

Sobre el crecimiento exponencial de contagios durante la primera ola epidemiológica de Covid-19 en China y Japón

On the exponential growth of infections during the first epidemiological wave of Covid-19 in China and Japan

Anthony Sebastián Bustos-Espinosa^{a*}, Eduardo Ibargüen-Mondragón^b, Miller Cerón-Gómez^c

^aLic. en Matemáticas, sbustos760@udenar.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-8326-3161>, Grupo de Investigación en Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA), Universidad de Nariño, Pasto, Colombia

^bDr. en Ciencias, edbargun@udenar.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-6308-1344>, Grupo de Investigación en Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA), Universidad de Nariño, Pasto, Colombia

^cDr. en Matemáticas aplicadas, millercg@udenar.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-2689-495X>, Grupo de Investigación en Biología Matemática y Matemática Aplicada (GIBIMMA), Universidad de Nariño, Pasto, Colombia

Forma de citar: Bustos-Espinosa, A. S., Ibargüen-Mondragón E., Cerón-Gómez, M.. (2022). Sobre el crecimiento exponencial de contagios durante la primera ola epidemiológica de Covid-19 en China y Japón. *Eco Matemático*, 13(1), 117-127. <https://doi.org/10.22463/17948231.4014>

Recibido: 10/05/2021

Aceptado: 29/11/2021

Palabras clave

Modelo de Malthus;
ola epidemiológica;
crecimiento exponencial;
tasa de crecimiento;
periodos.

Keywords:

Malthus model;
epidemiological wave;
exponential growth;
growth rate; periods.

Resumen: La crisis de salud pública generada por la pandemia de COVID-19 se extendió y afectó a todo el mundo, independientemente de la situación económica de las naciones. China y Japón fueron de los primeros países en ser afectados por la pandemia; sin embargo, estos se caracterizaron por manejar exitosamente la primera ola epidemiológica de los casos reportados diariamente por COVID-19. A pesar de esto, con la aplicación del modelo de Malthus y mediante métodos determinísticos y estadísticos se identifican 2 y 4 periodos de crecimiento exponencial, respectivamente. En este sentido, este artículo compara las olas epidemiológicas de los dos países asiáticos, y determina los posibles factores generadores de dichos periodos. La repentina aparición del virus SARS-CoV-2 junto con la toma de decisiones tardías fueron los principales factores asociados a los periodos encontrados.

Abstract: The public health crisis generated by the COVID-19 pandemic spread and affected the entire world, regardless of the economic situation of nations. China and Japan were among the first countries to be affected by the pandemic; however, they were characterized by successfully managing the first epidemiological wave of daily reported COVID-19 cases. Despite this, by applying the Malthus model and using deterministic and statistical methods, 2 and 4 periods of exponential growth were identified, respectively. In this sense, this article compares the epidemiological waves of the two Asian countries, and determines the possible factors generating these periods. The sudden appearance of the SARS-CoV-2 virus together with late decision making were the main factors associated with the periods found.

*Autor para correspondencia: sbustos760@udenar.edu.co

<https://doi.org/10.22463/17948231.4014>

2462-8794© 2022 Universidad Francisco de Paula Santander. Este es un artículo bajo la licencia CC BY 4.0

Introducción

El brote por la enfermedad de COVID-19 estalló como una crisis de salud pública mundial y en un corto período de tiempo se extendió por todo el mundo, independientemente de la situación económica de las naciones (Bustos-Espinosa et al., 2021). Tal fue la crisis sanitaria que, para el 29 de abril de 2020, se habían confirmado infecciones en más de 200 países (Watanabe, 2020).

De esta manera la aparición repentina del SARS-CoV-2 ha impuesto un reto significativo en todo el mundo, que exige medidas a nivel regional, nacional y mundial (Bustos-Espinosa et al., 2021). Con múltiples epicentros de virus, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el brote de COVID-19 como pandemia el 11 de abril de 2020. Ante la falta de un tratamiento efectivo contra esta nueva enfermedad en los primeros meses del año 2020, muchos países han implementado diferentes políticas para manejar esta crisis, incluido el toque de queda y el confinamiento. Con el propósito de generar patrones pandémicos de ondas múltiples para ganar tiempo mientras se implementa vacunas y antivirales efectivos (Simonsen et al., 2018). Sin embargo, la eficacia de las políticas individuales sigue sin estar clara con respecto al desarrollo de casos de COVID-19 (Khosrawipour et al., 2020).

Los países asiáticos fueron de los primeros países en ser afectados por este nuevo virus. Aunque, los datos iniciales en estos países son alentadores con respecto al desarrollo de casos en la etapa inicial (Khosrawipour et al., 2020). De hecho, la primera ola de casos reportados diariamente por COVID-19 en China y Japón fueron controladas exitosamente (Gross et al., 2020).

Los primeros casos de COVID-19 en China mantuvieron un aumento de manera exponencial antes del 26 de enero de 2020, luego la tendencia de aumento se volvió más lenta (Song et al., 2020). En Japón el número de casos confirmados crecieron rápidamente en el mes de febrero, principalmente

en áreas urbanas, los cuales mostraban aumentos exponenciales (Watanabe, 2020).

La pandemia de la enfermedad por COVID-19 destacó la importancia de los modelos matemáticos en el asesoramiento de organismos científicos e información para la formulación de políticas públicas. El modelado permite desarrollar un marco teórico flexible en el que se pueden explorar diferentes escenarios en torno a la propagación de enfermedades y estrategias para prevenirla (Panovska et al., 2021). En este artículo no se espera realizar predicciones acerca de la pandemia, en su lugar se limita a identificar y validar periodos de crecimiento exponencial durante la primera ola epidemiológica de COVID-19 en China y Japón, para asociarle a cada uno de ellos sus posibles factores generadores.

Materiales y Métodos

Los datos utilizados para desarrollar este estudio se obtuvieron de la página de la Universidad Johns Hopkins (CORONAVIRUS RESOURCE CENTER), la página oficial de la OMS, entre otras (Komarova et al., 2020). Además, se utilizó Excel y Statgraphics para identificar y validar los periodos de crecimiento exponencial, respectivamente.

Para ello, hicimos uso del modelo de Malthus

$$\frac{dN(t)}{dt} = kN(t). \quad (1)$$

Resolviendo su problema de valor inicial cuando $N(t_0) = N_0$, obteniendo la solución (2)

$$N(t) = \exp(\ln N_0 + kt). \quad (2)$$

De esta manera obtenemos una fusión lineal con los siguientes parámetros: $N(t)$ representa la variable dependiente, t corresponden a la variable independiente y k a la pendiente o tasa de crecimiento exponencial. Por consiguiente,

aplicamos teoría de regresiones lineales para validar los períodos y tasas de crecimiento exponencial de nuevos casos reportados diariamente en la primera ola epidemiológica de la COVID-19 en China y Japón.

En este sentido, realizamos un análisis de bondad de ajuste, bajo las siguientes condiciones: $0,8 \leq R^2 \leq 1$; un valor-p menor a 0,05 en el análisis de varianza ANOVA; un valor-p mayor a 0,05 en la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (S) y Durbin-Watson mayor (D) (Walpole et al., 2002).

Resultados y Discusiones

El brote se manifestó primero como un grupo de casos misteriosos de neumonía, relacionados

principalmente con el Mercado de Mariscos de Huanan, en Wuhan, la capital de la provincia de Hubei. Se informó por primera vez al gobierno local el 27 de diciembre de 2019 y se publicó el 31 de diciembre de 2019 (Khan, 2020). Para el 15 de enero de 2020 Japón confirma el primer caso de COVID-19 en un hombre procedente de Wuhan, provincia de Hubei, China (World Health Organization, 2020). La Figura 1 muestra la comparación entre la ola epidemiológica de los casos reportados diariamente por COVID-19 en China (entre el 31 de diciembre de 2019 y el 31 de marzo de 2020) y Japón (entre el 15 de enero de 2020 y el 31 de mayo de 2020).

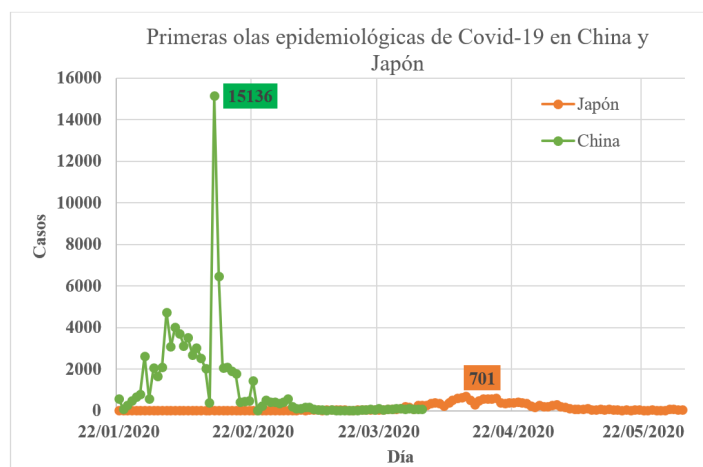


Figura 1. Comparación entre la primera ola epidemiológica de los casos diarios por COVID-19, entre china (gráfico verde) y Japón (gráfico naranja). Datos obtenidos del sitio web de la Universidad Johns Hopkins.

Cabe aclarar que los datos obtenidos en la página de la universidad Johns Hopkins comienzan a partir del día 22 de enero de 2020. Esto no presenta inconveniente alguno, puesto que en la Figura 1 se puede observar claramente la dinámica de las dos olas. Entonces, de dicha figura podemos resaltar 3 características importantes. La primera, hace referencia a la longitud, puesto que la ola en China tuvo una duración de 71 días, mientras que la de Japón registro aproximadamente 131 días. La segunda, hace alusión a la diferencia de casos

registrados diariamente en cada una de las olas. La tercera, resalta el pico epidemiológico de cada una de ellas, ya que China alcanza los 15.136 casos y Japón solamente 701 casos.

Para el desarrollo de este trabajo se tiene en cuenta dos consideraciones. La primera, es el período de incubación (latencia) del virus cuando no incluye síntomas de enfermedad, donde varían entre diferentes poblaciones aproximadamente entre los 4 y los 6 días, incluso se ha observado

un período de incubación de 19 días (Gross et al., 2020). En la segunda, se tiene en cuenta que la vida útil de la enfermedad se caracteriza por dos etapas, la infección descontrolada en la etapa temprana donde el virus era indetectable debido al tiempo de incubación (durante unos pocos días) y la etapa de deterioro en los tiempos posteriores, una vez que las cuarentenas comienzan a tener efecto (Gross et al., 2020).

Como el objetivo del artículo es poner en evidencia los factores asociados a los periodos de crecimiento exponencial, se trabajará cada país de manera individual, para evitar confusiones.

Factores asociados a los periodos de crecimiento exponencial en China

En China se identificaron 2 periodos de crecimiento exponencial, el primero en la etapa temprana de la enfermedad y el segundo durante la etapa de deterioro de la enfermedad. Para entender un poco como se comportó el país durante los primeros días de enero se clasifico ciertos eventos importantes con mayor influencia en la dinámica del virus durante la etapa temprana.

El 1 de enero de 2020 se cerró el Mercado de Mariscos de Huanan, como primera medida ante lo múltiples casos de neumonías reportados (World Health Organization, 2020). El 8 de enero de 2020, científicos chinos identificaron al nuevo coronavirus (SARS-CoV-2) como la causa de la neumonía. (World Health Organization, 2020).

El 23 de enero las autoridades chinas decretaron el estricto confinamiento de la población de Wuhan. Posteriormente, estas medidas de aislamiento se ampliaron a otras de ciudades y comunidades rurales de la provincia de Hubei, ante el inminente incremento de casos por COVID-19 (Reuters, 2020). Para el 24 de enero de 2020 de los 830 casos confirmados en China, 375 casos fueron confirmados en la provincia de Hubei (World Health Organization, 2020).

En el mes de enero, un informe chino afirma que 57 de 138 pacientes con COVID-19 (41,3 %) pueden haber contraído la enfermedad en un hospital y que 40 de estos pacientes (29 %) eran personal médico, de los cuales 31 (77,5 %), 7 (17,5 %), y 2 (5%) trabajaban en una sala general, un departamento de emergencia y una UCI, respectivamente (Wang et al., 2020). Además, globalmente para el 28 de enero de 2020 se confinaron 4593 casos de COVID-19 de los cuales 4537 se reportaron en china (World Health Organization, 2020).

Si la infección se siembra simultáneamente o casi simultáneamente en múltiples lugares, la duración de la fase exponencial se vuelve más larga. Esto podría explicar por qué los países con áreas más grandes muestran un crecimiento exponencial más pronunciado, ya que esto hace que sea más probable que haya múltiples eventos de siembra debido a los viajes. Curiosamente, se ha demostrado que en China fuera de la provincia de Hubei, los casos de COVID-19 inicialmente crecieron relativamente rápido, y se demostró que esto se correlaciona con el movimiento humano fuera de Wuhan hacia las áreas afectadas (Komarova et al., 2020).

Con lo expuesto hasta el momento, se puede asociar la falta de medidas estrictas a finales del mes diciembre de 2019 y a principios de enero de 2020 al primer periodo de crecimiento exponencial. Entre el día 23 y el día 28 de enero de 2020, se identifica el primer periodo de crecimiento exponencial, donde los datos se ajustan a la regresión exponencial $y_i = \exp(4,2271 + 0,5748x_i)$ con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,9369$. De esta manera, se estima que el periodo tuvo una tasa de crecimiento exponencial $k = 0,5748$ (Figura 2).

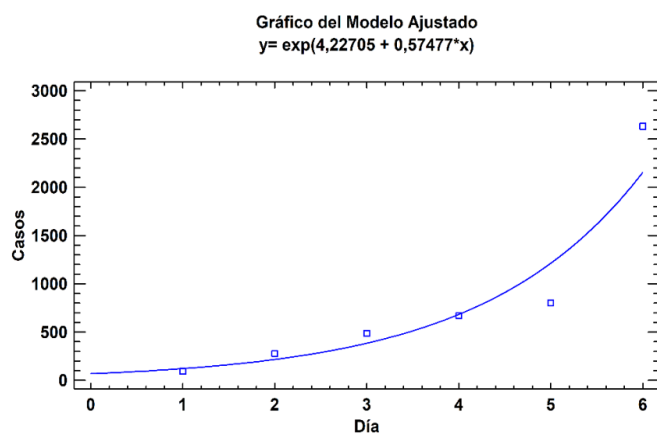


Figura 2. Periodo de crecimiento exponencial identificado en la etapa temprana de la primera ola epidemiológica en China entre el día 1 (23/01/2020) y el día 6 (28/08/2020).

Tabla I. Resultados obtenidos del análisis de bondad del primer periodo de crecimiento exponencial en China.

Valor-p (ANOVA)	Valor-p (D)	Valor-p (S)	CASOS TOTALES EN EL PERIODO
0,0015	0,3242	0,8385	4961

A partir del 14 de febrero de 2020, se empieza a notar los beneficios del confinamiento y de la rápida respuesta de las autoridades gubernamentales ante el brote masivo de COVID-19. No obstante, el 13 de marzo, el número de casos nuevos informados en el país se los reporta como importados, los cuales superaron por primera vez al de nuevos casos transmitidos a nivel nacional (The Straits Times, 2020).

En este sentido, se identifica el segundo periodo de crecimiento exponencial, entre el 12 de marzo de 2020 y el 22 de marzo de 2020. A diferencia del primero periodo, este cuenta con una mayor cantidad de días, pero con un registro de casos diarios menor (Figura 3). Además, la tasa de crecimiento exponencial disminuyó a $k = 0,2109$, esto se puede observar en la regresión exponencial $y_2 = \exp(-8,0069 + 0,2109x_2)$, la cual, cuenta con un ajuste $R^2 = 0,8607$.

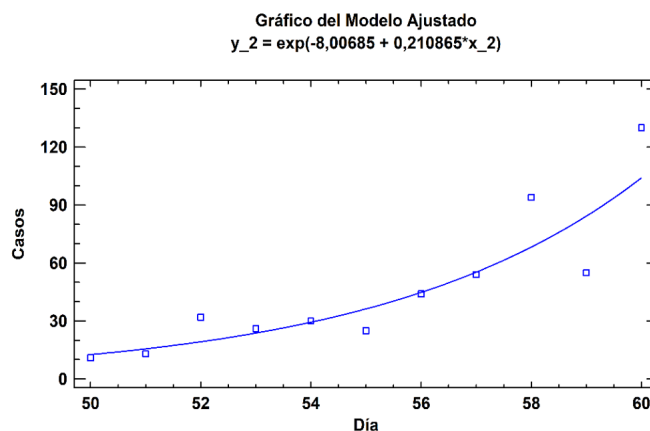


Figura 3. Periodo de crecimiento exponencial identificado a finales de la primera ola epidemiológica en China entre el día 50 (12/03/2020) y el día 60 (22/03/2020).

Tabla II. Resultados obtenidos del análisis de bondad del segundo periodo de crecimiento exponencial en China.

Valor-p (ANOVA)	Valor-p (D)	Valor-p (S)	CASOS TOTALES EN EL PERIODO
0,0000	0,7367	0,6720	514

Factores asociados a los periodos de crecimiento exponencial en Japón

Se identificaron un total de 4 periodos de crecimiento exponencial en Japón, todos en la primera etapa de la enfermedad. En ellos podremos observar como la tasa de crecimiento va disminuyendo a medida que se implementan medidas de seguridad hasta llegar al confinamiento obligatorio.

Los primeros casos por COVID-19 se confirmaron el 28 de enero de 2020, en un conductor de autobús y una guía turística de un grupo de personas provenientes de Wuhan el 8 y 16 de enero de 2020 (Kyodo News, 2020). El séptimo caso de COVID-19 en el país fue una mujer de aproximadamente 40 años proveniente de una ciudad China. De manera similar, el 30 de enero, del mismo año, tres ciudadanos japoneses dieron resultados positivos de COVID-19 en Haneda después de ser evacuados de Wuhan. Para el 31 de enero Japón había evacuado a 565 de sus ciudadanos en vuelos chárter desde Wuhan (Kyodo News, 2020). Con esto se puede inferir que, a partir de los casos importados

desde China, empieza la transmisión comunitaria en Japón.

Como primeras medidas ante el brote de COVID-19, el 3 de febrero de 2020, el país prohíbe el ingreso a personas con pasaporte chino o con antecedente de viajes con la provincia de Hubei. Además, los viajeros no japoneses debían completar cuestionarios de declaración de salud (Embassy of Japan in the Philippines, 2020).

El 13 de febrero se confirma la primera muerte por COVID-19 en Japón en la prefectura de Kanagawa, familiar de un taxista que había sido contagiado en Tokio (The Japan Times, 2020). El 22 de febrero se confirmó el caso de un profesor de secundaria en la prefectura de Chiba, por lo cual, las autoridades japonesas decidieron cerrar algunas escuelas (The Mainichi, 2020). El 23 de febrero, el Departamento de Estado de EE.UU., ante la propagación comunitaria del virus, aconsejó a los visitantes estadounidenses en Japón adoptar medidas de autocuidado (Kyodo News, 2020).

El 14 de febrero, una pareja, dio positivo después de regresar de unas vacaciones de diez días en Hawái (The Mainichi, 2020). Para el 20 de febrero, se registran casos de ciudadanos japoneses sin antecedentes de viajes al extranjero (Fukuoka Now, 2020).

Según la OMS, para el 22 de febrero se registraron 105 de los cuales 28 (26,7%) provienen de China, 5 (4,8%) de países fuera de China, 68 (64,8%) en Japón y 4 (3,8%) lugar en investigación (World Health Organization, 2020)

La Figura 4, muestra al periodo relacionado con los factores mencionados hasta el momento, ubicado entre el 23 y el 28 de enero de 2020, la regresión exponencial $y_t = \exp(-11,6587 + 0,4812x_t)$ tiene un ajuste de $R^2 = 0,9955$. De esta manera, se estima que el periodo tuvo una tasa de crecimiento exponencial $k = 0,4812$.

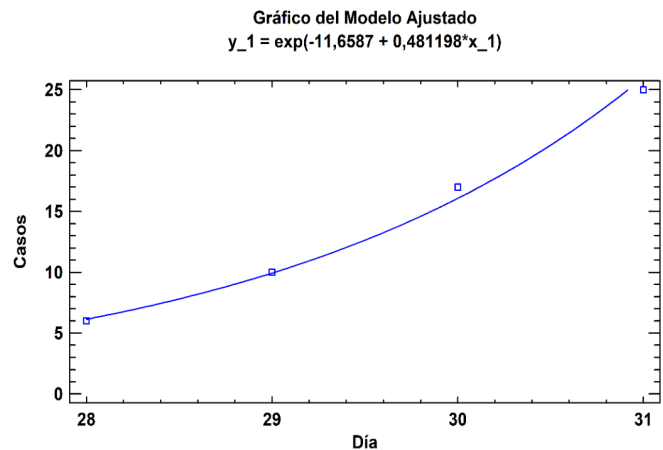


Figura 4. Periodo de crecimiento exponencial identificado en Japón entre el día 28 (19/02/2020) y el día 31 (22/02/2020).

Tabla III. Resultados obtenidos del análisis de bondad del primer periodo de crecimiento exponencial en Japón.

Valor-p (ANOVA)	Valor-p (D)	Valor-p (S)	CASOS TOTALES EN EL PERIODO
0,0023	0,2435	0,9923	58

El 27 de febrero de 2020, se solicitó el cierre de todas las escuelas primarias secundarias y preparatorias

El 27 de febrero de 2020, se solicitó en el país el cierre temporal de todas las escuelas primarias, secundarias y preparatorias (Kyodo News, 2020). El 7 de abril de 2020, el gobierno japonés declaró estado de emergencia durante un mes para Tokio y las prefecturas de Kanagawa, Saitama, entre otras (Kashima & Zhang, 2021). Finalmente, la declaratoria se extendió al resto del país por tiempo indefinido el 16 de abril de 2020 (Kyodo News, 2020).

Para el 10 de abril de 2020, se anunció solicitudes de cierre de instalaciones recreativas, universidades y escuelas intensivas, instalaciones deportivas y recreativas, teatros, lugares para eventos y exposiciones e instalaciones comerciales. El 12 de abril entró en vigencia la orden de limitar los horarios de apertura entre las 5 am y las 8 pm en los restaurantes. (The Asahi Shimbun, 2020)

A partir del 24 de febrero de 2020 al 27 de febrero de 2020, se identifica el segundo periodo de crecimiento exponencial. El cual, tiene un ajuste a la regresión $y_2 = \exp(-7,421 + 0,296x_2)$, con un $R^2 = 0,9793$. En consecuencia, la tasa de crecimiento es $k_1 = 0,296$ o del aproximadamente el 30% (Figura 5).

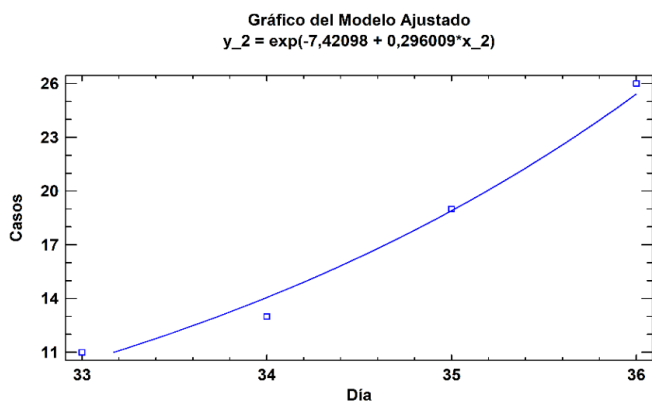


Figura 5. Periodo de crecimiento exponencial identificado en Japón entre el día 33 (24/02/2020) y el día 36 (27/02/2020).

Tabla IV. Resultados obtenidos del análisis de bondad del segundo periodo de crecimiento exponencial en Japón.

Valor-p (ANOVA)	Valor-p (D)	Valor-p (S)	CASOS TOTALES EN EL PERIODO
0,0104	0,3885	0,9147	69

A tan solo 2 días se identifica el tercer periodo de crecimiento exponencial, el cual se lo puede asociar a los factores ya mencionados y al periodo de crecimiento exponencial anterior. La Figura 5, muestra dicho periodo entre el 29 de febrero de 2020 y el 6 de marzo de 2020, con un ajuste a la regresión $y_3 = \exp(-8,1521 + 0,2748x_3)$ de $R^2 = 0,9502$. Este periodo es más largo que el anterior; sin embargo, la tasa de crecimiento exponencial es más baja ($k_3 = 0,2748$).

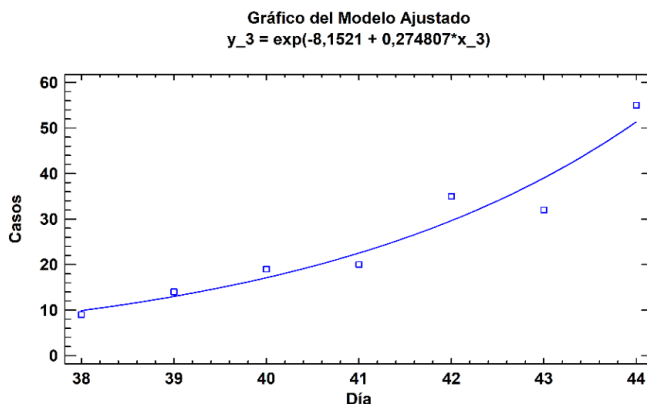


Figura 6. Periodo de crecimiento exponencial identificado en Japón entre el día 38 (29/02/2020) y el día 44 (6/03/2020).

Tabla V. Resultados obtenidos del análisis de bondad del tercer periodo de crecimiento exponencial en Japón.

Valor-p (ANOVA)	Valor-p (D)	Valor-p (S)	CASOS TOTALES EN EL PERIODO
0,0002	0,9488	0,998	184

A tan solo 5 días de declarar el estado de emergencia en todo Japón, empieza el periodo de crecimiento exponencial más largo en la primera ola epidemiológica del país con un total 22 días, en los cuales se confirmaron 5.929 casos de COVID-19. Aunque el periodo es el más largo de los 4, la tasa de crecimiento es la más baja ($k_4 = 0,1330$); no obstante, durante este periodo la ola alcanza el pico epidemiológico el 11 de abril de 2020 con 701 casos.

La Figura 7 muestra el último periodo entre el 21 de marzo de 2020 y el 11 de abril de 2020. Los datos se ajustan a la regresión exponencial $y_4 = \exp(-3,982 + 0,133x_4)$ con un $R^2 = 0,9075$.

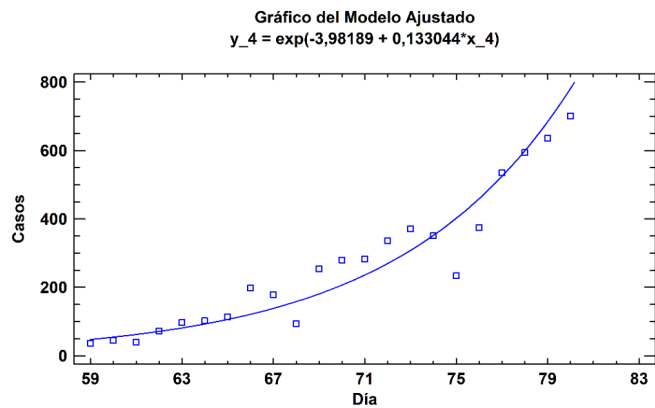


Figura 7. Cuarto periodo de crecimiento exponencial identificado en Japón entre el día 59 (21/03/2020) y el día 80 (11/04/2020).

Tabla VI. Resultados obtenidos del análisis de bondad del cuarto periodo de crecimiento exponencial en Japón.

Valor-p (ANOVA)	Valor-p (D)	Valor-p (S)	CASOS TOTALES EN EL PERIODO
0,0000	0,0742	0,6260	5929

Conclusiones

La repentina aparición en conjunto con la incubación de 6 a 19 días del SARS-CoV-2, fueron los principales factores del brote exponencial en el mes de enero en China. Aunque, se haya tardado en tomar la decisión del confinamiento y no se haya podido evitar el segundo periodo de crecimiento exponencial, se redujo su tasa de crecimiento exponencial a $k = 0,2109$.

Japón se vio directamente afectado por los casos importados de COVID-19 desde china. En los primeros meses de enero los casos diarios reportados eran mínimos, pero ya estaba la posibilidad de contagios comunitarios en el país. Además, Japón en comparación con china, tardo más en declarar el estado de emergencia en todo el país lo que conllevó, posiblemente, a generar periodos de crecimiento exponencial. Por lo tanto, el principal factor asociado a los 4 periodos de crecimiento exponencial fue la respuesta tardía por parte de la autoridad gubernamental.

China supo controlar más rápido la ola epidemiológica, no obstante, en ella se registraron más casos que en la ola de Japón. Durante 71 días en China se registró un total de 82.631 casos por COVID-19 de los cuales 5.475 (6,6258%) pertenecen a los 2 periodos de crecimiento exponencial. En 131 días Japón registró 16.751 casos, donde aproximadamente 6.240 (37,2293%) casos se identifican en los 4 periodos de crecimiento exponencial.

Además, el éxito de Japón ante la primera ola epidemiológica se debe a que una proporción significativa de la población japonesa cambió voluntariamente su comportamiento durante las primeras etapas del brote de COVID-19. Además del anuncio del cierre de escuelas por parte del gobierno fue un desencadenante clave durante este tiempo (Kashima & Zhang, 2021).

Referencias

Embassy of Japan in the Philippines. (2020, Febrero 3). *Important Notice on New Restrictions related to Novel Coronavirus*. Retrieved from Important Notice on New Restrictions related to Novel Coronavirus: https://www.ph.emb-japan.go.jp/itpr_en/00_001075.html

Fukuoka Now. (2020, Febero 20). *First COVID-19 Coronavirus in Fukuoka*. Retrieved from First COVID-19 Coronavirus in Fukuoka: <https://www.fukuoka-now.com/en/news/first-covid-19-coronavirus-in-fukuoka/>

Gross, B., Zheng, Z., Liu, S., Chen, X., Sela, A., Li, J., . . . Havlin, S. (2020). Spatio-temporal propagation of COVID-19 pandemics. *Europhysics Letters*, 131(5), 1-7. doi:<https://doi.org/10.1209/0295-5075/131/58003>

Kashima, S., & Zhang, J. (2021). Temporal trends in voluntary behavioural changes during the early stages of the COVID-19 outbreak in Japan. *Public Health*, 192, 37-34. doi:<https://doi.org/10.1016/j.puhe.2021.05.011>

doi.org/10.1016/j.puhe.2021.01.002

- Khan, N. (2020, Enero 8). *The Wall Street Journal*. Retrieved from New Virus Discovered by Chinese Scientists Investigating Pneumonia Outbreak: <https://www.wsj.com/articles/new-virus-discovered-by-chinese-scientists-investigating-pneumonia-outbreak-11578485668>
- Khosrawipour, V., Lau, H., Khosrawipour, T., Kocbach, P., Ichii, H., Bania, J., & Mikolajczyk, A. (2020). Failure in initial stage containment of global COVID-19 epicenters. *Journal of Medical Virology*, 92, 863-867. doi:<https://doi.org/10.1002/jmv.25883>
- Komarova, N. L., Schang, L. M., & Wodarz, D. (2020). Patterns of the COVID-19 pandemic spread around the world: exponential versus power laws. *J. R. Soc. Interface*, 17, 1-10. doi:<http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2020.0518>
- Kyodo News. (2020, Mayo 25). Abe declares coronavirus emergency over in Japan. Retrieved from Abe declares coronavirus emergency over in Japan: <https://english.kyodonews.net/news/2020/05/a1f00cf165ae-japan-poised-to-end-state-of-emergency-over-coronavirus-crisis.html>
- Kyodo News. (2020, Enero 28). *Japan bus driver infected with virus after driving Chinese tourists*. Retrieved from Japan bus driver infected with virus after driving Chinese tourists: <https://english.kyodonews.net/news/2020/01/e8f47252a245-urgent-japan-sees-1st-coronavirus-case-not-linked-to-recent-travel-to-china.html>
- Kyodo News. (2020, Enero 31). *New Coronavirus Detected in 3 Japanese Returnees from Wuhan*. Retrieved from New Coronavirus Detected in 3 Japanese Returnees from Wuhan: <https://web.archive.org/web/20200203012817/>
- <https://english.kyodonews.net/news/2020/01/1cfe46579ca4-breaking-news-japan-to-raise-china-travel-advisory-level-abe.html>
- Kyodo News. (2020, Febrero 27). *PM Abe asks all schools in Japan to temporarily close over coronavirus*. Retrieved from PM Abe asks all schools in Japan to temporarily close over coronavirus: <https://english.kyodonews.net/news/2020/02/c3c57bbce11d-breaking-news-govt-will-ask-all-schools-in-japan-to-shut-for-virus-fears-abe.html>
- Kyodo News. (2020, Febrero 23). *U.S. raises travel alert to Japan due to "community spread" of virus*. Retrieved from U.S. raises travel alert to Japan due to "community spread" of virus: <https://english.kyodonews.net/news/2020/02/36799dcc49ca-urgent-us-raises-travel-alert-to-japan-due-to-community-spread-of-virus.html>
- Panovska-Griffiths, J., Kerr, C., Waites, W., & Stuart, R. (2021). Mathematical modeling as a tool for policy decision making: Applications to the COVID-19 pandemic. *Handbook of Statistics*, 44, 291-326. doi:<https://doi.org/10.1016/bs.host.2020.12.001>
- Reuters. (2020, Enero 23). *Wuhan lockdown 'unprecedented', shows commitment to contain virus: WHO representative in China*. Retrieved from Wuhan lockdown 'unprecedented', shows commitment to contain virus: WHO representative in China: <https://www.reuters.com/article/us-china-health-who-idUSKBN1ZM1G9>
- Simonsen, L., Chowell, G., Andreasen, V., Gaffey, R., Barry, J., Olson, D., & Viboud, C. (2018). A review of the 1918 herald pandemic wave: importance for contemporary pandemic response strategies. *Annals of Epidemiology*,

- 28(5), 281-288. doi:<https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2018.02.013>
- Bustos-Espinosa, A., Ibarquien-Mondragón, E., Hidalgo-Bonilla, S. (2021). Análisis de los factores asociados al crecimiento exponencial de los casos diarios de Covid-19 durante la primera ola epidemiológica en Brasil. *Eco Matemático*, 12(2), 87-99. doi: <https://doi.org/10.22463/17948231.3235>
- Song, Q., H, Z., LQ, F., W, L., C, Z., & Y, Z. (2020). [Study on assessing early epidemiological parameters of COVID-19 epidemic in China]. *Zhonghua liu Xing Bing xue za zhi = Zhonghua Liuxingbingxue Zazhi*, 37(5), 914-927. doi:10.3760/cma.j.cn112338-20200205-00069
- The Asahi Shimbun. (2020, Abril 10). *Tokyo names businesses to shut under state of emergency*. Retrieved from Tokyo names businesses to shut under state of emergency: <https://www.asahi.com/ajw/articles/13287271>
- The Japan Times. (2020, Febrero 13). *Japan reports first COVID-19 death as three more domestic infection cases logged*. Retrieved from Japan reports first COVID-19 death as three more domestic infection cases logged: <https://www.japantimes.co.jp/news/2020/02/13/national/science-health/tokyo-taxi-driver-coronavirus/>
- The Mainichi. (2020, Febrero 15). *Japanese man who visited Hawaii confirmed with coronavirus*. Retrieved from Japanese man who visited Hawaii confirmed with coronavirus: <https://mainichi.jp/english/articles/20200215/p2g/00m/0in/028000c>
- The Mainichi. (2020, Febrero 22). *Teacher infected with coronavirus in east Japan worked for 1 week after getting fever*. Retrieved from Teacher infected with coronavirus in east Japan worked for 1 week after getting fever: <https://mainichi.jp/english/articles/20200222/p2a/00m/0na/013000c>
- The Straits Times. (2020, Marzo 14). *Mainland China sees imported coronavirus cases exceed new local infections for first time*. Retrieved from Mainland China sees imported coronavirus cases exceed new local infections for first time: <https://www.straitstimes.com/asia/east-asia/mainland-china-reports-11-new-coronavirus-cases-on-march-13>
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2002). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. Boston: Prentice Hall.
- Wang, D., Hu, B., & Hu, C. (2020). Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*, 323(11), 1061-1069. doi:<https://doi.org/10.1001/jama.2020.1585>
- Watanabe, M. (2020). The COVID 19 Pandemic in Japan. *Surg Today*, 50, 787-793. doi:<https://doi.org/10.1007/s00595-020-02033-3>
- World Health Organization. (2020, Enero 24). *Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation report - 4*. Retrieved from Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation report - 4: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200124-sitrep-4-2019-ncov.pdf?sfvrsn=9272d086_8
- World Health Organization. (2020, Enero 21). *Novel Coronavirus (2019-nCoV) SITUATION REPORT - 1*. Retrieved from https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf?sfvrsn=20a99c10_4
- World Health Organization. (2020, Enero 28). *Novel Coronavirus (2019-nCoV) Situation Report - 8*. Retrieved from Novel Coronavirus (2019-

nCoV) Situation Report - 8: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200128-sitrep-8-ncov-cleared.pdf?sfvrsn=8b671ce5_2