

TRADUCCIÓN: MATEMÁTICAS APLICADAS EN ESCENARIOS DE CRISIS (COVID-19)¹.

Milagros Del Valle Morales Rangel²
<https://orcid.org/0000-0002-2584-2330>

RESUMEN

Las matemáticas aplicadas forman parte de la formación universitaria en pregrado y posgrado. Desde esta perspectiva, en este ensayo se hará uso de las matemáticas aplicadas con el objetivo de estudiar los efectos psicológicos, económicos y educativos ocasionados sobre la población por un escenario de crisis como el COVID-19. Las teorías matemáticas desarrolladas en este ensayo son: Teoría del Caos, Cadenas de Markov y Teoría de Nash. El COVID-19 se ha extendido a través del mundo, afectando poblaciones y países, sin distinción de raza, posición económica, política o sociocultural. El impacto que el COVID-19 ha causado en la población mundial se podrá medir, a mediano y largo plazo, a través de cambios en el comportamiento psicológico, hábitos sociales, de salud, económicos y educativos. Este impacto dejará profundas huellas y dilemas morales, como priorizar que áreas deben atenderse y cuál será el esfuerzo político dirigido a cada una de ellas.

Palabras clave: COVID-19, matemáticas aplicadas, escenario educativo, economía.

Matemáticas aplicadas em cenários de crise (Covid-19)

RESUMO

As matemáticas aplicadas formam parte da formação universitária na graduação e pós-graduação. Desde esta perspectiva, neste ensaio se fará o uso das matemáticas aplicadas com objectivo de estudar os efeitos psicológicos, económicos e educativos sobre a população num cenário de crise como a COVID-19. As teorias matemáticas desenvolvidas neste ensaio são: Teoria do Caos, Cadeias de Markov e Teoria de Nash. A COVID-19 proliferou pelo mundo, afetando populações e países, sem distinção de raça, posição económica, política ou sociocultural. O impacto que a COVID-19 causou a população mundial se pode medir, a médio e longo prazo, através de mudanças no comportamento psicológico e nos hábitos sociais, de saúde, económicos e educativos. Este impacto deixará profundas marcas e dilemas morais tais como: que áreas devem ser priorizadas e qual será o esforço político dirigido a cada uma delas.

Palavras-Chave: COVID-19, matemáticas aplicadas, cenário educativo, economia.

Applied mathematics in crisis scenarios (Covid-19)

ABSTRACT

Applied mathematics is part of undergraduate and postgraduate university education. In this essay, applied mathematics will be used to study the psychological, economic and educational effects upon the population, caused by a crisis scenario as COVID-19. The mathematical theories developed in this essay are Chaos Theory, Markov Chains and Nash Theory. COVID-19 has spread throughout the world, affecting populations and countries, without distinction of race, economic, political or socio-cultural position. The impact that COVID-19 has caused on the world population could be measured, in the medium and long term, through changes in psychological behavior, social, health, economic and educational habits. This impact will leave deep traces and moral dilemmas that will permit prioritize which areas and the political effort directed to each one.

Key Words: COVID-19, applied mathematics, educational scenarios, economy.

INTRODUCCION

En el ámbito académico las matemáticas se utilizan para analizar problemas abstractos. En la vida diaria, las matemáticas nos facilitan la comprensión, modelaje y resolución de problemas para la toma asertiva de decisiones. En escenarios de crisis, las matemáticas han ayudado a la humanidad a proyectar, medir y hacer seguimiento a las posibles causas y efectos que estos generan en la

¹ Traducción de: Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0, ISSN 2244-7296 Vol. 24(2): 353-366. Mayo - Agosto 2020.
<https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i2.1335>

² Master's degree in Business Administration - Data Analytic and Artificial Intelligent, Atlantis University, USA. Accounting and financial specialist, UNELLEZ, Venezuela. Email: Info.milagrosmorales@gmail.com; info@milagrosmorales.com

población. También colaboran con diferentes ramas de las ciencias para encontrar soluciones efectivas, mitigar efectos y administrar los recursos de forma adecuada.

La pandemia de COVID-19 ha impactado la vida de las personas alrededor del mundo, afectando trabajos, sistemas escolares, actividades deportivas y recreación. Los gobiernos han sufrido una reducción drástica de sus economías, alta volatilidad en los mercados bursátiles, y un alto impacto en los sistemas de salud. El grupo poblacional menos afectado por la pandemia y poco considerado en las estadísticas como niños y jóvenes en edades escolares ven afectado su estilo de vida, tomando clases online y observando cambios en los hábitos de higiene y recreación.

En este ensayo hago uso de importantes y complejas teorías matemáticas como la Teoría del Caos, las Cadenas de Markov y la Teoría de Nash, con el fin de explicar, entender y proyectar a futuro cuál debería ser el comportamiento más adecuado de la población que conlleve a superar con mayor probabilidad de éxito el embate de esta pandemia.

Haré uso de estas teorías con el objetivo de obtener los datos necesarios sobre la propagación de epidemias, analizar de forma teórica y práctica los modelos gráficos endémicos y económicos; y, estudiar los efectos psicológicos, económicos y educativos provocados sobre la población. Teniendo en cuenta que, en especial el modelo seleccionado sobre procesos discretos en las Cadenas de Markov presenta una importante complejidad matemática, el análisis se efectuará con base a las gráficas generadas por la matriz de punto o matriz discreta.

Los efectos de la pandemia de COVID-19 se podrán observar y sentir con el paso de los meses y tal vez de años. Surgirán dilemas morales entre la salud de la población y la salud económica de cada país, la pérdida de trabajos, limitaciones de enseñanza y dificultades del sistema escolar. Los gobiernos deberán hacer esfuerzos económicos y políticos para proteger el grupo poblacionales más susceptibles y vulnerables como los adultos en edad avanzada y la población socio-económicamente deprimida.

Antecedentes

A lo largo de la historia la humanidad ha enfrentado distintas epidemias, las cuales han causado un profundo impacto, cambiando el comportamiento de las sociedades desde el antiguo Egipto hasta el siglo XXI. Entre esas epidemias están la tuberculosis, la viruela, la peste bubónica, la gripe, síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA - 1981), Sars (2002), gripe aviar (2005), Mers (2012), Ébola (2014) y Zika (2015), por mencionar sólo algunas.

Los mapas que señalan la expansión de estas epidemias muestran un comportamiento o patrón geográfico similar. Sin embargo, existe una discrepancia notable en el impacto que estas epidemias han ocasionado históricamente en la economía real y los mercados bursátiles. Lo cierto es que la economía real ha sufrido importantes desbalances. Los pequeños negocios, escuelas, iglesias, centros de arte y deportivos han absorbido grandes pérdidas.

Con base en estadísticas de epidemias pasadas El Centro Nacional para Prevención y Control de Enfermedades publicó “Community Mitigation Guidelines to Prevent Pandemic Influenza” (CDC, 2017, pp.1-34). El cual sugiere implementar cierres programados de cuidados diarios, escuelas, instituciones de educación media y universidades, proteger a la comunidad estudiantil e interrumpir la transmisión de infecciones haciendo uso de medidas como el distanciamiento social y ejecutando el cierre de escuelas en las áreas más afectadas.

Según The United States Public Health Services (USPHS), entre los años de 1918 y 1957, la información obtenida en periodos de pandemia mostró un aumento exponencial en los casos de niños infectados, ubicados en un rango de edad escolar. Este aumento se debió a la alta tasa de transmisibilidad de niños a niños en las escuelas y de niños a adultos en los hogares. La efectividad en cierre de las escuelas y las medidas de distanciamiento social, fue probada en posteriores estudios donde el cierre temprano y oportuno ayudo a interrumpir la transmisión de la enfermedad (Chung, 2009, pp. 21-26).

Históricamente, las pandemias ocasionan un impacto muy sutil sobre los mercados bursátiles. En algunos periodos siguientes a la aparición de las pandemias se observan comportamientos y tendencias al alza de los principales índices financieros.

Hipótesis

1. Si los gobiernos y las sociedades afectadas asumen un comportamiento solidario entre ellos y se unen para el beneficio común, tomando las medidas correctivas pertinentes, la sociedad obtendrá un máximo beneficio (en este planteamiento inicial se hará uso de la Teoría de Nash).

Entonces, los casos de contagios y defunciones ocurrirían en una proporción menor. Pero en contraste a este hecho, se observarán significativas pérdidas económicas (para la comprobación de la hipótesis se hará uso de las Cadenas de Markov, procesos estocásticos).

2. Si los gobiernos y las sociedades afectadas asumen un comportamiento egoísta, donde cada persona piense sólo en su propio beneficio, el resultado será el beneficio mínimo para toda la población (en este planteamiento inicial se hará uso de la Teoría de Nash).

Entonces, ocurrirá una fuerte propagación de la epidemia, un mayor número de casos de contagio y defunciones. Pero manteniendo una alta probabilidad de caída económica, aunque atenuada (para la comprobación de la hipótesis se hará uso de las Cadenas de Markov, procesos estocásticos).

COVID-19 y análisis de la Teoría del Caos

El COVID-19 se ha extendido rápidamente por todo el mundo. Inicialmente surgió como una pequeña infección viral en la ciudad de Wuhan, sin embargo, aumentó exponencialmente infectando a gran parte de la población de esa ciudad, causando importantes decesos y daños económicos. Este comportamiento se repitió en cada área geográfica donde apareció la infección, expandiéndose como ondas concéntricas con un origen común en la ciudad de Wuhan.

Este comportamiento puede explicarse utilizando la Teoría del Caos y el Efecto Mariposa. Según Edward (1996) "En China una mariposa agita sus alas, lo que lleva a cambios impredecibles en el clima de los Estados Unidos, un tsunami, unos días más tarde" (pp.636-646).

Existe un factor común que permite relacionar la epidemia de COVID-19 con la Teoría del Caos y el Efecto Mariposa expresado de Edward Lorenz. Una pequeña perturbación, como el contagio inicial de COVID-19 en un lado del mundo, se expande como ondas que causan efectos sustanciales y perjudiciales en el otro lado del mundo.

Adicionalmente, este efecto se multiplica generando patrones repetitivos de comportamiento poblacional, económico y epidemiológico en cada región geográfica afectada. Lo cual podría también explicarse a través de modelos fractales.

Comportamiento y psicología de las masas

La psicología de masas, especialmente en los mercados bursátiles, se refiere a las emociones que tienen las personas en el momento de invertir. Estas emociones son predecibles y muy notorias. Se observan a diario en los mercados a través de las variaciones en los precios y en los gráficos. Las emociones se observan como una avalancha y se presentan en una gama que varía desde el miedo hasta la avaricia.

La pandemia de COVID-19 ha ocasionado un fuerte impacto en la psicología humana, motivado por cambios de hábitos en actividades diarias. Por ejemplo, las escuelas han tenido que cancelar asambleas, eventos, modificar el modelo de enseñanza. Muchos padres y niños no se han podido adaptar a las limitaciones de espacio, pérdidas económicas, y de salud. Según The National School Board Association (2020), es posible un incremento de las ausencias por enfermedad en la plantilla de profesores, trabajadores escolares, y sus familias. El efecto de las ausencias escolares, las ausencias de los padres al trabajo y en la aparición de enfermedades en el hogar tendrá como efecto el cierre de escuelas (pp.1-9). El confinamiento obligatorio, la pérdida de poder adquisitivo, aunado a problemas pre-existentes en cada sociedad y familia, ha exacerbado un brote depresivo en niños, jóvenes y adultos. Esto ha conllevado a un aumento en las estadísticas por casos de violencia

doméstica y suicidios. Según The American Psychological Association (2020), el confinamiento de las familias en el hogar podría incrementar la violencia entre parejas y hacia los niños. Adicionalmente el cambio de hábitos, la interrupción en las rutinas y la latente posibilidad de contraer una enfermedad potencialmente mortal, exacerba las enfermedades mentales, el consumo de sustancias estupefacientes, y la compra de armas. Elementos que juntos pueden ser una tormenta y aumentar el riesgo de suicidios en la población (Clay, 2020, p.4).

En este punto, tanto la Teoría de Caos como la Teoría de Nash, hacen grandes aportes para entender cómo el comportamiento y la psicología de las masas resultará un factor preponderante en la búsqueda de una solución que beneficie a la mayoría; o, a falta de esta, por el contrario, cause más contagios, sufrimiento y muerte.

La Teoría del Caos permite extrapolar el factor psicológico humano bajo la siguiente premisa: “Bajo la creatividad innata podría haber un proceso caótico subyacente que amplifica selectivamente pequeñas fluctuaciones y las moldea en estados mentales coherentes y macroscópicos que se experimentan como pensamientos” (Crutchfield, Farmer, Packard, Shaw, 1994, p. 30).

Ahora bien, en este ensayo muestro cómo el impacto psicológico ocasionado por las medidas de contención y aislamiento puede ser explicado utilizando el dilema del prisionero en Teoría de Juegos y Teoría de Nash, en el supuesto de:

"Dos conspiradores en un crimen son arrestados y se les ofrece un trato: “Si confiesa y testifica en contra de su cómplice, le dejarán ir y le arrojará el peso al otro, 10 años de prisión”... “Si ambos permanecen callados, los fiscales no pueden probar los cargos más serios y ambos pasarían sólo un año tras las rejas por delitos menores. Si ambos confiesan, los fiscales no necesitarían su testimonio y ambos recibirían condenas de prisión de ocho años” (Roth, 2004).

Trasladando este dilema del prisionero de Nash a la situación actual de pandemia, encontramos que el manejo adecuado, tanto en la reducción de contagios como en lo referente al impacto económico, dependerá del comportamiento que decida tomar la sociedad. ¿Cómo aplicar el dilema del prisionero de Nash a la situación que nos compete? En términos de egoísmo o solidaridad; acatando normas sanitarias y de distanciamiento social o simplemente no acatar ninguna norma. Priorizar la opción que beneficia a cada uno de forma individual (egoísta), en detrimento de la opción que genere un beneficio común (solidaria), implicará que las consecuencias y efectos de la pandemia por COVID-19 permanecerán por más tiempo. Se podrá observar un deterioro económico prolongado y pérdidas evitables de vidas, las cuales pueden ser atenuadas si mantenemos bajo control el crecimiento dinámico de contagios y lo llevamos a una evolución lineal.

De igual modo, podremos observar cómo los efectos psicológicos permanecerán por más tiempo, causando daños emocionales adicionales indeseados como depresiones, ansiedad severa, ataque de pánico, aumento en las estadísticas de suicidios, entre otros.

Mitigar la expansión del COVID-19, ¿solución o dilema?

Aunque el Coronavirus actuó como un desencadenante en el deterioro económico, social y educativo, las estadísticas nos indican que elementos preexistentes acumulados, en años y meses anteriores, aumentaron el desconcierto y ralentizaron en la toma de medidas efectivas.

Podemos ver estos patrones en dos grandes ámbitos: social-educativo y económico-financiero.

Social y educativo: The United States Census Bureau reportó para octubre de 2018 una importante discrepancia en el porcentaje de estudiantes inscritos en el sistema escolar, determinado por la diferencia de ingresos, tipo de familia y grupo racial.

Factores pre-existentes como bajos ingresos familiares, falta de apoyo y expectativas familiares incumplidas, nivel educativo de los padres, desintegración familiar, pertenencia a grupos raciales minoritarios, etc., acentuó la deserción escolar en esta crisis del COVID-19, a la cual se le suman

factores adicionales como pérdida de clases, deficiencias del ambiente escolar, nivel de aprendizaje y dificultades por parte de profesores y alumnos en la implementación de metodologías que permitan continuar con el programa académico.

En la enseñanza académica es importante tener presente que “mirar la praxis educativa y el aprendizaje desde diferentes corrientes filosóficas, pedagógicas, paradigmas, modelos y enfoques educativos brindará una mejor perspectiva y comprensión de la forma como el estudiante aprende” (Olivero, 2019, pp. 77-91). Esta recomendación ayudaría a mitigar las deficiencias presentadas en los estudiantes como efecto de la pandemia y el aislamiento social.

Muchas organizaciones sugieren estrategias especiales para prevenir la expansión de la enfermedad, entre ellas la UNICEF publicó “Key Messages and Actions for COVID-19 Prevention and Control in Schools” (UNICEF, 2020, pp. 1-13). Esta guía presenta planes para atenuar los efectos causados por el cierre de las escuelas, el aislamiento social en los niños, y continuar educando a los niños desde el hogar a través de educación online cuando esta sea posible. En un esfuerzo conjunto entre padres y maestros por hacer seguimiento de los ejercicios, lecturas y reforzar los hábitos de limpieza.

El objetivo principal ha sido dar a los docentes herramientas para promover principios básicos de salud, flexibilizar la asistencia a las escuelas y fomentar el permanecer en casa, implementar metodologías educativas de seguimiento y control en forma remota, e implementar programas de ayuda psicológica y de asistencia a niños vulnerables o con necesidades especiales.

Economía y mercados bursátiles: Al observar y hacer un análisis fundamental y técnico de los mercados bursátiles se encontró que durante los últimos 11 años los principales índices mantuvieron una tendencia al alza, con muy pocas correcciones a la baja, esto es un importante factor pre-existente. Otros factores importantes son los políticos-financieros como posicionamiento de mayores cuotas comerciales en mercados mundiales, reducción de la producción de petróleo, desacuerdos en el sector energético, debilitamiento de las monedas y sistemas financieros.

Si a estos factores le sumamos un elemento inesperado, como la propagación del COVID-19 y la incertidumbre que ha causado en todas las áreas y sectores, de manera individual y colectiva, no sólo se podrá notar el impacto en la volatilidad de los mercados bursátiles, sino en toda la economía. Los gobiernos tendrán la oportunidad de liderar esfuerzos políticos dirigidos a apoyar la economía y la vida de los ciudadanos. Las familias y las empresas realizan importantes reajustes, utilizando la gestión de emergencias e implementando políticas para adaptarse a las nuevas necesidades laborales y patrones de consumo, todo esto se puede observar en los gráficos mostrados más adelante.

Se suele utilizar el modelo SIR de Cadenas de Markov para estudiar epidemias y procesos infecciosos en poblaciones; y de este modo modelar gráficas que permitan proyectar el comportamiento de la epidemia y su efecto en la economía. Para modelar y graficar este caso, los individuos de una población serán representados en tres posibles estados: población susceptible, población infectada o población muerta por la enfermedad.

El modelo seleccionado es una Cadena de Markov discreta, ya que la observación y obtención de la data en los individuos se realiza de forma diaria. Los periodos de tiempo son discretos y el estado futuro de un individuo dependerá sólo de su estado actual, lo que permitirá generar una matriz discreta o punto a punto.

¿En qué consiste la teoría de cadenas de Markov en tiempo discreto?

“Cadenas de Markov en tiempo discreto ocurre cuando la variable estudiada sólo puede tomar valores discretos y su observación en el tiempo se realiza en instantes de tiempo discretos. El proceso estocástico queda representado por $X(1), X(2), X(3), \dots$, siendo $X(n)$ el valor de la variable X en el tiempo n , con $n=1, 2, 3, \dots$ el estado futuro de los individuos dependerá sólo del estado en que se encuentre

en el presente. En ese caso, las probabilidades de transición de un estado a otro quedan definidas” (Norris, 1998, p.256).

Y expresadas en la siguiente ecuación:

$$P_{ij}(n) = P[X(n+1)=j | X(n)=i] \quad i, j=1, 2, \dots, m$$

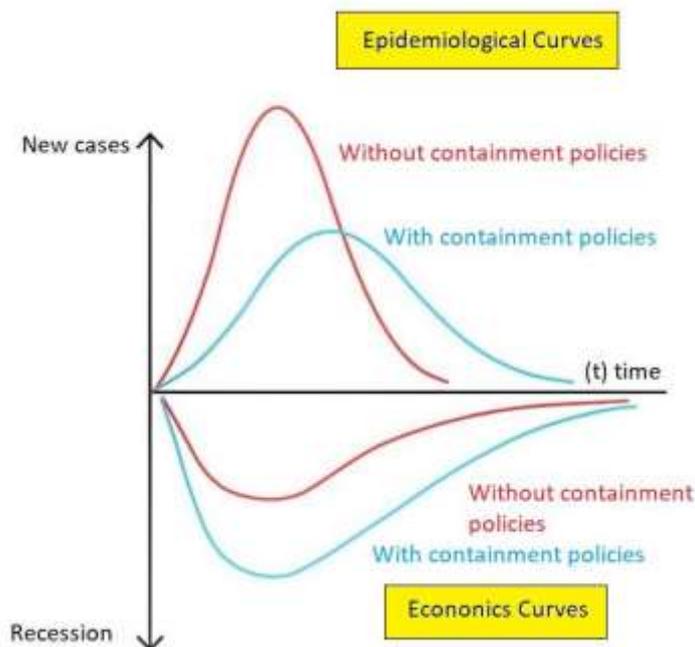
En este caso, el modelo seleccionado es una Cadena de Markov discreta, ya que los gobiernos, al igual que entidades como el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de EE. UU. observan y recolectan datos diarios de los individuos afectados durante la pandemia de COVID-19; es decir, los periodos aplicados son discretos en el tiempo. Además, el estado futuro de un individuo dependerá únicamente de su estado actual, el cual generará una matriz discreta. La descripción del párrafo anterior muestra que este modelo permite simular comportamientos según los estados de infección de los individuos en una población que estará representada por tres estados posibles: población susceptible por COVID-19, población infectada por COVID-19, o población muerta por la enfermedad.

Al determinar el estado inicial de cada individuo y el posible estado posterior, se permite estimar el número de infecciones y posibles pérdidas de vidas. Esto ayuda a los gobiernos a optimizar la respuesta del sistema de salud, y tomar medidas oportunas contra la enfermedad para salvar vidas. Asimismo, permite implementar políticas adecuadas al sistema educativo y diseñar políticas fiscales que disminuyan el impacto económico en la población.

Graficas epidemiológicas y económicas

En la imagen que se muestra a continuación se modelan cuatro curvas, en el cuadrante superior se observan dos curvas (curvas epidemiológicas), la coordenada (X) representada por periodos de tiempo, y la coordenada (Y) que representa nuevos casos de infecciones debido al COVID-19. En este cuadrante, la curva roja está influenciada por la ausencia de las políticas de contención, donde la enfermedad infecta a un número importante de individuos. La curva azul en el cuadrante superior está influenciada por las medidas sanitarias y la implementación del distanciamiento social, mostrando una reducción significativa de individuos infectados por el COVID-19.

En el cuadrante inferior se muestran dos curvas adicionales (curvas económicas), la coordenada (X) representada por periodos de tiempo (t) y la coordenada (Y) que representa el nivel de recesión. En este cuadrante, la curva roja está influenciada por la ausencia de políticas de contención, donde la enfermedad determina una curva de recesión suave. Sin embargo, la curva azul en el cuadrante inferior está influenciada por las medidas sanitarias y la implementación del distanciamiento social, donde la enfermedad determina una curva de recesión acentuada.



Elaborada por el autor e inspirada por una ilustración de Pierre Oliver Gourinchas.

Análisis de las gráficas

Las gráficas ubicadas en el cuadrante superior expresan la cantidad de individuos contagiados en un periodo de tiempo. Las gráficas ubicadas en el cuadrante inferior expresan las probabilidades de caída en la economía para el mismo periodo de tiempo, ambas a causa de la pandemia por COVID-19.

En las gráficas epidemiológicas superiores se puede observar una semejanza en el comportamiento de las mismas, la cual se puede rectificar o suavizar en el tiempo, si las medidas de contención son aplicadas. En las gráficas económicas inferiores se observa un comportamiento contrario a las curvas epidemiológicas; es decir, con la implementación estricta de las medidas de contención, las probabilidades de una caída o recesión económica se acentúan.

La idea fundamental es promover políticas públicas, sanitarias y económicas más equilibradas que atenúen ambas curvas epidemiológicas y económicas, hasta que en el tiempo tengan una evolución lineal o converjan a cero.

CONCLUSIONES

Es apropiado concluir, con base en las hipótesis planteadas, que el actuar solidario de las sociedades y gobiernos frente a la pandemia del COVID-19 se vierte en bienestar para la población. Los gobiernos deben aplicar políticas económicas y de salud que desaceleren el contagio, e implementar políticas económicas y apoyo fiscal que impidan un profundo deterioro económico.

Los gobiernos también deben tener en cuenta los efectos psicológicos en la población, debido al confinamiento y los nuevos patrones de interacción social, como el distanciamiento, el uso de máscaras, y guantes. Especialmente en las poblaciones vulnerables debido a la edad, condiciones preexistentes, condición socioeconómica.

La UNICEF ha emitido algunas recomendaciones para continuar con la educación de los niños en casa durante el confinamiento y cierre de las escuelas, que sería pertinente seguir; como por ejemplo, implementar la enseñanza en línea en los casos que esto sea posible, los maestros y padres deben hacer seguimiento a lecturas y ejercicios educativos en el hogar, enseñar y reforzar hábitos de limpieza, y abordar temas de apoyo psicológico.

Por otra parte, la expectativa en el mercado bursátil mantiene una tendencia a precios volátiles. Los capitales se movilizarán a las áreas donde las empresas han permanecido abiertas y con la expectativa de aumentar producción, contratación de empleados, mejorar servicios, etc. Además, una parte importante del capital permanecerá protegida en bonos y materias primas, como plata y oro.

Finalmente, si el virus se expandió alrededor del mundo, como olas, repitiendo patrones de contagio, podríamos aplicar de manera análoga patrones de comportamiento y al distanciamiento social en las regiones más afectadas, así reducir la propagación de manera significativa y disminuir el impacto en áreas tan importantes como la educación.

Referencias Bibliográficas³

- Britannica, T. (2020). Encyclopedia Britannica. Retrieved from <https://www.britannica.com/biography/Edward-Lorenz#ref1079997>
- Center for Disease Control and Prevention, (2020). “COVID-19 Data and Statistics”. Retrieved from <https://www.cdc.gov/library/researchguides/2019novelcoronavirus/datastatistics.html>
- CDC, (2020), “Plague History”. Recuperado de: www.cdc.gov/plague/history/index.html
- CDC, (2017). “Community Mitigation Guidelines to Prevent Pandemic Influenza”, Morbidity and Mortality Weekly Report, 66(1)1–34, Retrieved from <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/66/rr/rr6601a1.htm>
- Chung, W. (2009). “Review of School Closure as a Pandemic Mitigation Strategy”. Texas Medicine. 105(7) 21-26. Retrieved from <https://www.texmed.org/template.aspx?id=7808>
- Clay, R. “COVID-19, and suicide. How the pandemic will affect suicide rates is still unknown, but there are many psychologists can do to mitigate its impact”. The Special Report, American Psychology Association, Vol. 51, No. 4. Retrieved from <https://www.apa.org/monitor/2020/06/covid-suicide>
- Crutchfield, James P., Farmer, J. Doyne Packard, Norman H., y Shaw, Robert S. (1986) “Chaos” by Scientific American 254(12), 46-57.
- Edward, L. (1996). “The Essence of Chaos”. University of Washington Press.
- Edward, L. (1969). "Atmospheric predictability as revealed by naturally occurring analogues". Journal of the Atmospheric Sciences. 26 (4), 636–646.
- Edward, L. (1963) "Deterministic Nonperiodic Flow". Journal of the Atmospheric Sciences, 20(2) 130–141.
- Fauci, A. (2007). “The 1918 influenza pandemic: insights for the 21st century”. J Infect Dis. 195(7) 1018-1028.
- Grinblatt, M. (2000). “The investment behavior and performance of various investor types: A study of Finland’s unique data set”. Journal of Financial Economics, 55(1), 43–67, Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(99\)00044-6](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(99)00044-6).
- Hayles, N. (1998). “The evolution of chaos Order within disorder in contemporary science”. Gedisa, Barcelona.
- National Center for Education Statistics, (2020). “2019-20 Common Core of Data”. Retrieved from <https://nces.ed.gov/?src=ft>
- Neuzil, K. (2002). “Illness among schoolchildren during influenza season: effect on school absenteeism, parental absenteeism from work, and secondary illness in families” Arch Pediatr Adolesc Med. 156(10) 986-991.
- Norris, J. R. (1998). Markov chains. Cambridge series in statistical and probabilistic mathematics. Cambridge University Press. Cambridge, RU, p. 256.
- NSBA, (2020). “COVID-19, preparing for widespread illness in your school community, A Legal Guide for School Leaders”. pp. 1-9. Retrieved from <https://www.nsba.org/Resources/coronavirus/legal-guide>

³ Se colocan las referencias tal como aparecen en el artículo original, no se adaptan a las normas de la revista, pues es una traducción textual.

- Olivero, W. (2019). "La complejidad paradigmática en el aprendizaje significativo de las matemáticas". *Revista Educare*, 23 (2), 77-91. Barquisimeto: UPEL. Recovered from: <https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/5/5>
- Pietrangelo, A. (2017) "The top 10 deadliest diseases". Retrieved from www.healthline.com
- Roth, C. (2004). "Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America". PNA, Retrieved from www.pnas.org/content/101/12/3999
- UNICEF, (2020). "Key Messages and Actions for COVID-19 Prevention and Control in Schools" New York, Retrieved from https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/key-messages-and-actions-for-covid-19-prevention-and-control-in-schools-march-2020.pdf?sfvrsn=baf81d52_4
- United States Census Bureau, (2020). "Table 8. Enrollment Status for Families with Children 5 to 24 Years Old, by Control of School, Race, Type of Family, and Family Income: October 2018". Retrieved from <https://www.census.gov/data/tables/2018/demo/school-enrollment/2018-cps.html>
- U.S Department of Education, (2020). "COVID-19 Information and Resources for Schools and School Personnel". Retrieved from <https://www.ed.gov/coronavirus>
- WHO, (2020). "World health organization, Coronavirus topics". Retrieved from https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1