The background of the entire page is a microscopic view of coronavirus particles. The particles are spherical and covered in characteristic spike proteins, appearing in shades of blue and cyan. They are scattered across the frame, with some in sharp focus and others blurred in the background.

Comportamiento exponencial del nuevo coronavirus COVID-19 en México, función del distanciamiento social para disminuir su propagación

Victor Eric López y López¹

¹. Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional. Carretera Estatal Sta. Inés Tecuexcomac-Tepetitla km 1.5, Tepetitla de Lardizábal Tlaxcala, México. CP 90700.

¹. Correo electrónico: vlopezyl@ipn.mx

RESUMEN

Existe una crisis de salud a nivel mundial por el surgimiento y esparcimiento del nuevo coronavirus COVID-19. Desde los primeros casos reportados en diciembre 2019 en la ciudad de Wuhan en China comenzó una carrera contra el tiempo para evitar la propagación del virus. A pesar de los esfuerzos de contención y medidas tomadas por muchos países, algunos de ellos no lograron reducir una transmisión acelerada del virus. En México, el primer Aviso Epidemiológico alertando de la infección respiratoria asociados al nuevo virus se realizó el 21 de enero de 2020. A partir de esa fecha, México ha implantado medidas de prevención y mitigación. En este artículo se presenta como ha cambiado la velocidad de infección del virus en nuestro país y se comparan datos con países donde el número de casos del COVID-19 es elevado. La perspectiva de este trabajo es poner en contexto que, si México no hubiera implementado las medidas de prevención y mitigación apropiadamente, nuestro país ocuparía los primeros lugares a nivel mundial de casos de COVID-19 al cierre de esta edición.

Palabras clave: : COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, modelo exponencial.

ABSTRACT

There is a health worldwide crisis due to the emergence and spreading of the novel coronavirus COVID-19. Since the first reported case in Wuhan, China in December 2019 begun a racing against time to avoid the virus propagation. Despite of contention efforts and measures taken for many countries, some of them could not controlled the accelerated transmission of the virus. In Mexico, the first Epidemiologic Advice was released in January 21 of 2020. From that date, Mexico has implemented measures of prevention and mitigation. In this work is shown how the virus infection rate was changed and data are compared to that of countries which the number of COVID-19 is elevated. The perspective of this work is underlining that if México have not implemented measures against prevention and mitigation properly our country would occupy the first places in the world of COVID-19 cases at the press time.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, exponential model.

INTRODUCCIÓN

En diciembre de 2019, pacientes con una neumonía de causa desconocida se presentaron en instituciones médicas en la provincia de Hubei China, particularmente en la ciudad de Wuhan¹. El virus fue identificado nombrado como 2019-nCoV una nueva especie de los virus SARS-CoV^{2,3}, denominándolo posteriormente SARS-CoV-2 o como lo conocemos coloquialmente COVID-19. El virus causa varios síntomas entre los que destacan fiebre alta, tos y dificultad para respirar^{4,5,6}. Este virus afecta todos por igual entre niños, jóvenes, adultos y adultos mayores, sin importar condición social. Sin embargo, se ha reportado que la población más vulnerable son los adultos mayores, personas que padecen hipertensión, diabetes, obesidad, tabaquismo, así como mujeres embarazadas. Por lo que lo hace un virus muy peligroso en México debido a los altos índices de personas con hipertensión, diabetes y obesidad que es del dominio público. La Secretaría de Salud a través de la Unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria⁶ publicó un aviso el 9 de enero de 2020 que sugería evitar viajes no esenciales a China y en caso de ser necesario el viaje, se sugería aplicar medidas preventivas específicas como el lavado de manos frecuente, consumir alimentos bien cocinados y agua simple potable o embotellada y evitar lugares concurridos, evitar contacto con animales vivos o muertos, evitar comer carne cruda entre otros. De acuerdo a los diferentes avisos de la Secretaría de Salud (los cuales pueden ser consultados en <https://www.gob.mx/salud/es/archivo/prensa>) era claro percibir que las autoridades correspondientes comenzaron a tener un muy buen argumento de que la posibilidad de la llegada del virus era inminente, aun cuando se reportaban 448 casos confirmados a nivel mundial y nueve defunciones por esta razón⁷. En dichos comunicados se recomendaba informar al personal de primer contacto en unidades médicas públicas y privadas de todo México con respecto al nuevo coronavirus, se debía de garantizar la notificación de los casos sospechosos a la unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria (UIES), además de realizar estudios epidemiológicos de caso y notificar la totalidad de casos sospechosos y al nivel técnico inmediato superior, aislamiento estricto de casos sospechosos, usar precauciones de transmisión basadas en el mecanismo de transmisión por gotas y

seguimiento de casos sospechosos hasta su clasificación final, cumplir con metodologías y procedimientos de vigilancia epidemiológica y de diagnóstico de laboratorio (dichos comunicados pueden consultarse a través de la liga en Referencias). No fue hasta el 28 de febrero que México presentó el primer caso confirmado de COVID-19⁸.

A la sociedad en general, principalmente las medidas de prevención como el lavado de manos fueron frecuentemente expuestas a lo largo de febrero y marzo. El 13 y 14 de marzo; México tenía 26 y 41 casos positivos respectivamente, el 14 de marzo en el comunicado de la Secretaría de Salud y la Secretaría de Educación Pública se informaba que el receso escolar comprendería del lunes 23 de marzo al viernes 17 de abril¹⁰. Para el 24 de marzo con 405 casos positivos, se declaró el inicio de la fase 2 por lo que las medidas a la población fueron el llamado al cuidado y la protección a las personas adultas mayores, mujeres embarazadas y quienes padezcan enfermedades crónico-degenerativas; el reforzamiento de las medidas de higiene básica, pública e individual; la práctica de la sana distancia, así como la suspensión de clases del 23 de marzo al 19 de abril, de eventos y reuniones donde participan más de 100 personas y de actividades laborales que involucren la movilización de personas en todos los sectores de la sociedad¹¹. Posteriormente, el 31 de marzo de acuerdo con la sesión plenaria del Consejo de Seguridad General (CSG) se reconoce la emergencia sanitaria a la epidemia de enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2¹². El Consejo acordaba medidas extraordinarias en todo el territorio nacional, destacando la suspensión inmediata, del 30 de marzo al 30 de abril de 2020, de actividades no esenciales en los sectores público, privado y social, con la finalidad de mitigar la dispersión y transmisión del virus SARS-CoV-2 en la comunidad, para disminuir la carga de enfermedad, sus complicaciones y muerte por COVID-19 en la población residente en el territorio nacional. El 31 de marzo, nuestro país tenía 1215 casos confirmados y 28 muertes.

Objetivo

De acuerdo con lo anterior, surgen las preguntas si fueron acertadas la implementación de medidas básicas de distanciamiento social e inclusive de la suspensión de actividades no esenciales. Por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar los datos oficiales

ajustándolos al modelo de crecimiento exponencial, determinando la velocidad de infección y discutir los posibles escenarios que tendría México si las medidas no fueran implementadas en las fechas que se mencionan. El comportamiento se compara con otros países con elevado número de casos.

Desarrollo

Los datos del número de casos fueron de acuerdo a los de la Secretaría de Salud en los Comunicados Técnicos Diarios [<https://www.gob.mx/salud>], el número de casos de otros países fue consultado en la página de la Universidad John Hopkins [<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>] y en la página de Worldmeter [<https://www.worldometers.info/coronavirus/>]. Para determinar la velocidad de infección del COVID-19, los datos del número de casos se ajustaron al modelo exponencial de acuerdo con la siguiente ecuación¹³:

$$X = X_0 e^{\mu t} \quad \text{ecuación 1}$$

Donde:

X = número de casos de COVID-19 a un tiempo t

X_0 = número de casos iniciales con los que se ajusta el modelo exponencial.

μ = velocidad específica de infección y es constante

t = tiempo en días

Las velocidades específicas de infección se determinaron gráficamente con el número de casos de COVID-19 en función del tiempo con un coeficiente de correlación (R^2) al 99% o como fracción de 0.99. Para el cálculo de las proyecciones en México se usó el mismo modelo en Excel®.

Resultados y discusión

La ecuación 1 representa el modelo de crecimiento exponencial. Para que un crecimiento exponencial ocurra y se mantenga en un tiempo determinado, las condiciones en la que se presenta deben ser constantes. Por lo que si hay una disminución en la velocidad de crecimiento exponencial en nuestro caso la velocidad de infección (μ) es porque las condiciones cambiaron¹³. En la figura 1a, se presenta la gráfica de los datos reales del número de casos de COVID-19 en

función del tiempo con la primera velocidad exponencial que se presentó en México con un valor de 0.4119 d⁻¹ (R²=0.9948) y ocurrió de los días 10 al 16 de marzo. El crecimiento exponencial siempre parece ser muy pequeño al inicio debido a que el número de casos ocurridos es muy pequeño¹⁴. Del 16 al 23 marzo hubo una reducción de 1.8 veces en la velocidad de infección (figura 2b) ajustando a 0.2272 d⁻¹ (R²=0.9928). Si tomamos una velocidad global a partir del día 16 de marzo al 16 de abril (Figura 3c), observamos que la velocidad disminuyó hasta un valor de 0.1373 es decir 3.0 veces menos que la primera velocidad, aunque con un coeficiente de correlación menor (R²=0.9758). Al observar esta última tendencia, se determinó una nueva velocidad de infección con un mejor ajuste de los días 31 de marzo al 16 de abril la cual fue de 0.1057 d⁻¹ (R²=0.9928), siendo 3.89 veces que la velocidad exponencial inicial.

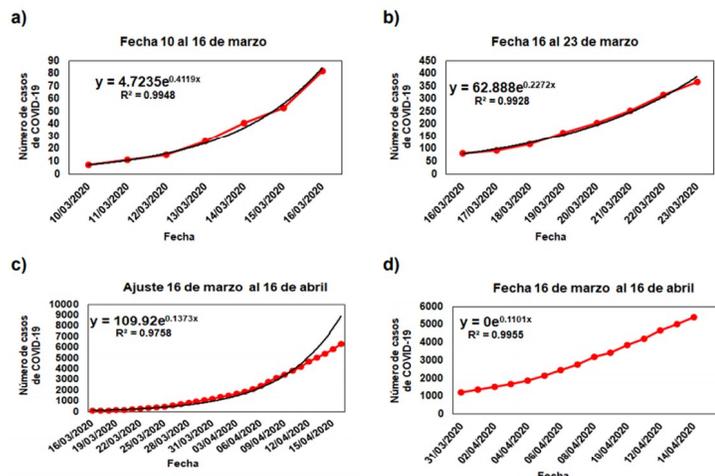


Figura 1. Determinación de las velocidades de infección del número de casos positivos de COVID-19. a) Velocidad de infección del 10 al 16 de marzo, b) Velocidad de infección del 16 al 23 de marzo, c) Velocidad de infección del 16 de marzo al 16 de abril y d) velocidad de infección del 31 de marzo al 16 de abril.

Las cuatro velocidades determinadas con los datos reales fueron utilizadas para modelar el crecimiento exponencial de acuerdo con la ecuación 1. Las proyecciones del número de casos comparada con los casos reales de infección por el COVID-19 se presentan en la Figura 2. Como se observa en la Tabla 1, la reducción de los casos se demuestra en la proyección para los días 16 y 30 de abril entre las diferentes velocidades que se han presentado en México. Es importante destacar que la reducción en la velocidad de

infección puede representar no solamente miles de casos sino millones de casos potenciales (Figura 2 y Tabla 1). Lo que es muy importante para la atención en los sistemas de salud.

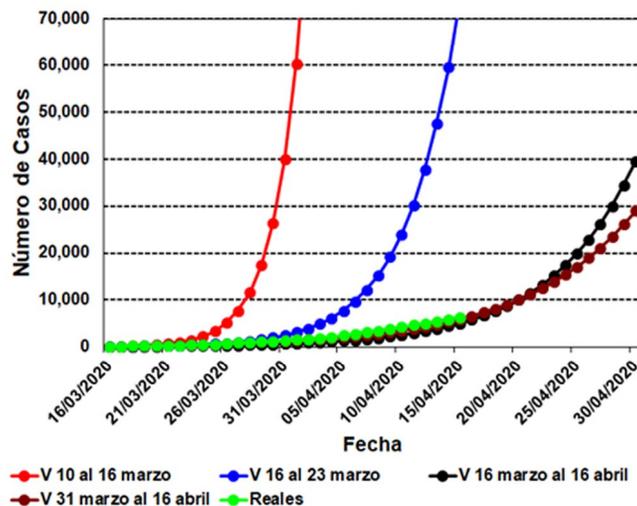


Figura 2. Proyecciones del número de casos de infectados por COVID-19 con base al modelo de crecimiento exponencial de acuerdo con las velocidades (V) determinadas en la figura 1.

Tabla 1. Escenarios del 16 y 30 de abril del Número de casos proyectados de infección por COVID-19 en función de la velocidad de infección y de acuerdo al modelo de crecimiento exponencial.

Velocidad específica de infección (d ⁻¹)	Días de ajuste	Casos Proyectados al 16 de abril	Casos Proyectados al 30 de abril
0.4119	10 al 16 de marzo	29,098,877	9.03x10 ⁹
0.2272	16 al 23 de marzo	93,894	2,259,647
0.1373	16 de marzo al 16 de abril	5,785	39,546
0.1057	31 de marzo al 16 de abril	6,593	28,955

En la Tabla 2 se presentan las velocidades de infección que se determinaron en otros países de acuerdo las bases de datos correspondientes. Cabe aclarar que el ajuste para determinar las velocidades de infección se realizó con base en obtener un coeficiente de correlación superior al 0.98 (98%). Por esta razón, son diferentes tanto el número de casos (X₀) con los que se inicia el ajuste como las fechas en las que se realiza. De esta manera observamos que no todos los países iniciaron el crecimiento exponencial con pocos casos. Estados Unidos de América tuvo una velocidad relativamente alta pero sostenida en un periodo de 20 días. España tuvo una velocidad más alta que se sostuvo

24 días, aunque inició con pocos casos. En el caso de Italia, sostuvo una velocidad menor con un alto número de casos iniciales y en 17 días. Alemania sostuvo una velocidad de infección relativamente alta durante 25 días. Rusia por su parte, comenzó con pocos casos, pero ha mantenido una velocidad moderada por 45 días. Posterior a las fechas que se exponen en la Tabla 2, la velocidad de infección Estados Unidos, España, Italia y Alemania ha disminuido ya sea a una velocidad exponencial menor o de manera prácticamente lineal (datos no mostrados). Sin embargo, a pesar de esa disminución de la velocidad de infección, por la cantidad de casos tan altos se registran aumentos de miles diariamente a la fecha de la escritura de este documento (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de velocidades específicas de infección y Casos al 16 de abril de Estados Unidos de América, España, Italia, Alemania y España. Casos al 16 de abril de México.

País	Velocidad específica de infección (d ⁻¹)	Coefficiente de Correlación	X ₀	Días de Ajuste	Casos al 16 de abril
Estados Unidos de América	0.2698	0.9914	994	10 al 30 de marzo	677,670
España	0.3264	0.9903	9	25 de febrero 20 de marzo	184,948
Italia	0.2008	0.9923	889	28 de febrero al 16 de marzo	168,941
Alemania	0.2536	0.9902	74	28 de febrero al 24 de marzo	136,698
Rusia	0.2039	0.9906	3	02 de marzo al 16 de abril	27,938
México	-	-	-	-	6,297

El periodo del 10 al 16 de marzo se presentó la mayor velocidad de infección en México. Como se mencionó en la introducción, el 14 de marzo se informaba del receso escolar por parte de la SEP y la Secretaría de Salud. El periodo de la segunda velocidad de infección mayor se presentó del 16 al 23 de marzo, siendo el 24 de marzo cuando se declaró el inicio de la fase 2 tomando las medidas correspondientes de sana distancia. Y para el 31 de marzo se reconocía la emergencia sanitaria a la epidemia de enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2, suspendiendo actividades no esenciales del 30 de marzo al 30 de abril. Fecha en la que se ajusta la velocidad del periodo del 16 de marzo al 16 de abril y aquella con la velocidad ajustada del 31 de marzo al 16 de abril. Dónde en ambos casos el número de las proyecciones de infectados es menor en miles comparados con los calculados con las primeras velocidades de infección. De acuerdo con esta información, las velocidades más altas en México se mantuvieron por poco tiempo; adicionalmente nuestras

velocidades más bajas se han sostenido por más tiempo y son menores a las determinadas por los países mencionados durante la escritura del artículo. El día 16 de abril se informó que las medidas de sana distancia se extenderían hasta el 30 de mayo. Por lo que el verdadero resultado de la mitigación lo conoceremos los próximos dos meses. Sin embargo, nuestra información determinada con base en los datos reales nos sugiere que hemos estado cambiando las condiciones constantes y por lo tanto disminuyendo la velocidad de infección continuamente. Esto tendría un impacto positivo en el sistema de salud en México para que no sea superado y mucho más importante evitar pérdidas de vidas. A la falta de un tratamiento o una vacuna contra el nuevo COVID-19, controlar la velocidad de infección es la mejor estrategia para disminuir el número de contagios y se ha ido conteniendo con el distanciamiento social.



CONCLUSIÓN

En México se ha determinado una disminución en las velocidades de infección del COVID-19 lo que demuestra que se han cambiado las condiciones constantes de infección propias de los crecimientos exponenciales. Cualquier disminución en la velocidad de infección representa la disminución de miles de casos de COVID-19 y por lo tanto salvarles la vida a miles de personas potenciales en México. Esta información sugiere que las medidas implementadas en nuestro país han sido las correctas en tiempo y forma. De acuerdo con la información planteada en la Tabla 1, cualquier número de infectados menor a los que se presenten para el día 30 de abril será un triunfo para cada mexicano que se ha quedado en casa, aunque cada día ha sido una victoria en sí.

Referencias

1. Liang K (2020) Mathematical model of infection kinetics and its analysis for COVID-19, SARS and MERS. *Infections, Genetics and Evolution*, 82: 104306. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104306>
2. Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. (2020) A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *The New England Journal of Medicine*. 382: 727-733. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2001017>
3. Zhou, P., Yang, X., Wang, X. et al. (2020) A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature* 579, 270–273 <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>
4. Huang C, Wang Y, Li X, et al. (2020) Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 2020.
5. Secretaría de Salud a través del Comité Nacional de Vigilancia Epidemiológica (21 enero 2020) Aviso Epidemiológico. Casos de infección respiratoria asociados a nuevo coronavirus (2019-nCoV). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/527027/AE-Nuevo_Coronavirus_2019_nCoV.pdf
6. Secretaría de Salud a través de la Unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/523554/APV-China-Neumonia_de_etiologia_desconocida.pdf
7. Secretaría de Salud, Comunicado de Prensa (23 de enero 2020) <https://www.gob.mx/salud/prensa/017-nuevo-coronavirus?idiom=es>
8. Secretaría de Salud (28 de febrero 2020) <https://www.gob.mx/salud/prensa/077-se-confirma-en-mexico-caso-importado-de-coronavirus-covid-19?idiom=es>
10. Secretaria de Salud (14 marzo 2020) <https://www.gob.mx/salud/prensa/presentan-salud-y-sep-medidas-de-prevencion-para-el-sector-educativo-nacional-por-covid-19?idiom=es>
11. Secretaría de Salud (24 de marzo 2020) <https://www.gob.mx/salud/prensa/095-inicia-fase-2-por-coronavirus-covid-19?idiom=es>
12. Secretaría de Salud (31 de marzo 2020) <https://www.gob.mx/salud/prensa/consejo-de-salubridad-general-declara-emergencia-sanitaria-nacional-a-epidemia-por-coronavirus-covid-19-239301?idiom=es>
13. Pirt SJ. (1975) Principles of microbe and cell cultivation. Blackwell Scientific Publications.
14. Doran PM (2013) Bioprocess Engineering Principles. 2nd Edition Academic Press.