

COVID-19 y su ciclo epidemiológico en El Salvador

COVID-19 and its epidemiological cycle in El Salvador

Oscar Picardo Joao

Director del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Universidad Francisco Gavidia
opicardo@asu.edu

James Humberstone

Centro de Modelaje Matemático "Carlos Castillo-Chávez" de la Universidad Francisco Gavidia
jhumberstone@ufg.edu.sv

Javier Cladellas

Centro de Modelaje Matemático "Carlos Castillo-Chávez" de la Universidad Francisco Gavidia
ccladellas@ufg.edu.sv

Oscar Luna

Coordinador Editorial Disruptiva.media
oluna@ufg.edu.sv

Recibido: 6 de mayo de 2020
Aprobado: 15 de mayo de 2020
DOI 10.5377/ryr.v5i10.9849



RESUMEN

El presente estudio busca responder a la pregunta ¿cuál es el ciclo epidemiológico de COVID-19?; es decir su epi curve completa, desde la aparición del primer caso, hasta la fase en que esté controlada totalmente la epidemia; para ello se han utilizado dos métodos de trabajo: a) estudio de caso; y b) proyecciones con Matlab con el modelo de Milan Batista. El objetivo de este estudio consiste en estimar la fecha en que se terminará la epidemia del COVID-19 en El Salvador considerando herramientas de modelaje matemático y el estudio de casos de otros países tales como Taiwán, Nueva Zelanda, Corea del Sur y Singapur.

Descriptores: COVID-19; curva epi; epidemiología; El Salvador.

ABSTRACT

The present study (IMRaD) seeks to answer the question: what is the epidemiological cycle of COVID19?; that is, its complete epi curve, from the appearance of the first case, to the phase in which the epidemic is fully controlled; For this, two working methods have been used: a) case study; and b) projections with Matlab with the model of Milan Batista. The objective of this study is to estimate the date on which the epidemic of COVID-19 in El Salvador will end considering mathematical modeling tools and the study of cases from other countries such as Taiwan, New Zealand, South Korea and Singapore.

Key words: COVID-19, epi curve, epidemiology, El Salvador.

Introducción

El 11 de marzo del 2020, el director de la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró una “pandemia”, al conocerse más de 118 mil casos en 114 países de una nueva enfermedad: COVID-19, causada por un nuevo coronavirus llamado SARS-CoV-2.

Las diversas enfermedades infecciosas tradicionales en Latinoamérica han sido total o parcialmente controladas; no obstante, su importancia sigue siendo considerable en muchas áreas geográficas y poblaciones del mundo. El sarampión, el paludismo, el cólera, el dengue, la enfermedad de Chagas, las infecciones de transmisión sexual y la tuberculosis, entre otras, han recobrado su importancia como causas de morbilidad y mortalidad a nivel global¹. Ahora, la pandemia de provocada por el SARS-CoV2 y la enfermedad COVID-19 aparece en el escenario epidémico, y una de las preguntas fundamentales es la duración de su ciclo epidemiológico.

En efecto, existe una gran preocupación en la administración política de la doble curva: es esencial el debate entre establecer distanciamiento social –a través de una cuarentena- para evitar el contagio de COVID-19 y la supervivencia de las microempresas y el comercio informal; también, al margen de las reservas, las medianas y grandes empresas pueden caer en crisis o pérdida de competitividad.

A la fecha no tenemos mayor bibliografía sobre el cierre del “ciclo epidemiológico o curva

epidémica”, y a la vez existen “cambios de perfil” y posibles rebrotes en función de la flexibilización de medidas de distanciamiento social, lo cual es la principal herramienta de control.

Las variables, tiempo, lugar, persona (características), demografía, susceptibilidad, transmisión, incubación, periodo de infección (8 a 37 días), latencia, transmisibilidad, la tríada epidemiológica (huésped, agente, ambiente) o causas componentes, las manifestaciones sintomáticas –o su ausencia- y las medidas de distanciamiento son los factores que puede determinar el “ciclo epidemiológico” o “curva epidémica” en el caso de COVID-19.

Sobre curvas epi

Una curva epidémica, también conocida como curva epi o curva epidemiológica, es un cuadro estadístico utilizado en epidemiología para visualizar el inicio, desarrollo y culminación de un brote de enfermedad. Puede ayudar con la identificación del modo de transmisión de la enfermedad. También puede mostrar la magnitud de la enfermedad, sus valores atípicos, su tendencia o intensidad a lo largo del tiempo y su período de incubación. Puede dar a los investigadores una idea de si es probable que un brote provenga de una fuente puntual, una fuente común continua o una fuente propagada. Existen tres tipos de curvas epidémicas:²

1. Los brotes de fuentes puntuales (epidemias) involucran una fuente común, y todas las exposiciones tienden a ocurrir en un período

1 Cfr. Organización Panamericana de la Salud. Módulos de Principios de Epidemiología para el Control de Enfermedades, segunda edición. Washington D.C.: OPS, © 2002, 46 p. –(Serie PALTEX N° para Técnicos Medios y Auxiliares N° 24).

2 Cfr. Boston University; School of Public Health http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/EP/EP713_DescriptiveEpi/EP713_DescriptiveEpi3.html disponible on line [01-05-2020]

relativamente breve. En consecuencia, los brotes de fuentes puntuales tienden a tener curvas epidémicas con un aumento rápido de casos seguido de una disminución algo más lenta, y todos los casos tienden a caer dentro de un período de incubación.

2. Las epidemias continuas de origen común también pueden llegar a un pico y luego caer, pero no todos los casos ocurren dentro del lapso de un solo período de incubación. Esto implica que hay una fuente continua de contaminación. La pendiente descendente de la curva puede ser muy pronunciada si se elimina la fuente común o gradual si se permite que el brote se agote.
3. Epidemia propagada (o fuente progresiva), en esta curva una o más de las personas infectadas en la ola inicial infectaron a un grupo de personas que se convirtieron en la segunda ola de infección. Entonces, aquí la transmisión es de persona a persona, en lugar de una fuente común. Las curvas epidémicas propagadas, generalmente, tienen una serie de picos sucesivamente más grandes, que están separados por un período de incubación. Las olas sucesivas tienden a involucrar a más y más personas, hasta que se agota el grupo de personas susceptibles o se implementan medidas de control.

Es bien conocido por los epidemiólogos, no es una conjetura, que cada temporada de gripe, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) manejan etapas en las curvas epidemiológicas: investigación, reconocimiento, iniciación, aceleración, estabilidad, desaceleración, vuelta a la normalidad.

En otros casos, por rebrotes epidémicos, las curvas pueden parecerse a una onda sinusoidal, con ascensos y descensos. También será importante en el diseño visual o gráfico, observar el acumulado de casos en el tiempo y los datos de recuperación –lo que verdaderamente marca el proceso de descenso a la normalidad–.

Las curvas epi suelen mostrar también las necesidades de hospitalización. Si la curva epi aumenta demasiado, la cantidad de pacientes que necesitan camas en unidades de cuidados intensivos (UCI) puede exceder la capacidad de los hospitales locales. El punto es simple. Durante su fase de rápido crecimiento, la cantidad de personas que necesitan hospitalización puede crecer a pasos agigantados, tan rápido que abruma el sistema de salud de una nación. Esto ha sucedido en Italia, España y New York.

Metodología

El objetivo de este estudio consiste en estimar la fecha en que se terminará la epidemia del COVID-19 en El Salvador. Estas proyecciones se realizan sobre la base de una regresión logística al modelo epidemiológico SIR. Para esto partimos del número de nuevos casos de infectados que se han reportado día a día desde que inició la epidemia en el país, bajo el supuesto que se mantienen las medidas de distanciamiento social.

Para este artículo se tomaron en cuenta dos métodos de trabajo: 1) Estudio de casos, considerando reportes estadísticos de países con un nivel de curva aplanada, bajo R_0 , y que esté en el descenso de la epidemia; y 2) Una proyección basada en el programa escrito por Milan Batista en lenguaje MathLab, extraído

en el siguiente enlace: <https://la.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/74658-fitviruscovid19>

Limitaciones

- Se asumen condiciones homogéneas en el transcurso de la epidemia; es decir, se asume que se mantiene la cuarentena domiciliar hasta el final.
- La abundancia en datos permite un mejor ajuste a cualquier modelo predictivo, por lo que se deberá efectuar un monitoreo continuo de la pandemia, calibrando regularmente el modelo con los últimos datos disponibles. Por esta razón, la exactitud en las predicciones de la enfermedad aumentará conforme pase el tiempo y conforme existan más datos.

Resultados

Estudio de casos

Al analizar el mapa en los cambios en el número de reproducción efectiva (RO) del COVID-19, un indicador de la propagación real del virus en la comunidad, con respecto a las medidas de respuesta, muestra que los países que implementaron restricciones de nivel 3 y 4 antes tuvieron un mayor éxito en impulsar R debajo de 1. Un RO de menos de 1 significa que cada persona infectada propaga el virus a menos de otra persona, en promedio. Al mantener RO por debajo de 1, la cantidad de nuevas infecciones disminuirá y el virus finalmente desaparecerá de la comunidad³.

Tres países, a nivel global están teniendo un mediano éxito y a la fecha están saliendo de la crisis epidémica: Corea del Sur, Singapur, Taiwán y Nueva Zelanda. Cada uno ha tomado medidas distintas y efectivas.

Corea del Sur “*Pruebas Masivas y control*”: su estrategia se ha basado en el diagnóstico activo, gratuito y masivo (incluyendo “estaciones de servicio” para las pruebas diagnósticas) para individuos sintomáticos, contactos de casos y viajeros (hasta 15.000 test por día con más de 250.000 test realizados hasta el 13 de marzo). Las mascarillas y el gel desinfectante se han usado masivamente, y se han implementado medidas de distanciamiento social (cierre de escuelas, teletrabajo, y evitar aglomeraciones).

Singapur “*Switch off and on*”: comenzaron a identificar de forma masiva a todo aquel que tuviera síntomas. A cualquier turista con fiebre, por ejemplo, se le ponía en aislamiento, sometiéndole a un constante control durante dos semanas. De hecho, una vez se confirmó el primer caso positivo, importado desde Wuhan, Singapur prohibió todos los vuelos provenientes de esta ciudad china. Asimismo, todas aquellas personas que llegaron de lugares considerados foco de esta pandemia debían permanecer en cuarentena obligatoria y responder a un interrogatorio para conocer dónde y con quién habían estado en los últimos días. Ante un aumento de casos por ciudadanos retornados, volvieron a medidas drásticas y controlaron la situación. Con estas drásticas medidas, la ciudad-estado se convirtió en un modelo de éxito en la lucha para frenar la transmisión del Covid-19.

3 Cfr. Relief Central with Coronavirus Guidelines [https://](https://relief.unboundmedicine.com/relief/view/Coronavirus-Guidelines/2355041/all/Epidemic__Epi__Curves_for_Coronavirus_COVID_19)

relief.unboundmedicine.com/relief/view/Coronavirus-Guidelines/2355041/all/Epidemic__Epi__Curves_for_Coronavirus_COVID_19 Disponible on line [01-05-2020]

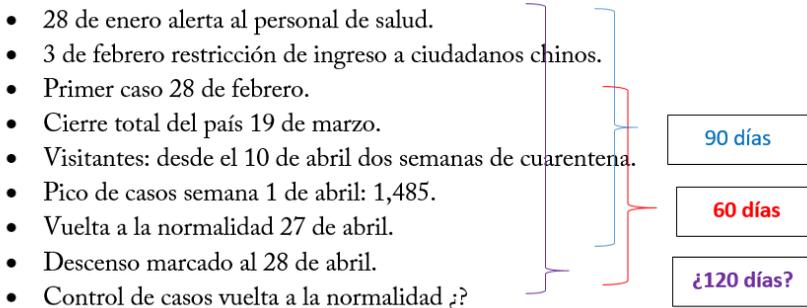
Taiwán “ *mascarillas y tecnologías*”: Taiwán ha logrado datos muy positivos, ha conseguido mantener el control del coronavirus, pese a tener 24 millones de habitantes y encontrarse a solo 180 kilómetros de la costa china y recibir un flujo de visitantes procedentes del otro lado del estrecho que el año pasado alcanzó los 2,7 millones de personas. Desde que comenzó la pandemia ha contabilizado 425 casos y solo 6 fallecidos. La adopción de una serie de medidas, desde la interrupción de vuelos hasta el uso de la tecnología para vigilar el cumplimiento de las cuarentenas. Ello le ha permitido mantener una vida diaria normal; mientras otros países han debido decretar confinamientos de su población. Se ha trazado la red de contactos y desplazamientos de cada contagiado. Se ha hecho obligatorio el uso de mascarillas en lugares y transportes públicos, con la amenaza de fuertes multas si se incumple. Taiwán aprendió de su experiencia con el SARS en 2003 y estableció un mecanismo de respuesta de salud pública para permitir una reacción rápida en futuras crisis. Equipos de funcionarios bien adiestrados y con experiencia se dieron cuenta rápidamente de la crisis, indica un estudio publicado en la revista *Journal of the American Medical Association*

(JAMA), que encuentra 124 medidas que Taipéi adoptó en las primeras semanas de lo que se acabaría convirtiendo en la mayor pandemia en un siglo⁴.

Nueva Zelanda “*Distanciamiento radical*”: al igual que muchos países, Nueva Zelandia tenía modelos que mostraban que un posible brote de coronavirus podría ser devastador si no se tomaban medidas. A diferencia de otros países, respondió relativamente rápido. La primera medida anunciada el 14 de marzo fue que cualquier persona que ingresara al país necesitaría aislarse por dos semanas, se encontraba entre las restricciones fronterizas más duras del mundo. En ese momento, el país tenía seis casos. El 19 de marzo, Ardern prohibió la entrada de extranjeros al país, había 28 casos confirmados. El 23 de marzo se anunció un cierre del país radical.

Caso Nueva Zelanda

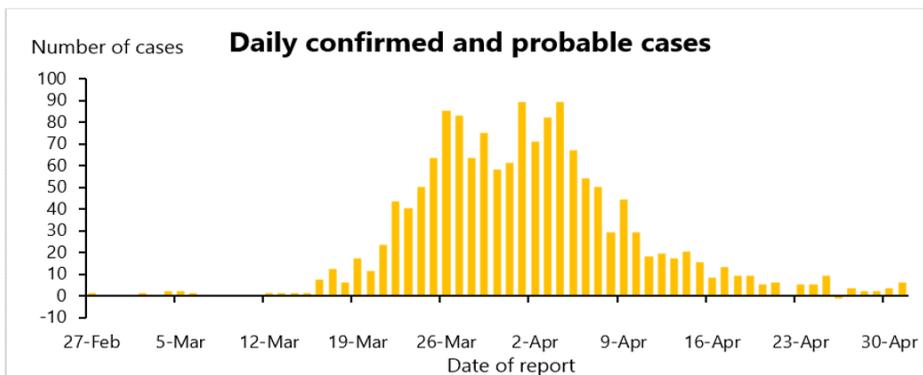
Tomando el caso de Nueva Zelanda, primer país en comunicar el fin parcial de la epidemia, consideramos sus datos como modelo para estimar el ciclo de la epidemia; veamos su *time line*:



4 <https://www.eetasia.com/covid-19-the-success-story-of-taiwan/>
Disponibile on line [4-5-2020]

Gráfico n.º 1

Gráfica de casos COVID-19 Nueva Zelanda



Fuente: <https://health.govt.nz>

Caso Taiwan

- 31 de diciembre CDC medidas de inspección.
- 21 de enero uso de mascarillas obligatorio.
- Primer caso 21 de enero.
- Cuarentena para visitantes a partir del 14 de marzo.
- Pico de casos 3 de mayo: 439 casos.
- Vuelta a la normalidad desde febrero.
- Control de casos vuelta a la normalidad ¿?

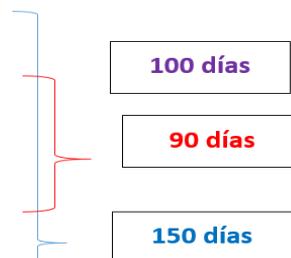
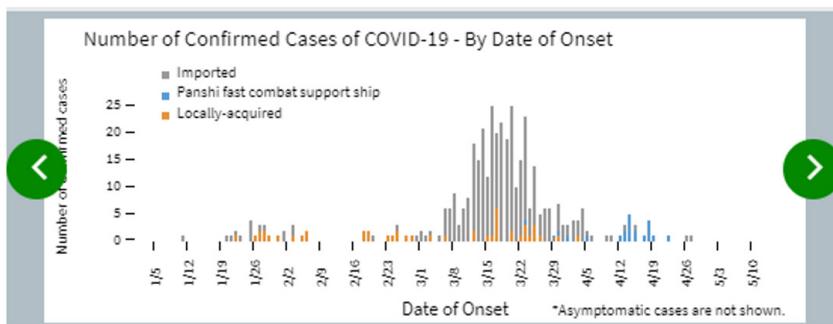


Gráfico n.º 2

Gráfica de casos COVID-19 Taiwán



Fuente: <https://www.cdc.gov.tw/En>

Los ejemplos de contraste –alto nivel de contagio– Reino Unido, Italia, España o New York, actuaron tarde y/o dudaron en la estrategia; Reino Unido pensó en la posibilidad de “Inmunidad colectiva” o contagio total. New York alcanzó un RO de 8, manteniendo intactas los principales espacios de contagio –metro, aeropuertos, etc.–.

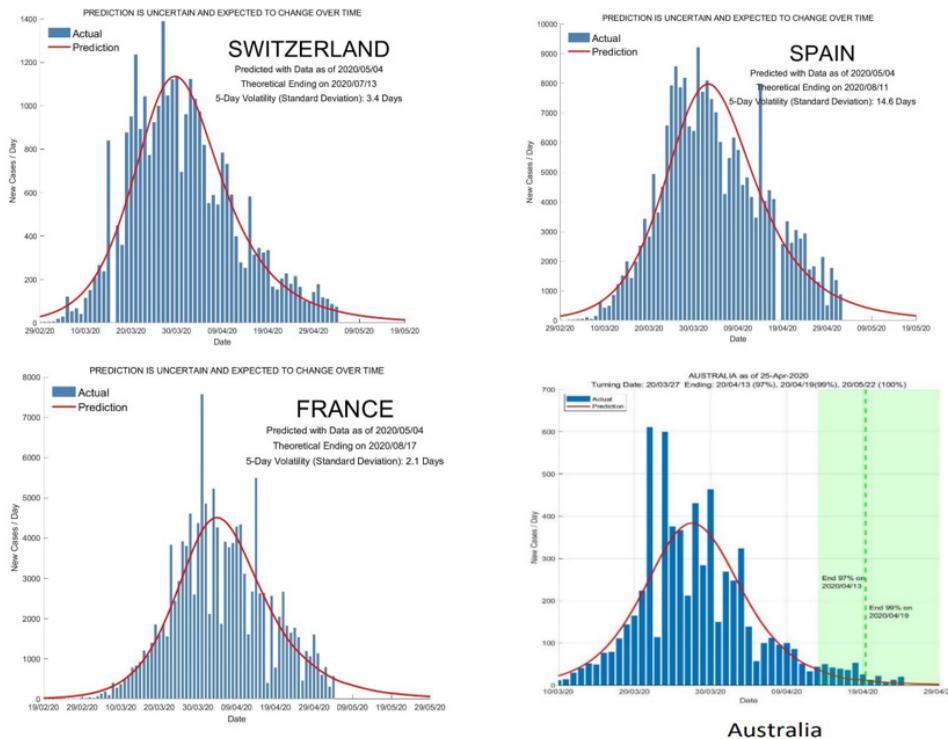
Proyección

En el sitio web de la *Singapore University of Technology and Design* (<https://ddi.sutd.edu>).

sg/) se pueden ver las proyecciones realizadas por esta universidad sobre cuando finalizará la epidemia en diferentes países del mundo. Los casos donde el COVID-19 está en su última fase (Suiza, Australia, Francia y España) permiten justificar el uso de un modelo SIR para modelizar el comportamiento de la propagación de esta enfermedad (ver Gráficos 3). Sin embargo, no aparece la gráfica correspondiente a El Salvador.

Gráfico n.º 3

Países en última fase



Fuente: <https://ddi.sutd.edu.sg/>

Para efectuar la proyección para el país, se utilizó el programa escrito por Milan Batista en lenguaje MathLab, extraído de: <https://la.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/74658-fitviruscovid19>.

Este programa permite hacer una regresión del modelo SIR, con respecto a los nuevos casos de contagio reportados cada día.⁵ Los datos utilizados para efectuar la proyección para El Salvador fueron tomados del sitio web <https://covid19.gob.sv/>

Resultados para el país

En los gráficos 4 y 5 se observan los nuevos casos diarios y recuperados en El Salvador, partiendo

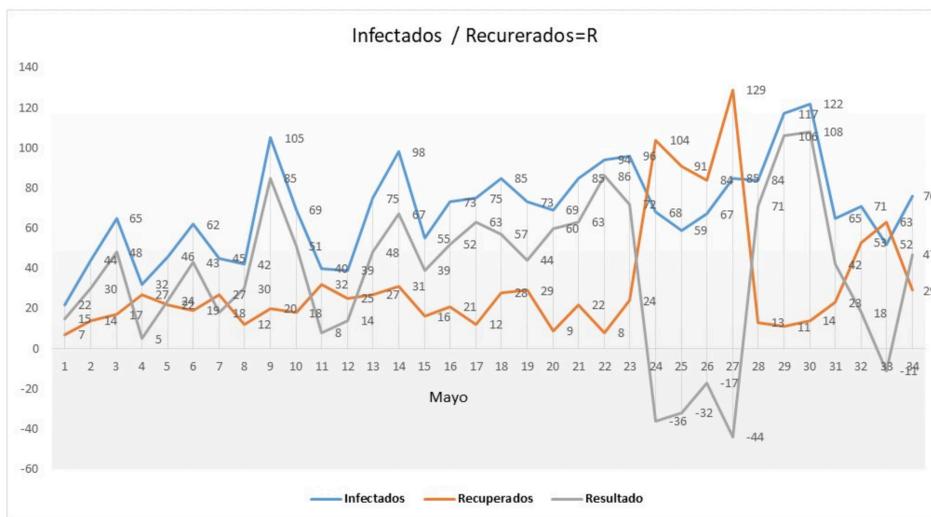
del 18 de marzo 2020, el día que el país registra su primer caso positivo de COVID-19.

En el gráfico 6, en azul aparecen los nuevos casos registrados por día hasta el 4 de junio 2020, con 76 nuevos casos ese día. La curva naranja interior representa la predicción de nuevos casos diarios, hecha ajustando los parámetros del modelo con los datos reales. Mientras que las curvas rojas exteriores corresponden al margen de error que se aplicó a este modelo (+/- ECM).

El gráfico indica que el máximo de nuevos casos diarios será entre el 13 de mayo y el 26 de mayo, y que el 1 de agosto 2020, la pandemia habrá acabado en un 100%. Es decir, ya no habrá ningún caso nuevo.

Gráfico n.º 4

Infectados, Recuperados y Resultado (al 4 de junio)

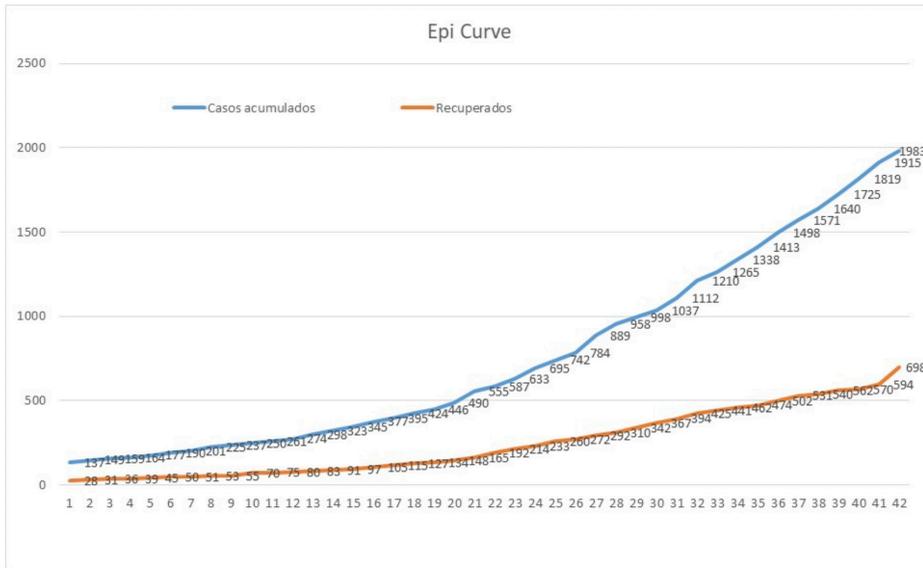


Fuente: Elaboración propia con datos de <https://covid19.gob.sv/>

5 Cfr. When Will COVID-19 End? Data-Driven Prediction, Jianxi Luo, Singapore University of Technology and Design (<http://www.sutd.edu.sg>), Disponible on line [April 28, 2020]

Gráfico n.º 5

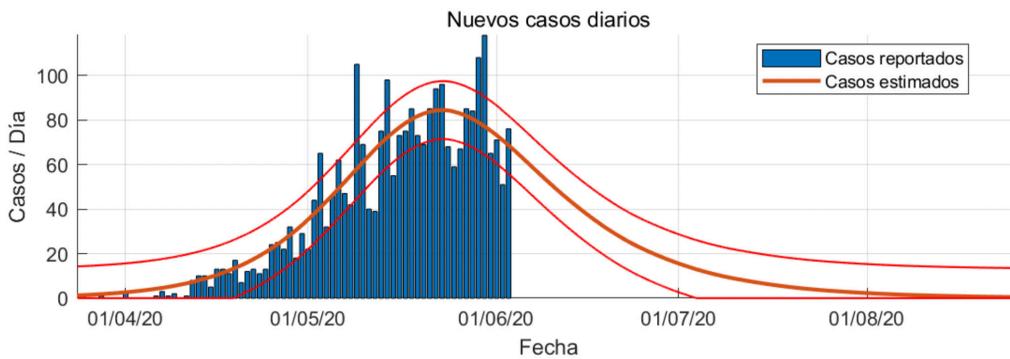
Curva epi al 4 de junio



Fuente: Elaboración propia con datos de <https://covid19.gob.sv/>

Gráfico n.º 6

Evolución de casos COVID-19 El Salvador

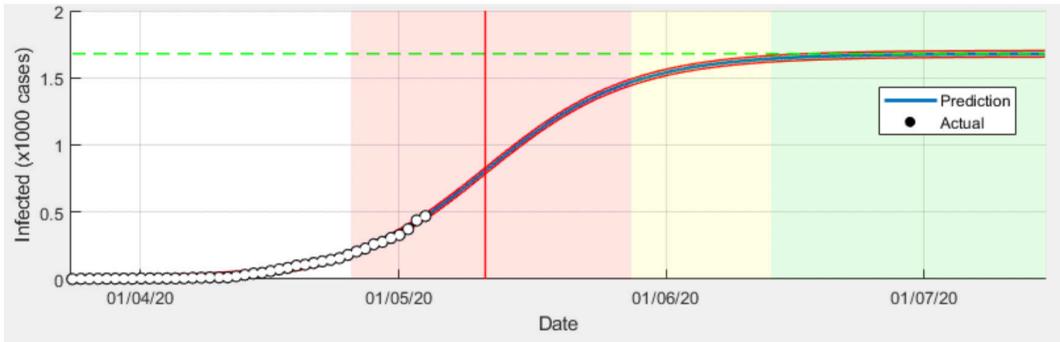


Fuente: MatLab, Disruptiva.

El gráfico 7 muestra el número total de casos locales acumulados (x1000) con respecto al tiempo, a partir del 18 de marzo 2020.

Gráfico n.º 7

Número de casos acumulados/tiempo



Fuente: Elaboración propia.

Los puntos blancos representan la cantidad de contagios locales registrados hasta la fecha, mientras la curva azul muestra la predicción efectuada con dichos casos. Las curvas rojas exteriores corresponden al margen de error (+/- 3*ECM). El máximo de infectados está representado por la línea punteada verde, y corresponde a 1679 personas que darán positivo en la prueba del COVID-19.

La línea vertical roja muestra la fecha en la que se sitúa el punto de inflexión de la curva; es decir, el 13 de mayo 2020.

El gráfico está dividido en cuatro etapas representativas de la pandemia:

- Comienzo de la propagación de la enfermedad en el país (blanco).

- Fase de crecimiento rápido (rojo):
 - » Aceleración (anterior a la línea vertical roja). En este periodo de 16 días, el número de casos diarios crece.

- » Desaceleración (posterior a la línea vertical roja). En este periodo de 17 días, el número de casos diarios decrece.
- Fase de transición a estado estable (amarillo). Aquí se comienza a observar que la curva empieza a tender hacia un valor constante.
- Fase final (verde). El valor de la curva en este periodo es prácticamente constante. Los nuevos casos son casi nulos.

Discusión

Sin acciones rápidas y coordinadas de salud pública, como pruebas rápidas, aislamiento de casos, "distanciamiento social", cierres migratorios, cierre de transporte, políticas de permanencia en el hogar, uso de mascarillas y control tecnológico epidemiológico, el número de casos de COVID-19 aumenta más allá de la capacidad del sistema de

atención médica para manejar casos severos. Las acciones de salud pública tomadas para "aplanar la curva" no garantizan la reducción en el número total de casos durante una pandemia. Esto estará determinado por factores adicionales, como la velocidad con la que se desarrollan otras medidas de prevención efectivas (por ejemplo, vacunas).

Intentando responder a nuestra pregunta esencial ¿cuál es el ciclo de la epidemia COVID-19 en un país con medidas de distanciamiento social efectivas?: Según el estudio de casos: 1) El ciclo epidémico o curva epidémica -con medidas estrictas de distanciamiento social- con base en la evidencia de Nueva Zelanda: a) desde el primer caso al descenso 60 días; b) desde las primeras medidas epidemiológicas al descenso 90 días; "posiblemente" la vuelta a la normalidad sea en 120 días. Considerando el caso de Taiwán, el ciclo es más extenso, de 120 a 150 días, aunque su curva se ha mantenido aplanada. 2) Según la proyección Milan Batista (Mathlab): El gráfico indica que el máximo de nuevos casos diarios será entre el 13 y 26 de mayo, y que el 1 de agosto 2020, la pandemia habrá acabado en un 100%. Es decir, ya no habrá ningún caso nuevo. Es decir, 102 días desde el primer caso. Países sin medidas de distanciamiento social o aplanamiento pueden tener ciclos de 4 a 6 meses, al menos. Una reapertura temprana a la normalidad o bajar la intensidad de las medidas de distanciamiento social, podría retrasar o afectar la vuelta a la normalidad: caso Singapur.

Referencias

- Anderson, R., Heesterbeek, H., Klinkenberg, D. y Hollingsworth, TD. (2020). ¿Cómo influirán las medidas de mitigación basadas en el país en el curso de la epidemia de COVID-19? *The Lancet* (en línea primero, 9 de marzo).
- Cuéllar-Marchelli, H., Picardo, O., Vidri, R. (2020). *El Salvador y el COVID-19: modelos matemáticos, datos y perspectivas*. San Salvador: UFG Editores.
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Módulos de Principios de Epidemiología para el Control de Enfermedades. 2da. Edición*. Washington D.C.: OPS, Serie PALTEX para Técnicos Medios y Auxiliares n.º 24.
- Singapore University of Technology and Design. (2020). When Will COVID-19 End? Data-Driven Prediction, Jianxi Luo, *Singapore University of Technology and Design*. Disponible: <http://www.sutd.edu.sg>
- Yang, Z., Zeng, Z., Wang, K., Wong, S. S., Liang, W., Zanin, M., Liu, P., Cao, X., Gao, Z., Mai, Z., Liang, J., Liu, X., Li, S., Li, Y., Ye, F., Guan, W., Yang, Y., Li, F., Luo, S., Xie, Y., ... He, J. (2020). Modified SEIR and AI prediction of the epidemics trend of COVID-19 in China under public health interventions. *Journal of thoracic disease*, 12(3), 165–174. <https://doi.org/10.21037/jtd.2020.02.64>
- Ministry of health. (Junio, 2020). COVID-19 – current cases. Disponible en: <https://www.health.govt.nz/our-work/diseases-and-conditions/covid-19-novel-coronavirus/covid-19-current-situation/covid-19-current-cases#curve>
- Boston University School of Public Health. (2017). Epidemic curves. Disponible: http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/EP/EP713_DescriptiveEpi/EP713_DescriptiveEpi3.html