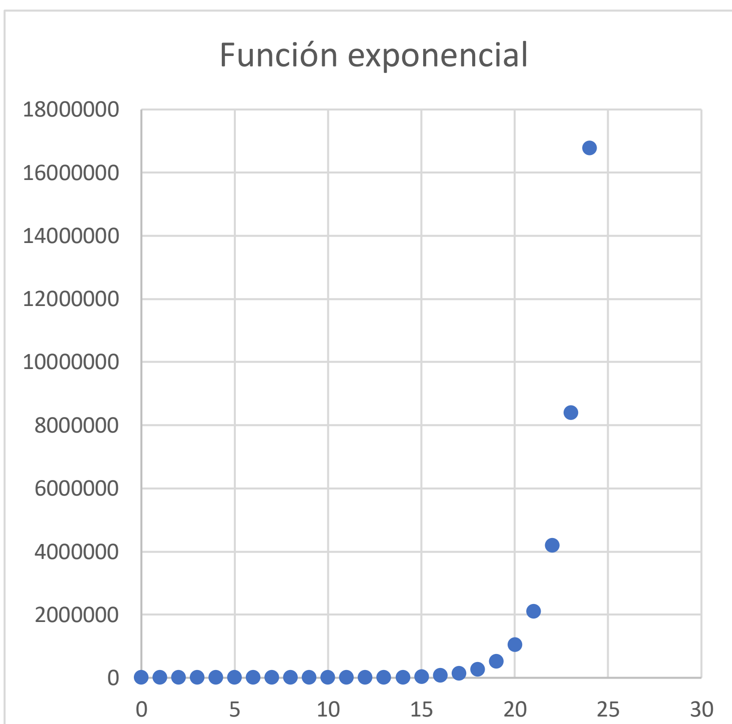
$$\frac{dp(t)}{dt} = kp(t)$$

> *"Mathematics education was just getting started as a scholarly field and, in most countries, was not present in the academy. Over the following decades, however, the field has continued to grow rapidly, and its literature has become substantial. A search of the scholarly literature on the Web using the term mathematics education yielded 129,000 hits in 2008 and 287,000 in 2013 – more than doubling in only 5 years."* (Kilpatrick, 2014, p. v)

De acuerdo con lo anterior y realizando el análisis pertinente con métricas alternativas, hoy en día, cuentan 3,600,000 entradas en *Google Scholar* de la expresión "mathematics education", un poco más de 12 veces (entre 2^3 y 2^4) en solo siete años. Claramente se trata de un comportamiento singular, un crecimiento veloz como se observa en la Tabla 1. Observemos primero que no se trata de un modelo lineal del crecimiento, pues no crece lo mismo en cada año, ni es exactamente exponencial, sin embargo crece cualitativamente en forma exponencial, digamos que tienen comportamientos similares.

Tabla 1. Representaciones de la función exponencial discreta

Años	n	2^n
	0	1
	1	2
	2	4
	3	8
	4	16
	5	32
	6	64
	7	128
	8	256
	9	512
	10	1,024
	11	2,048
	12	4,096
	13	8,192
	14	16,384
	15	32,768
	16	65,536
~2008	17	131,072
~2013	18	262,144
	19	524,288
	20	1,048,576
	21	2,097,152
~2020	22	4,194,304
	23	8,388,608



Este crecimiento en las entradas puede expresarse en un sentido aproximado, mediante relaciones del tipo $n \rightarrow 2^n$ y se ilustra en un *contexto de significancia* diferente, por ejemplo a partir de un modelo de *n* contactos entre individuos sectorizados en dos tipos, que llamaremos genéricamente tipos **A** y **B**. Se divide a la población entre individuos del tipo **A** que contactarán a los individuos del tipo **B** para fines diversos.

Si tomamos ahora otro fenómeno de crecimiento, el número de casos positivos confirmados oficialmente en México por el coronavirus, es decir, la cantidad de pacientes reportados como contagiados en febrero en México tenemos que su Gráfica se aprecia como en la Fig. 1:

> *"El 28 de febrero de 2020, la Secretaría de Salud reportó los primeros casos positivos de coronavirus en México. En la Figura 1 grafico la evolución de los casos positivos reportados. En la rueda de prensa de antier, el Subsecretario López Gatell explicó con claridad que estos datos corresponden a una muestra de la población total y que, de acuerdo con su modelo estadístico, estiman que el número real de portadores del virus es entre 8 y 12 veces más grande. En lo que resta de este análisis, tomaré un factor de 10, para trabajar con números redondos"* (Santillán, 2020).

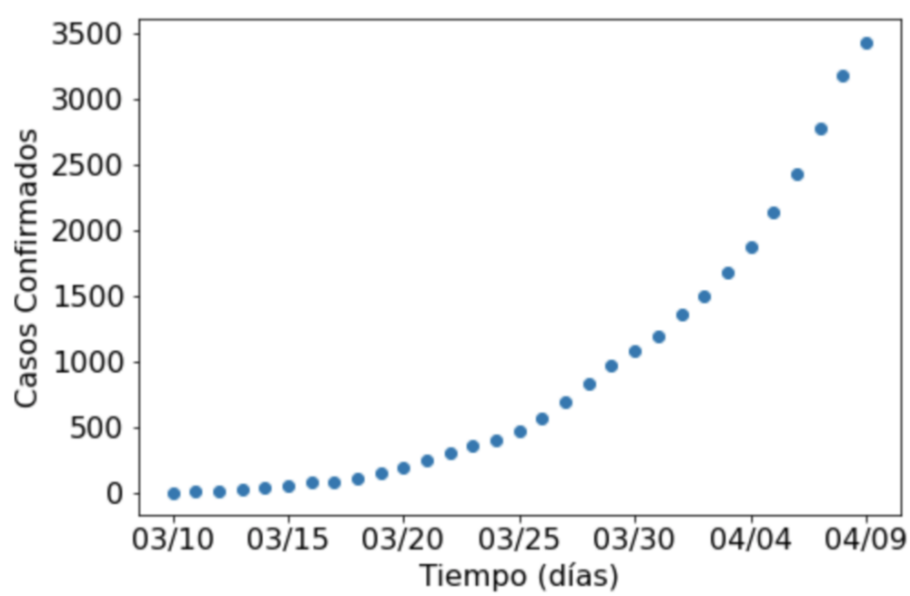


Fig. 1. Casos confirmados en función del tiempo. Fuente: *Avance y Perspectiva*, Cinvestav

Esta curva es parecida a la que modela el fenómeno de propagación de un rumor, una noticia falsa o el de ser portadores de un virus durante el curso de una epidemia, dichos procesos manifiestan un comportamiento exponencial, o localmente exponencial, como el que se está observando en estos días con la propagación del coronavirus entre individuos de todos los continentes y que a su vez produce la enfermedad denominada COVID–19. La Fig. 2 muestra el comportamiento, a nivel mundial, de activos, recuperados y muertos.

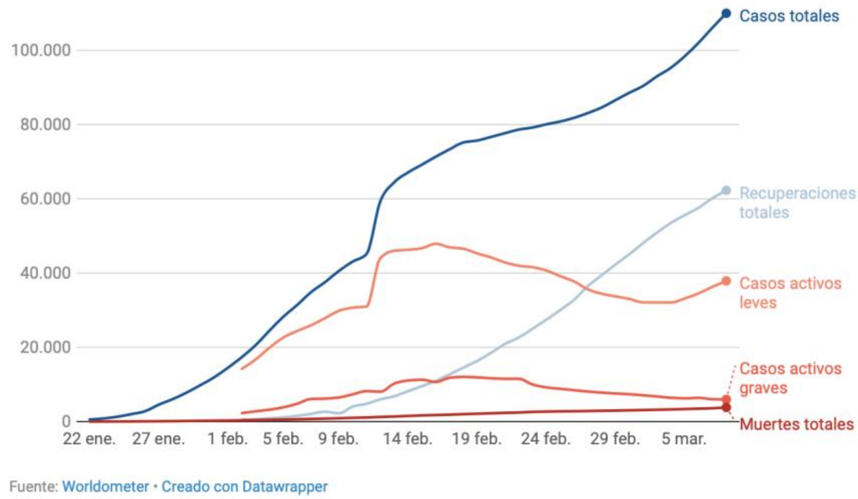


Fig.2. Representaciones gráficas de casos activos leves y graves, recuperados y fallecidos. Fuente *Worldmeter*

Supongamos que tenemos individuos del tipo **A** (a un momento dado conocen la noticia o bien portan el virus) e individuos del tipo **B** (en cierto momento no saben de la noticia o no transportan al virus). En términos **metafóricos**, imaginemos que al principio todos los individuos de una población están en el grupo **B**, es decir, ninguno conoce la noticia falsa o en otro caso, ninguno es portador del virus. Luego, cuando un individuo se entera, en un caso, o se contagia, en otro, se comienza con la propagación y, por tanto, **A** tendrá ahora un elemento.

Fig. 3. Flujo de noticias. Fuente *Google Search*.

Individuos del tipo **A** (a un momento dado conocen la noticia o bien portan el virus). Individuos del tipo **B** (en cierto momento no saben de la noticia o no transportan al virus). Las etapas de contacto pueden ser descritas con suficente sencillez como se observa en la siguiente narración, aludiremos a fin de explicar, sólo al caso de propagacion de noticias falsas las cuales supondremos pretenden confundir a la población y suponemos ocurre persona a persona.

Fig. 4. Fake news y sus efectos. Fuente *Google Search*

Primer paso, sólo **un** individuo (p_1) sabe la noticia falsa y este p_1 informa a p_2, por tanto los dos saben de la noticia, de este modo son ahora **dos** individuos del grupo **A**.

Segundo paso, ahora p_1 y p_2 conocen la noticia y se la cuentan, cada uno, a un individuo más, digamos que p_3 y p_4, ahora serán **cuatro** los indiviudos que conocen de la noticia.

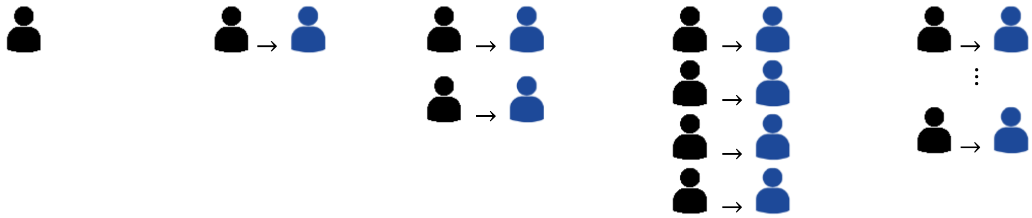
Tercer paso, siendo cuatro quienes saben (p_1, p_2, p_3 y p_4) y que cada uno de ellos informa a otros cuatro más, entonces lo sabrán **ocho** individuos en total y así sucesivamente.

De este modo, se pasó de una persona que lo sabe a dos que lo saben, 1 a 2 después, como vimos anteriormente, crece de 4 a 8, luego a 16 y así sucesivamente... esto produce un crecimiento con un sencillo patrón de recurrencia {1, 2, 4, 8, 16, ...) o bien (2_0, 2_1, 2_2, 2_3, ...) que, en términos generales, se expresa como $n \to 2^n$, donde n = 0, 1, 2, 3, ...

Esto es un ejemplo de crecimiento exponencial donde la sucesión $\{2^n\}_{n=0}^{\infty}$ modela adecuadamente el proceso —con las limitaciones propias de su simplicidad— su gráfica, una representación de la sucesión de valores, se verá como la que se muestra al lado derecho de la Tabla 1 y se le llama gráfica de la función exponencial, más específicamente exponencial de base 2. Cada término de la sucesión es el doble del anterior, duplicando los casos progresivamente.

En términos más visuales tendremos lo siguiente, cada caso coloreado en obscuro se encuentran quienes saben la noticia falsa en un momento dado, o bien, son la población infectada por un virus. Mientras que a la derecha, los casos mas grises, se ubican quienes no la conocen, en ese sentido decimos que son la población susceptible de contraer el virus.

Tabla 2. Visualizando el crecimiento exponencial del tipo 2^n



p_1	$p_1 \rightarrow p_2$	$p_1 \rightarrow p_3$	$p_1 \rightarrow p_5$	$p_1 \rightarrow p_{1+2^{n-1}}$
		$p_2 \rightarrow p_4$	$p_2 \rightarrow p_6$	$\vdots$
			$p_3 \rightarrow p_7$	$p_{2^{n-1}} \rightarrow p_{2^n}$
			$p_4 \rightarrow p_8$	
1	2	4	8	2_n

Este es un modelo de crecimiento exponencial que llamaremos discreto, se dejaron de lado una gran cantidad de variables, como por ejemplo en caso de que un informante no convence a quien informa, entonces cambia el comportamiento de la dinámica, o si disemina el rumor en un grupo numeroso y no sólo ante un individuo y así un largo etcétera. De ahí que todo modelo posea siempre restricciones, pero también por la misma razón, posibilidades de cercanía con la realidad. Por eso podemos preguntarnos: ¿cómo sería el comportamiento de los contagios si se pensase al crecimiento de variación discreta, pero en forma continua?, es decir, que las magnitudes cambian continuamente. La relación anterior, se extendería mediante la expresión $x \rightarrow 2^x$, o equivalentemente $f(x) = 2^x$.

A este momento, el *contexto situacional* ficticio de la escuela sólo nombra a *f* una función exponencial, y sin más se carece de significado, mientras que si se le construye a partir de las experiencias del contagio del cual el estudiantado escucha y vive, se tornará entonces en un *contexto de significancia*, con mayor profundidad y utilidad (Reyes - Gasperini, 2016). De modo que la gráfica típica de los textos escolares "dice algo más" que el mero trazo continuo, nos informa de la evolución de un cierto fenómeno ligado a nuestras vidas y puede servir como argumento para construir narrativas compartidas que permitan una comunicación razonada y exhibir o explicar los procedimientos que le dotan de significado. En el caso tratado, puede ser la difusión de una noticia falsa o a la propagación del virus.

En términos realistas, como se sabe, el número de individuos por grande que sea, es finito, pues son las personas que habitan este planeta, se trata de la población mundial que al día de hoy es aproximadamente de 7,776,430,871 personas. Por tanto el crecimiento de la noticia falsa o de la propagación del virus, no puede superar a este número, es una cota superior. De modo que si dejáramos crecer libremente este proceso, esa propagación podría tener consecuencias lamentables al alcanzar a casi la totalidad de la población.

Todo esto corresponde a una *variación acotada*, pues sabemos que la dinámica del fenómeno muestra un crecimiento, pero tomando medidas o condicionamientos sobre las variables con el fin de obtener un "crecimiento más lento" (condiciones que afecten un segundo orden de variación para controlar un crecimiento inevitable). Como individuos debemos acatar las medidas como el aislamiento (no salir de casa), tener los cuidados que nos piden los responsables institucionales y tomar la "sana distancia", en tanto que son acciones sociales que permiten afectar el segundo orden de variación, haciendo que el crecimiento sea menor que aquel presente en otros países. En el mejor de los casos se trata de contar con un escenario controlable, pero como no es posible por ahora, se tienen que recurrir a esas acciones preventivas para que el resultado no resulte catastrófico.

Una noticia falsa, por ejemplo, se contrarresta con información cierta que se propague más rápidamente que la noticia falsa. De modo que si la velocidad con la que se propaga ésta última es mayor que la velocidad de propagación de la primera, se logrará que no prospere demasiado la noticia falsa. Se induce un crecimiento de la población con la noticia veraz y ello "aplana la curva" de las noticia falsas, digamos que disputarán espacios entre los grupos **A** y **B**, quienes tienen conocimiento de la noticia falsa en un caso, y quienes tienen conocimiento de la información verídica, en otro. Notemos que en este caso, **B** se compone, entonces, tanto de quienes no conocen la noticia como de quienes conocen la noticia veraz.

Por su parte, el caso de la transmisión del virus es altamente complejo por la cantidad de variables involucradas y debido a la naturaleza misma del virus. Éste tiene comportamientos no plenamente predecibles. Primero habremos de saber que el coronavirus y cualquier otro virus no es en sí mismo un organismo, sino una proteína y lípidos que envuelven material genético (RNA o DNA; el virus de la enfermedad por coronavirus "COVID 19" es de RNA). Se alberga con más facilidad en las mucosas del cuerpo —ojos, nariz y garganta— y se propaga por contacto con otras personas, de ahí que se pida el llamado "distanciamiento social", es decir, distanciamento físico entre personas (la sana distancia) y con mayor énfasis entre la población más vulnerable (personas de la tercera edad con males preexistentes: hipertensión, tabaquismo, diabetes, obesidad o sobrepeso entre otras, también quienes padecen enfermedades inmunodepresivas, crónicas, cardiacas, pulmonares, renales, hepáticas, sanguíneas o metabólicas, además de los menores de 5 años y las mujeres embarazadas). Más detalles al respecto se encuentran en el sitio coronavirus.gob.mx.

Se pide evitar el contacto al saludar, toser cubriendo con el brazo la expulsión de saliva, no tocar superficies inertes donde pueda estar el virus, el lavado de manos sistemático y adecuado. Estas y otras medidas, reducen el crecimiento de la exponencial que modela el comportamiento de contagio del virus. Si esto no se logra, el sistema hospitalario de cualquier lugar del mundo se vería rebasado por el volumen de casos en atención simultanea, puesto que el número de camas de hospital, de espacios de terapia intensiva, de ventiladores y de medicamentos son limitados, es por esto que se precisa de un levantamiento serio de la capacidad hospitalaria instalada en cada región del planeta para mejorarla urgentemente.

Los modelos matemáticos que simulan el COVID–19 son un poco más complejos que el modelo exponencial expuesto hasta ahora, se precisan ecuaciones diferenciales (ecuaciones que tratan con las relaciones invariantes entre los cambios relativos de las variables involucradas: tiempo, susceptibles, recuperados y fallecidos) y de datos obtenidos empíricamente. En general se trata de comprender cómo las personas se ubican entre tres estados posibles y con qué rapidez cambian entre ellos: el primero trata de ser susceptibles al virus, el segundo es infectarse y luego, terminar por recuperarse o fallecer.

Algunos modelos más específicos, como los expuestos en (Li, 2018; Chang y Ponciano, 2020), toman datos de epidemias anteriores o, conforme pasa el tiempo de la actual pandemia, se enriquecen con variables adicionales como los factores económicos, la afectación por grupo etario y sus padecimientos prexistentes, las dimensiones ambientales, de densidad de la población, el azar o la capacidad de respuesta del organismo y el propio desempeño del sistema de salud. Adicionalmente, éstas se modifican permanentemente con base en la evolución de la pandemia con implementación de políticas, tanto de salud pública sugeridas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como las sociales o económicas que señalan la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y el Fondo Monetario Internacional (FMI).

Algunas investigaciones que utilizan a la modelación matemática son de utilidad a la luz de la actual pandemia, empero existe un parámetro que juega un papel fundamental en la estimación del número de infectados, la tasa de transmisión o infección (que mide la probabilidad de que un susceptible se enferme al contacto con un infectado) y la tasa de recuperación (depende del tiempo que suele durar la enfermedad). Estos parámetros pueden modificarse favorablemente si se adoptan medidas de contención y si la población las acepta y por supuesto las acata. Al observar estudios dónde este parámetro varía en el tiempo, estos coinciden con lo declarado hace unos días por el ministro de Sanidad francés, Olivier Véran: "No podemos impedir que el virus circule. Pero podemos evitar que demasiadas personas se infecten a la vez.", para ello usó la gráfica de la figura 5 que se reproduce enseguida, y planteó la estrategia mundial contra el coronavirus: intentar aplanar la curva epidémica.

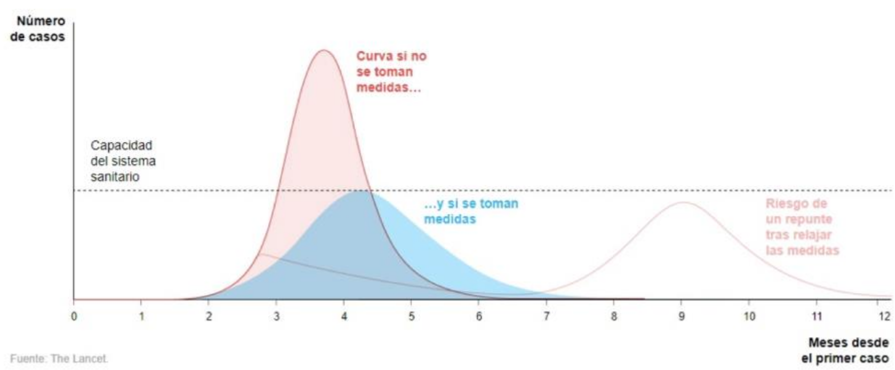


Fig. 5. Curvas posibles: sin / con medidas preventivas. Fuente *The Lancet*

De modo que la expresión "aplanar la curva", tan usada en medios de comunicación en estos días, si bien es propia de las matemáticas o las ciencias experimentales, adquiere un uso coloquial en círculos de la sociedad, no necesariamente académicos, los cuales la emplean en sus narrativas haciendo alusión a reducir el número o el crecimiento de los infectados, es decir, describe una "reducción" en la velocidad del crecimiento y en consecuencia, de los valores estimados propios de una propagación libre. En términos matemáticos, se trata de acotar la variación en un intervalo para que los valores de la función sean menores que los esperados (crecer menos) sin intervención como se ilustra en la imagen de la Fig. 5.

La figura anterior muestra el proceso de “aplanar la curva”, para lo cual es preciso considerar que a diario, aparecerán casos nuevos por lo que la “gráfica crece”, es decir, los valores de las ordenadas serán cada vez mayores hasta alcanzar su máximo, pero se debe cuidar que no se presenten muchos más casos nuevos simultaneamente respecto de los obtenidos en los días anteriores para evitar que el pico en el número de los casos haga colapsar la atención del sistema de salud y en consecuencia que no se cuente con la infraestructura suficiente para atenderlos. Esta seriación de la información habrá de ser controlada por diversas vías. Estimar el valor máximo de infectados, permite preparar al sistema de salud, esta anticipación dentro de un modelo será una predicción cuando se pueda saber con anterioridad, el momento y su magnitud, pero sobre todo cuando se pueda precisar con antelación qué variables y cómo es que se relacionan para producir ciertos efectos.

Ante un problema de esta magnitud, surgen en nuestra disciplina algunas interrogantes: ¿cómo retomar este tipo de fenómenos para su integración en el escenario escolar?, asi se torna relevante la pregunta ¿cómo interpretar esas gráficas?, ¿cómo leer los datos con que se construyen?, ¿cómo modificar las situaciones de aprendizaje ante un problema de interés compartido?, ¿qué métodos y técnicas deben ser contextualizados?, ¿qué procesos del pensamiento estarían involucradas en su análisis?

Estamos pues ante un escenario típico de *transversalidad* donde algunas de las categorías o conceptos empleados en los enfoques teóricos aislados carecen de fortaleza. Se precisan constructos de mayor complejidad y cobertura que atiendan diversas disciplinas, varias *prácticas de referencia* y a una gran cantidad de comunidades de práctica.

De modo que al clásico concepto de aula, encerrada en cuatro paredes y con una colección de contenidos curriculares establecidos previamente, rígidos y compartimentalizados, habría de ser modificado por un aula extendida, un espacio de aprendizaje compartido donde la realidad del que aprende es centralmente, un objeto de estudio en sus actividades escolares, en estos escenario se precisa que todos formen parte de la estrategia didáctica, y no se reduce la explicación a la deducción y la inducción, sino al empleo del pensamiento abductivo y el razonamiento plausible.

Por ejemplo, la siguiente gráfica muestra el efecto de las medidas tomadas en Inglaterra.

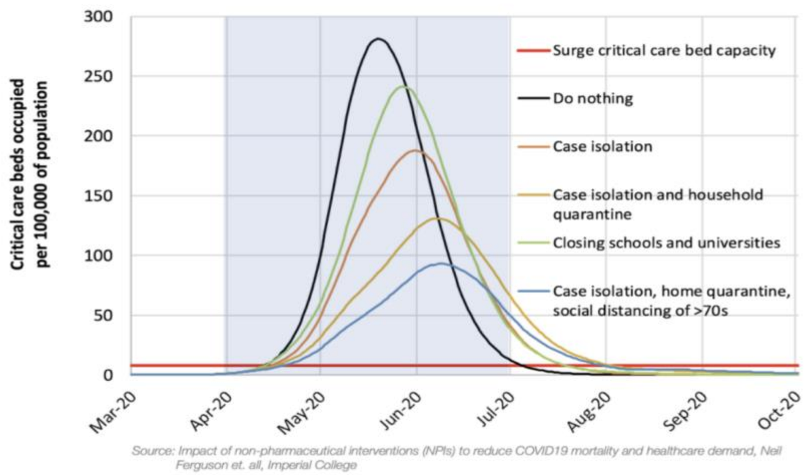


Fig. 7. Curvas en casos posibles. Fuente *Imperial College*

Se puede apreciar cómo en países que toman las medidas preventivas, el crecimiento del número de infectados ocurre de forma más lenta, aunque hay muchas variables que influyen acá cómo se refleja anteriormente. Esta comparación de gráficas, expresa el efecto de tomar ciertas acciones en el crecimiento del fenómeno de contagio. Así pues, comparar gráficas, es una de esas *prácticas variacionales* que habría de ser atendida en la acción pedagógica, hacer que las gráficas sean parte de los argumentos de la población, un conocimiento en uso que moviliza la habilidad de leer los datos, entre los datos y detrás de los datos.

A diario se informa en los medios oficiales, del número de infectados, recuperados y las defunciones, así como de las medidas comparativas como tasa de crecimiento, tasa de mortalidad y tasa de letalidad y así una gran cantidad de aspectos cuantificables. Ello exige de una secuenciación de informaciones numéricas para describir la tasa relativa de la propagación de la enfermedad poniendo el énfasis en la variación y el cambio y el papel de la incertidumbre respecto de parámetros demográficos.

Así pues, mediante este escrito, convocamos a la comunidad de educadores a construir una narrativa compartida sobre la pandemia COVID–19 donde se involucren reflexiones de carácter inter, multi y transdisciplinar en el que la noción de *transversalidad* sea debidamente atendida y se dé una alternativa para la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas, enfatizando el desarrollo del pensamiento matemático, sea éste determinista o no, y que como tal, contribuya a la reflexión crítica de la realidad para transformarla. Se busca contribuir cualitativamente a las investigaciones que, de a poco, han ido ocupando los espacios de diversas revistas, empobreciendo al campo al repetir algoritmos, técnicas y métodos de publicación que sólo adaptn datos y mutan poblaciones con el fin de lograr una publicación, sólo motivados quizá por cuestiones de escalafón o por la reiterada sumisión a las políticas laborales del mundo académico contemporáneo.

Este es, sin duda alguna, un llamado a compartir explicaciones para públicos de un amplio espectro, que favorezcan la transformación social ante un mundo cada vez más necesitado de información y de racionalidad ante el fenómeno, precisar cuáles *prácticas socialmente compartidas* permiten articular lo que se enseña en la escuela con lo que se usa en la vida. Este será, consideramos, el reto de los próximos años, pues la sociedad vive un cambio, una transformación y nuestra comunidad debe tomar posición al respecto.

En forma sintética sabemos lo siguiente:

Tabla 3. Síntesis de las medidas, acciones, prácticas y explicación

	MEDIDA	**ACCIÓN**	**PRÁCTICAS**	**EXPLICACIÓN**
I	Aislamiento	Quédarse en casa. Mantener la sana distancia	Aplanar la curva de contactos / reducir cantidad de contagios simultáneos	Detiene el contagio y evita la saturación hospitalaria
II	Exhalación	Flexionar el brazo y exhalar en cara interna del codo. Usar cubreboca	Acotar segunda variación / reducir el alcance de las gotículas respiratorias	Disminuye el contagio y reduce la velocidad de transmisión del virus
III	Higiene	Lavar con jabón o gel antibacterial al 70% de alcohol	Reducir primera variación de la curva epidémica / afectar cubierta de grasa protectora del virus	Evita el contagio. Deshace la capa de grasa que cubre al virus
		Aplicar cloro diluido en superficies de uso frecuente	Reducir primera variación de la curva epidémica / afectar cubierta de grasa protectora del virus	Evita el contagio. Deshace la capa de grasa que cubre al virus
		Evitar contacto con ojos, nariz y garganta	Reducir primera variación de la curva epidémica. Reducir propagación interna	Evita el contagio, pues inhibe su introducción por las mucosas
IV	Atención	Médica ambulatoria: consulta preventiva	Anular difusión	Limita propagación del virus, orienta cuidados
		Médica hospitalaria: Fibre, cansancio y tos seca, (disnea, cefalea, molestia corporal)	Reducir la variable decesos. Tratamiento en cuidados intensivos	Aíslas para atender con urgencia y evitar contactos

Notas

Nota 1: Se hace una diferencia entre el contexto situacional y el contexto de significancia. El primero se refiere a la manera de contextualizar la tarea, que puede ser a través de un entorno o medio conocido, pero la estructura matemática no se ve afectada al prescindir de él o alterarlo (contexto sintáctico), otra forma de contextualizar es con un escenario intrínseco a la tarea que suscita una situación que requiere del saber matemático para dar respuesta, dotando al conocimiento matemático de significado a través de su uso (contexto real). Por su parte, el contexto de significancia es la manera de contextualizar la construcción del conocimiento matemático, que puede ser mediante la algoritmia o consecuencia de un cambio de representación – evolución conceptual –, entre otros; o fruto de las prácticas y la significación mediante el uso – evolución pragmática (Reyes-Gasperini, 2016).

Nota 2: Agradecemos a los miembros del SocioLab del AES – DME, Cinvestav IPN por sus contribuciones y el hábito de planear y desarrollar acciones colegiadas.

Referencias Bibliográficas

Cantoral, R. (2020). In memoriam. Eugenio Filloy and François Pluvinage. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa – Relime*, 23(1), 5–6. DOI: 10.12802/relime.20.2310

Cantoral, R. (2019a). *Caminos del saber. Estudios sobre pensamiento y lenguaje variacional*. Editorial Gedisa.

Cantoral, R. (2019b). Formas de difusión institucional del conocimiento: un papel para Relime. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa – Relime*, *22*(3), 255–260. DOI: 10.12802/relime.19.2230

Cantoral, R., Reyes-Gasperini, D., Ríos-Jarquín, W. y Castro-Pérez, B. (2019). Relime: Construcción, Desarrollo y Consolidación ¿A dónde nos dirigimos? *Revista Latinoamericana de Investigación en Matematica Educativa – Relime*, *22*(1), 5–10. DOI: 10.12802/relime.19.2210

Chang, J. D. y Ponciano, J. (2020, marzo 20). *Ecuaciones diferenciales en tiempos del coronavirus*. Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas USAC. https://guateciencia.wordpress.com/2020/03/20/ecuaciones-diferenciales-en-tipos-del-coronavirus/

Kilpatrik, J. (2014). Foreword. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education. First Edition* (pp. v-vi). Springer.

Li, M. (2018). *An Introduction to Mathematical Modeling of Infectious Diseases*. Springer.

Orozco - Orozco, E. (2020, marzo 23). Opinión personal en redes sociales [Facebook]. Recuperado desde página personal en Facebook.

Reyes-Gasperini, D. (2016). *Empoderamiento docente y Socioepistemología. Un estudio sobre la transformación educativa en matemáticas*. Editorial Gedisa.

Santillán, M. (2020, marzo 17). Evolución de la epidemia de coronavirus en México en tiempo real. *Avance y Perspectiva*. https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/evolucion-de-la-epidemia-de-coronavirus-en-mexico-en-tiempo-real/

Worldometer. (2020, marzo 25). *Worldometers - real time world statistics*. Worldometers. https://www.worldometers.info/

Autores

Dr. Ricardo Cantoral.

Investigador Titular PIDPDM – AES, DME, Cinvestav
rcantor@cinvestav.mx

M. en C. Wendolyne Ríos Jarquín.

Investigador por Proyecto, PIDPDM – AES, DME Cinvestav
diana.rioz@cinvestav.mx

Dra. Daniela Reyes Gasperini.

Investigador por Proyecto, PIDPDM – AES, DME Cinvestav
dreyes@cinvestav.mx

Dr. Enrique A. Cantoral Uriza.

UMDI, Facultad de Ciencias – UNAM
cantoral@ciencias.unam.mx

Licda. Eleany Barrios Borges.

Estudiante de Maestría DME, Cinvestav
eleany.barrios@cinvestav.mx

Dr. Rodolfo Fallas Soto.

UCR – San José, Costa Rica
Investigador por Proyecto, PIDPDM – AES, DME Cinvestav
rfallass@cinvestav.mx

Dr. David Castillo Bárcenas

Hospital General de Zona Núm. 8, IMSS
dr.david.castillo@ icloud.com

Dra. Emilia Cantoral Farfán.

Hospital General de Zona Núm. 32, IMSS
emilia.cantoral@icloud.com

Dra. Rebeca Flores García.

CBT Edo. de Méx.
Investigadora comisionada al Proyecto, PIDPDM – AES, DME Cinvestav
rebeca.flores@cinvestav.mx

M. en C. Selvin Galo Alvarenga.

Estudiante de Doctorado DME, Cinvestav

selvin.galo@cinvestav.mx

M. en C. Cristian Paredes Cancino.

Investigador por Proyecto, PIDPDM – AES, DME Cinvestav
cristian.paredes@cinvestav.mx

Licda. Viridiana García Zaragoza.

Estudiante de Maestría DME, Cinvestav
viridiana.garciaz@cinvestav.mx

Lic. Antonio Bonilla Solano.

Estudiante de Maestría DME, Cinvestav
antonio.bonilla@cinvestav.mx