

EL SALVADOR Y EL COVID19:

**Modelos matemáticos,
datos y perspectivas**

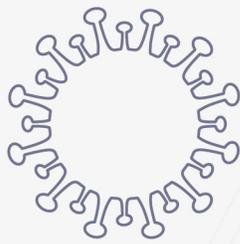
EL SALVADOR AND COVID19:

Mathematical models,
data and perspectives

ABRIL 2020

APRIL 2020

Helga Cuéllar-Marchelli, PhD
Javier Cladellas, BMath
James Humberstone, Eng
Óscar Luna, BA
Oscar Picardo Joao, PhD (Coord.)
Roberto J. Vidrí, MD, MPH



EL SALVADOR Y EL COVID19:

**Modelos matemáticos,
datos y perspectivas**

EL SALVADOR AND COVID19:

Mathematical models,
data and perspectives

ABRIL 2020

APRIL 2020

Helga Cuéllar-Marchelli, PhD
Javier Cladellas, BMath
James Humberstone, Eng
Óscar Luna, BA
Oscar Picardo Joao, PhD (Coord.)
Roberto J. Vidrí, MD, MPH

Misión

La formación de profesionales competentes, innovadores, emprendedores y éticos, mediante la aplicación de un proceso académico de calidad que les permita desarrollarse en un mundo globalizado.

Visión

Ser la mejor universidad salvadoreña, con proyección global, que se caracteriza por la calidad de sus graduados, de su investigación, de su responsabilidad social y de su tecnología.

Consejo Directivo

Presidenta:	MEd. Rosario Melgar de Varela
Vicepresidenta:	Dra. Leticia Andino de Rivera
Secretaria General:	MEd. Teresa de Jesús González de Mendoza
Primer Vocal:	Dr. e Ing. Mario Antonio Ruiz Ramírez

Rector

Dr. e Ing. Mario Antonio Ruiz Ramírez

Vicerrectora

Dra. Leticia Andino de Rivera

Secretaria General

MEd. Teresa de Jesús González de Mendoza

Dirección y contacto

Universidad Francisco Gavidia: Calle El Progreso n.º 2748, Edificio de Rectoría, San Salvador, El Salvador. Tel. (503) 2249-2700

www.ufg.edu.sv



Miguel Ángel Simán

Presidente

José Ángel Quirós

Director Ejecutivo

Elena María de Alfaro

Asesora de Junta Directiva

Coordinadora de Comisión del Departamento de Estudios Sociales, DES

Helga Cuéllar-Marchelli

Directora, Departamento de Estudios Sociales, DES

Misión de FUSADES

Ser un centro de pensamiento e investigación de alta credibilidad, que promueva el progreso económico y social de los salvadoreños, mediante el desarrollo sostenible, bajo un sistema democrático y de libertades individuales, incentivando el diálogo como mecanismo de búsqueda de acuerdos de país.

Misión del Departamento de Estudios Sociales

Generar conocimiento y recomendaciones de política social, promover el diálogo y debate calificado, e incidir en acciones de contraloría social desde la sociedad civil



Misión

Diseñar, promover y acompañar iniciativas, políticas, programas y proyectos académicos empresariales para el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación que impacten en la productividad y competitividad de El Salvador.

Visión

Ser el instituto científico líder en El Salvador en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Director

Oscar Picardo Joao, PhD.

UFG EDITORES

Coordinación

Jenny Lozano

Diagramación y diseño

Gustavo A. Menjívar

DIRECCIÓN Y CONTACTO

Calle El Progreso n.º 2748, Edificio de Rectoría, San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Tel.: (503) 2249-2700 y (503) 2249-2716

Correo electrónico: editores@ufg.edu.sv

www.ufg.edu.sv

DE ESTA EDICIÓN

Título: El Salvador y el COVID19: Modelos matemáticos, datos y perspectivas.

Autores:

Helga Cuéllar-Marchelli, PhD

Directora del Departamento de Estudios Sociales, FUSADES

hcuellar@fusades.org

Oscar Picardo Joao, PhD

Profesor Adjunto

Simon A. Levin Mathematical, Computational and Modeling Sciences Center. Director del Instituto de Ciencia, Tecnología, e Innovación UFG

opicardo@asu.edu

Roberto J. Vidri, MD, MPH

Instructor Clínico

Tufts University School of Medicine

rvidri01@tufts.edu

Equipo colaborador:

Javier Cladellas, BM

Centro de Modelaje Matemático “Carlos Castillo Chávez”, UFG
jcladellas@ufg.edu.sv

James Humberstone, Eng

Centro de Modelaje Matemático “Carlos Castillo Chávez”, UFG
jhumberstone@ufg.edu.sv

Óscar Luna, BP

Jefe editorial Disruptiva.media
e.oluna@ufg.edu.sv

Colección: Ciencias Sociales

Primer edición

©Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), 2020.

ISBN _____

El contenido y opiniones vertidas en la publicación son responsabilidad exclusiva del autor. Este documento puede ser utilizado atendiendo las condiciones de la Licencia Creative Commons: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Para citar:

Hecho el depósito que dicta la ley.

Edición de _____ ejemplares.

Impreso en _____

Abril de 2020, San Salvador, República de El Salvador, Centroamérica.

Consejo de Redacción

Oscar Picardo Joao

Director del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI-UFG).
Correo electrónico: opicardoj@ufg.edu.sv

Rainer Christoph

Investigador Nanotecnología ICTI-UFG.
Correo electrónico: rainer@nanotecnia.net

Rolando Balmore Pacheco

Director de Egresados y Graduados UFG.
Correo electrónico: rpacheco@ufg.edu.sv

Dr. David López

Investigador asociado ICTI-UFG.
Correo electrónico: davidlopez@hotmail.com

Dr. Marlio Paredes

Departamento de Matemáticas de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. Investigador visitante del Simon A. Levin Mathematical, Computational and Modeling Sciences Center, Arizona State University.
Correo electrónico: marlio.paredes@correounivalle.edu.co

Agradecimientos a: Carlos Castillo-Chávez, PhD, ASU; Carlos Hernández, Universidad de Colima, México; Juan Aparicio, Universidad de Salta, Argentina; Marlio Paredes, Universidad del Valle, Colombia y Thomas Bossert, PhD, Director International *Health Systems Program*, Department of Global Health and Population, Harvard T.H. Chan School of Public Health.

También a Gabriela María Góchez Magaña y Ana Marcela López Torres, investigadoras del Departamento de Estudios Sociales de FUSADES, por su apoyo en la recolección de información sobre el sector salud que sirvió de insumo para la elaboración de este informe.

Índice de contenidos

Abstract y descriptores	13
Introducción	15
El COVID-19 y las matemáticas	19
El COVID-19 y los modelos indicados	20
El modelo SEIR aplicado y los escenarios.....	21
Limitaciones y alcances del modelo	24
Resultados	25
COVID-19: Notas epidemiológicas	32
Estudios comparados sobre COVID-19: Costa Rica, Guatemala y Honduras	36
Conclusiones y recomendaciones de política pública	39
Bibliografía	47

Resumen

El siguiente informe presenta datos, preguntas y perspectivas desde la relación entre economía y salud, a raíz de la pandemia de COVID-19 y su desarrollo en El Salvador; posteriormente, con el modelo matemático SIR/SEIR se corren escenarios en Python para conocer el desarrollo de la pandemia y poder proyectar políticas, medidas y programas para atender la crisis. Las escalas de aislamiento (baja, media y alta) proponen tres posibilidades razonables: optimista, moderada y crítica.

Abstract

The following report presents data, questions and perspectives pertaining to the relationship between economy and health as a result of the COVID-19 pandemic and its development in El Salvador. Subsequently, utilizing SIR / SEIR mathematical models, scenarios are presented to better understand the evolution of the pandemic and facilitate the creation of public policies, responses, and programs to deal with this crisis. Different projections, based on effectiveness of isolation measures (low, medium and high), present three reasonable possibilities for El Salvador: optimistic, moderate and critical.

Descriptores: Epidemiología; COVID-19; Modelos matemáticos; Economía; Salud; SIR; SEIR; El Salvador; políticas públicas.

Introducción

La pandemia de COVID-19 (acrónimo del inglés *coronavirus disease*) fue declarada por la OMS el 11 de marzo de 2020; es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2, la cual se detectó por primera vez en la ciudad china de Wuhan (provincia de Hubei) en diciembre de 2019. El exacerbado contagio a nivel global y en escalas significativas ha comenzado a generar serios problemas sanitarios y económicos.

La relación entre decisiones económicas y de salud pública son interdependientes, complejas y codeterminantes entre sí; en efecto, “la economía, pensada en función de la inversión, los costos y los gastos o comportamientos, ha pasado a adoptar una posición mucho más crítica y de interacción interdisciplinaria para explicar la dinámica y las relaciones entre el sistema económico, el entorno y las instituciones” (*Applying behavioral economics to public health policy: Illustrative examples and promising directions; JL Matjasko, J.L., Cawley J.H., Baker-Goering, M.M., Yokum, D.V.; Am J Prev Med, 50: S13-Ss9, 2016*).

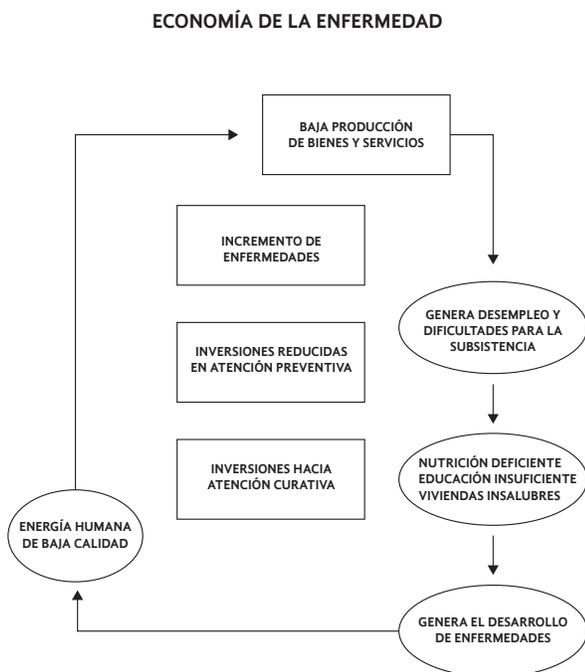


Figura n.º 1. Economía de la enfermedad. Fuente: Organización Panamericana de la Salud, *Economía y Salud. Conceptos, Retos y Estrategias*, 1999.

Desde finales del siglo XVIII existen referencias sobre las relaciones entre salud, economía y desarrollo. Casi un siglo después la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha venido contribuyendo a encontrar métodos idóneos para adaptar la misión del sector salud, al nuevo contexto económico y social internacional. En el Informe sobre la salud en el mundo, 1998. *La vida en el siglo XXI: Una perspectiva para todos*, en ocasión del 50 Aniversario de la OMS; se recoge como una preocupación creciente sobre los recursos destinados a la salud en contextos desiguales.

COVID-19: la doble curva médica y económica

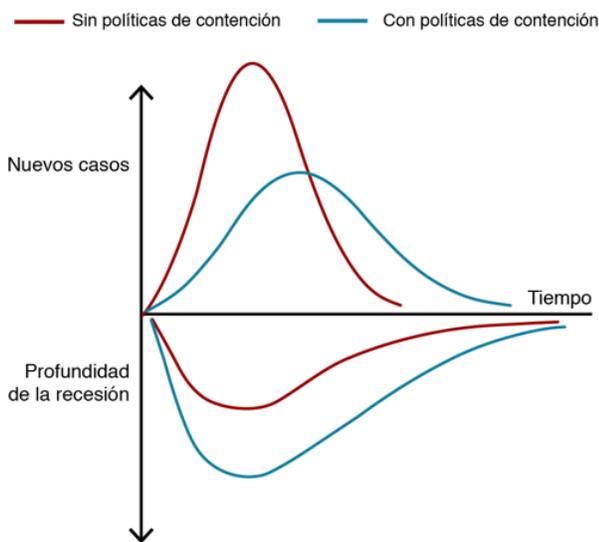


Figura n.º2. COVID-19: la doble curva médica y económica. Fuente: Richard Baldwin. Inspirado en ilustraciones de Pierre-Olivier Gourinchas. Publicado en BBC.

En suma, para que la economía de la salud sea una herramienta eficaz y la salud pública sea mejor, se requieren interdisciplinariedad, comprensión de la complejidad, mayor conciencia y atención gubernamentales, así como científicidad y formación. Aquí el diálogo es esencial; sobre todo superar el divorcio entre política económica y política social. Si tomamos solo uno de los aspectos del concepto salud, la enfermedad, queda clara su conexión con la economía y la influencia en ambos sentidos, de la una sobre la otra, tal como lo proponen Cosme, C.; Cárdenas, R. y Miyar, A. (*Economía y Salud Conceptos, Retos y Estrategias*, OPS, 1999).

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 es esencial; también, al margen de las reservas, las medianas y grandes empresas pueden caer en crisis o pérdida de competitividad.

Según una encuesta reciente de la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador (CAMARASAL) a microempresas, un mes es el margen de tolerancia máximo que tienen los pequeños comerciantes para mantener cerrados sus negocios; luego, se irían a la quiebra, sobre todo si se tienen que cumplir obligaciones salariales sin ingresos. A la fecha del sondeo empresarial (30 de marzo de 2020); en dónde participaron 301 empresas de los sectores comercio, industria y servicios, distribuidas de la siguiente manera 44% micro, 32% pequeña, 16% mediana y 9% grande, se obtiene que el 85% de las ventas ha disminuido, 13% se mantienen y apenas el 2% se ha incrementado. En la misma línea, el sondeo de la Asociación Nacional de la Empresa Privada (ANEP) (27-29 de marzo de 2020) registra datos económicos empresariales preocupantes, después de consultar a 932 empresas agremiadas, de al menos siete sectores –micro, pequeña, mediana y grande- en dónde se refleja: caída en las ventas, supresión de plazas, problemas en pago a acreedores, entre otros.

La pandemia de COVID-19 por su beligerancia contagiosa representa un dilema muy crítico entre economía y salud; en efecto, en la medida que se adoptan medidas más drásticas de distanciamiento social para aplicar la curva epidemiológica, se restringe la movilidad social y esto impacta proporcionalmente en la economía de un país.

Sabiendo que la salud está por encima de lo económico, no deja de inquietar los alarmantes efectos en el sistema productivo y las posibles recesiones económicas; particularmente, el duro golpe al comercio informal, micro y medianas empresas.

La doble curva médica y económica es una imagen de paradoja para los tomadores de decisión, ya que un equilibrio entre políticas de contención y supervivencia del sistema empresarial nos pueden presentar un escenario de disminución sustantiva de la enfermedad y a la vez, una economía en *default*.

A juicio de McKinsey & Company en *Beyond coronavirus: The path to the next normal*: “Cada vez está más claro que nuestra era estará definida por un cisma fundamental: el período anterior a COVID-19 y la nueva normalidad que surgirá en la era post-viral: la ‘próxima normalidad’. En esta nueva realidad sin precedentes, seremos testigos de una dramática reestructuración del orden económico y social en el que los negocios pueden afectarse significativamente. ¿Qué se necesitará para enfrentar esta crisis, ahora que nuestras métricas y suposiciones tradicionales se han vuelto irrelevantes? Nuestra respuesta es un llamado a actuar en cinco etapas: 1. Resolución; 2. Resistencia; 3. Retorno; 4. Reimaginación y 5. Reforma”.

No obstante, estas sugerencias suponen contar con datos e información rigurosa y relevante, para diseñar políticas económicas y de salud coherentes a las necesidades y proyecciones; y al menos, intentar establecer algunas preguntas e hipótesis de trabajo:

- Si no hay equidad en la región en medidas productivas en torno al COVID-19, ¿habrá serios desequilibrios comerciales?
- ¿Cuál es el ciclo de la crisis y cuál es el criterio real de la cuarentena?, ¿15 días o 40 días?
- Salvaguardando con medidas específicas a las personas más vulnerables afectadas por el COVID-19, aun así, ¿debe estar gran parte del aparato productivo cerrado?

- ¿Existen estudios, datos, información entre los costos económicos de las medidas tomadas por COVID-19?
- En lo que respecta a las proyecciones globales para el sector salud ante la crisis de COVID-19 (hospitales, camas, UCI, médicos, enfermeras, equipo) ¿las mismas sobre qué base se hace?, ¿cuál es el costo?, ¿existen escenarios progresivos razonables?
- ¿Se han realizado valoraciones fiscales del país ante y postcrisis, y prospectivas del sistema de salud de mediano plazo?

El COVID-19 y las matemáticas

Las enfermedades infecciosas, epidemias y pandemias han tenido en la historia de la humanidad un gran impacto en la morbilidad, mortalidad y generación de miedo o pánico, lo que seguramente propició que desde hace años se intentaran hacer predicciones sobre la evolución de las enfermedades; y posteriormente, modelos para explicar su devenir, desarrollo e impactos.

Los trabajos de Bernouilli y D’Alambert (1771 y 1776) sobre la peste y la viruela; los de Farr (1840) sobre enfermedades de vacunos; el de Ronald Ross (1911) sobre la malaria y la erradicación del paludismo; y el modelo matemático sobre la peste de la India de Kermack y McKendrick (1927) son la antesala del pensamiento matemático y estadístico contemporáneo que dio pie a modelos lineales generalizados, a la regresión lineal múltiple, al análisis de datos categóricos, estadística espacial y a los métodos bayesianos y métodos estadísticos (“bootstrap” - GEE - “*general estimating equations*”).

Parafraseando a Casals, Guzmán y Caylà (2009), los avances tecnológicos, informáticos y biomédicos en los años 90 hacen que la creación de equipos multidisciplinarios sea de vital importancia para lograr una mirada holística a los fenómenos infecciosos; así, personal clínico o médico, epidemiólogos, pero también matemáticos, estadísticos, informáticos, biólogos, físicos trabajan en modelos matemáticos, bioestadísticos y bioinformáticos para lograr pronósticos, tendencias, probabilidades de lo que puede suceder cuando se desencadena una enfermedad viral.

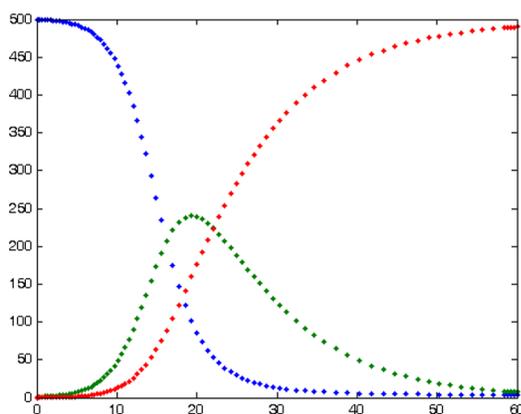


Figura n.º3. Un ejemplo de modelo SIR (Azul = Población susceptible, Verde= Población infectada y Rojo = Población recuperada). Fuente: No machine-readable author provide; Dominio público; File:Sirsys-p9.png.

La mayoría de enfermedades contagiosas: Ébola, VIH-SIDA, malaria, tuberculosis, gripe A/H1N1, SARS y ahora COVID-19, etcétera, han sido tratadas con diversos modelos, entre los que destacamos: SEIR, SI, SEIS o EIR, “*Generalized Linear Model*” (GLM), Markov, modelos espaciales, modelos bayesianos, modelos de Montecarlo y “*Generalized Estimating Equations*” (GEE).

El COVID-19 y los modelos indicados

Los modelos matemáticos de epidemias o biológicos consisten en el uso del lenguaje y herramientas matemáticas para explicar y predecir el comportamiento de agentes infecciosos y potencialmente dañinos a poblaciones humanas o animales. Existen dos tipos de modelos matemáticos: determinísticos y estocásticos. En un modelo determinístico se pueden controlar los factores que intervienen en el estudio del proceso o fenómeno y por tanto, se pueden predecir con exactitud sus resultados. En un modelo estocástico no es posible controlar los factores que intervienen en el estudio del fenómeno y en consecuencia, no produce simples resultados únicos. Cada uno de los resultados posibles se genera con una función de “probabilidad” (Montesinos-López y Hernández-Suárez, 2007).

En matemáticas, modelizar o modelar es intentar extraer los aspectos significativamente importantes de una situación real y plasmarlos en forma de expresiones y ecuaciones matemáticas; los modelos utilizan datos y crean simulaciones de contagio utilizando software especializado: STATA, R o Python.

El modelo **SIR** (Kermack, W. O. y McKendrick, A. G., 1927) -el que se recomienda para analizar COVID-19- considera una enfermedad que se desarrolla a lo largo del tiempo y únicamente tres clases de individuos (de donde proviene el nombre):

- **S** Individuos susceptibles, es decir, aquellos que no se han enfermado anteriormente y por lo tanto, pueden resultar infectados al entrar en contacto con la enfermedad.
- **I** Individuos infectados y por lo tanto, en condiciones de transmitir la enfermedad a los del grupo S.
- **R** Individuos recuperados de la enfermedad, y que ya no están en condiciones ni de enfermar nuevamente ni de transmitir la enfermedad a otros.

El modelo **SEIS** considera una nueva clase de individuos E (del inglés exposed); es decir, aquellos que portan la enfermedad pero que al hallarse en su periodo de incubación no muestran síntomas y pueden o no estar en condición de infectar a otros; y el modelo **SEIR** derivado del modelo SEIS, agrega R, población de recuperados.

Estos modelos crean curvas, gráficas y datos que son importantes para el establecimiento de políticas públicas de salud; para realizar intervenciones y sobre todo, para prevenir escenarios. Un virus tan contagioso como el COVID-19, que satura los sistemas hospitalarios y demanda una cantidad significativa de respiradores mecánicos, unidades de cuidados intensivos (UCI), insumos y personal médico, requiere un plan de contingencia sólido y razonable, el cual puede ser alimentado por el modelo SIR o SEIR.

El modelo SEIR aplicado y los escenarios

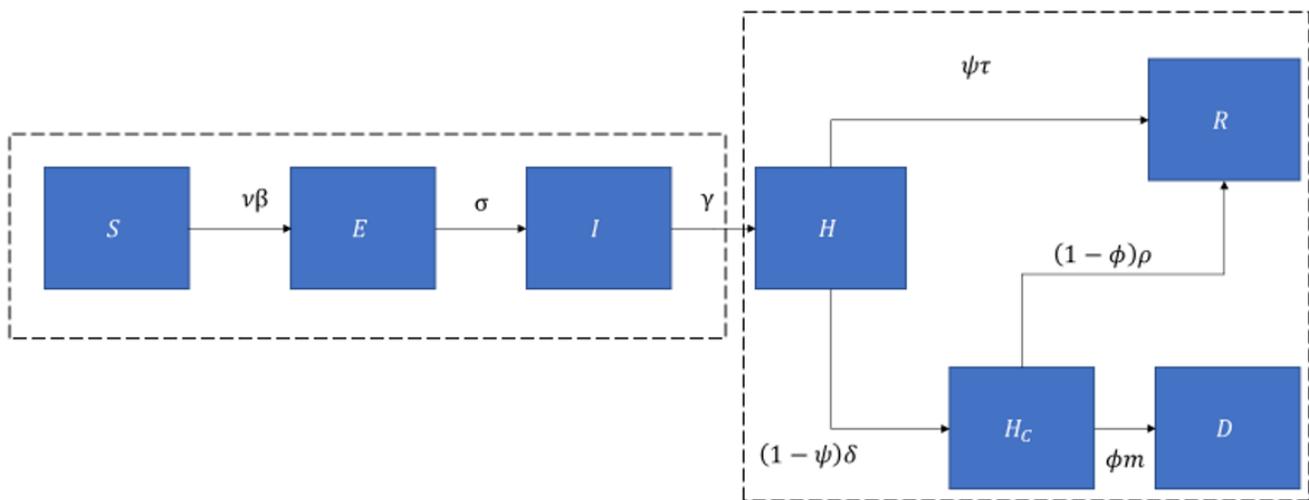


Figura n.º 4. Diagrama del modelo compartimental SEIR modificado

Hemos dividido la población en: Susceptible (S), Expuestos (E) e Infectados (I); la población infectada pasa a cuarentena (H) y de cuarentena pasa a Recuperados (R), en el mejor de los casos o a Cuidados intensivos (H^c), en el peor de los casos. Las personas en Cuidados intensivos, al mejorar, pasan a ser recuperados y en el peor de los casos pasan a fallecidos (D).

Ecuaciones del modelo:

Ecuación 1: Clase Susceptible

$$S' = -v\beta \frac{IS}{T}$$

Ecuación 2: Clase Expuestos

$$E' = \nu\beta \frac{IS}{T} - \sigma E$$

Ecuación 3: Clase Infectados

$$I' = \sigma E - \gamma I$$

Ecuación 4: Clase Hospitalizados

$$H' = \gamma I - (\psi\tau + (1 - \psi)\delta)H$$

Ecuación 5: Clase Recuperados

$$R' = \psi\tau H + (1 - \phi)\rho H_C$$

Ecuación 6: Clase Cuidados Intensivos

$$H_C' = (1 - \psi)\delta H - ((1 - \phi)\rho + \phi m)H_C$$

Ecuación 7: Clase Fallecidos

$$D' = \phi m H_C$$

Variables:

Los valores de cada variable corresponden al número de casos reportados por el Gobierno de El Salvador por medio de la plataforma covid19.gob.sv a la mañana del 1 de abril de 2020.

Tabla n.º 1

Lista de variables y condición inicial

Símbolo	Descripción	Condición Inicial
S	Población susceptible en el país.	6,581,859
E	Población expuesta.	15
I	Población infecciosa.	1
R	Población recuperada. Ya no poseen síntomas y están completamente curados de la enfermedad.	0
H	Población hospitalizada. Personas que dieron positivo en la prueba de COVID-19 y están completamente aisladas, bajo supervisión o cuidado médico.	27
H_C	Población en cuidados intensivos. Personas severamente enfermas por coronavirus que están bajo atención médica en UCI.	2
D	Población fallecida. Individuos que murieron en consecuencia de estar enfermos por COVID-19.	2

Parámetros

Tabla n.º 2

Lista de parámetros

Símbolo	Descripción	Escenario Optimista	Escenario Moderado	Escenario Crítico
B	Tasa de transmisión del COVID-19. Estimada (mundialmente) a partir de los datos de https://www.worldometers.info/coronavirus/	1.1897	1.1897	1.1897
σ^{-1}	Tiempo promedio de incubación del virus. (tomado de la OMS)	5.2	5.2	5.2
γ^{-1}	Tiempo promedio (en días) que tarda una persona enferma en libertad en ser aislada. (R_0/β)	1.26	2.1	3.36
τ^{-1}	Período promedio (en días) en que un individuo pasa hospitalizado antes de recuperarse. ($14\text{-}\gamma$)	12.74	11.9	10.64
ρ^{-1}	Tiempo promedio que tarda una persona en cuidados intensivos en pasar a cuidados intermedios. ($14\text{-}\gamma\text{-}\delta$)	8.74	7.9	6.64
δ^{-1}	Tiempo promedio que tarda un individuo hospitalizado en ser ingresado a cuidados intensivos.	3	3	3
m^{-1}	Esperanza de vida de individuos en cuidados intensivos. ($33\text{-}\gamma\text{-}\delta$)	25.14	24.3	23.04
N	Efectividad de aislamiento en el país, excluyendo los albergues.	[0,1]	[0,1]	[0,1]
ψ	Proporción de población hospitalizada que se recupera en totalidad de la enfermedad.	0.95	0.95	0.95
Φ	Proporción de individuos en cuidados intensivos que mueren de coronavirus.	0.09	0.09	0.09

Limitaciones y alcances del modelo

La modelación matemática se ha reconocido como un importante recurso de prospectiva epidemiológica; no obstante, como toda herramienta científica presenta ciertas limitaciones y alcances que son necesarios enumerar.

Limitaciones:

Disposición de datos actualizados de individuos susceptibles, expuestos, infectados y recuperados (SEIR), esto asociado a problemas de registro, aplicación de pruebas, y otras variables estadísticas que intervienen en el modelo.

Dado que el COVID-19 es una patología nueva hay aún discusiones no resueltas en términos de los procesos virales de incubación, contagio, síntomas, etcétera.

Pueden considerarse limitaciones adicionales el hecho de que no se consideraron factores que podrían afectar la dinámica de la epidemia como la distribución de edad, la susceptibilidad dependiente de la edad, los desplazamientos de la población y otros aspectos idiosincráticos o culturales.

En Latinoamérica los datos provenientes de la vigilancia epidemiológica son susceptibles de error y pueden ser imprecisos, esto afecta la precisión de los modelos.

Respecto a la ecuación y parámetros, pese a la solidez del modelo, los valores se estiman de la literatura de otros países, lo que demanda hacer el ajuste semanalmente; por ejemplo, en el caso de la mortalidad, en dónde persisten múltiples interpretaciones.

Alcances:

A pesar de las limitaciones mencionadas, el aporte del presente estudio radica en que este abordaje permitió modelar el comportamiento de la epidemia de inmediato, lo que posibilitó llevar a cabo un ejercicio con datos reales que podría auxiliar en la toma de decisiones rápidas y una planificación de corto y mediano plazos con base en los resultados, con respaldo de la literatura científica aceptada (Robles *et al.*, 2012).

Los modelos corridos a 60 y 90 días han permitido resultados y ajustes importantes, los cuales son valorados con otros factores “espejo”, tales como la tendencia epidemiológica local y evolución de casos o la observación de otros países con condiciones demográficas similares, permitiendo una prospección razonable. Asimismo, los resultados de otros modelos (ARIMA series de tiempo Kolmogorov-Smirnov, desarrollado por Walter Otoniel Campos de la Universidad de El Salvador -01-04-2020) presentan escenarios y resultados similares a los obtenidos en esta investigación.

El estudio es una referencia importante para los tomadores de decisión en el campo sanitario, sobre todo como un instrumento de corto y mediano plazo; ya que no hay en el medio académico una variedad de investigaciones para realimentar el diseño de decisiones. Asimismo, este trabajo presenta brechas reales con base en comparaciones entre la capacidad hospitalaria real (camas, UCI, intensivistas, médicos y enfermeras) y los resultados del modelo, lo que permite una planificación progresiva razonable, evitando limitaciones y excesos, para administrar mejor los recursos fiscales.

El alcance del modelo es determinístico, lo que implica iguales resultados en cada corrida por el control de factores; en este contexto, el modelo es proyección de posibles escenarios y, la efectividad dependerá en gran medida del cumplimiento de los procedimientos de distanciamiento social (p.e cuarentena domiciliar, cierre migratorio, cierre de aeropuerto); cambios en estas medidas, por presiones políticas o económicas, podrían afectar los resultados.

Resultados

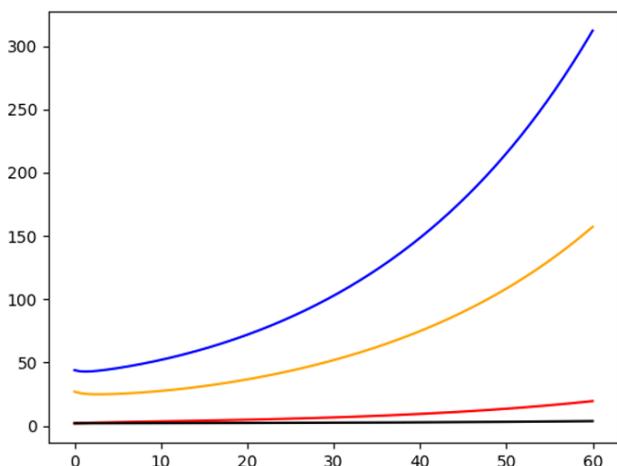
Para las simulaciones se desarrolló un programa escrito en el lenguaje de programación Python y se utilizó el algoritmo de Rutgen Kutta, aplicado a la solución numérica de ecuaciones diferenciales. La proyección de los resultados se calculó para 60 días.

Escenario optimista. Asumimos que una persona infectada puede contagiar a 1.5 personas susceptibles (R0=1.5)

Tabla n.º 3

Resumen de resultados según la efectividad de aislamiento. Escenario optimista.

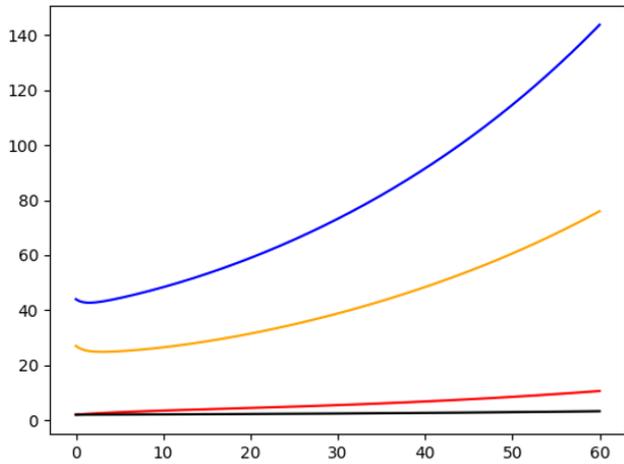
Efectividad de aislamiento	Infectados	Hospitalizados	Cuidados intensivos	Muertos
Baja	313	158	20	4
Media	144	77	11	4
Alta	67	37	6	3



Al cabo de 60 días habrá: **313** infectados, **158** personas serían hospitalizadas, **20** pasarían a UCI y **4** podrían fallecer .

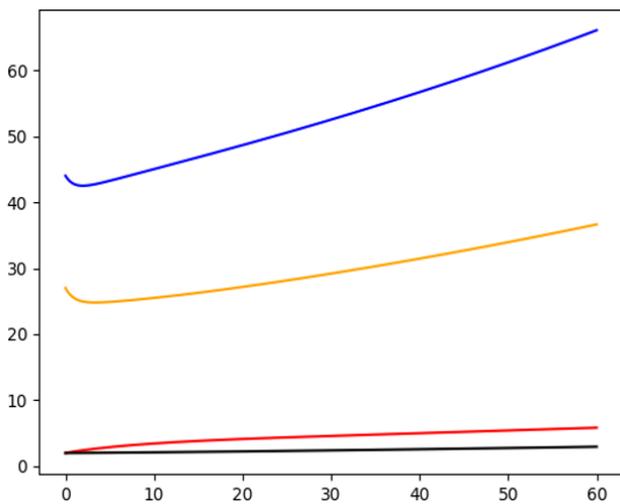
Gráfico n.º1. Efectividad de aislamiento baja¹.

1 Nota: Si bien el modelo presenta una mortalidad baja a partir de los datos globales (<https://www.worldometers.info/coronavirus/>), es importante acotar que dicha tasa podría oscilar entre 0.3 y 3.4%; condiciones demográficas y otros aspectos sobre la eficiencia del sistema hospitalario.



Al cabo de 60 días habrá: **144** infectados, **77** personas serían hospitalizadas, **11** pasarían a UCI y **4** podrían fallecer.

Gráfico n.º 2. Efectividad de aislamiento media.



Al cabo de 60 días habrá: **67** infectados, **37** personas serían hospitalizadas, **6** pasarían UCI y **3** podrían fallecer.

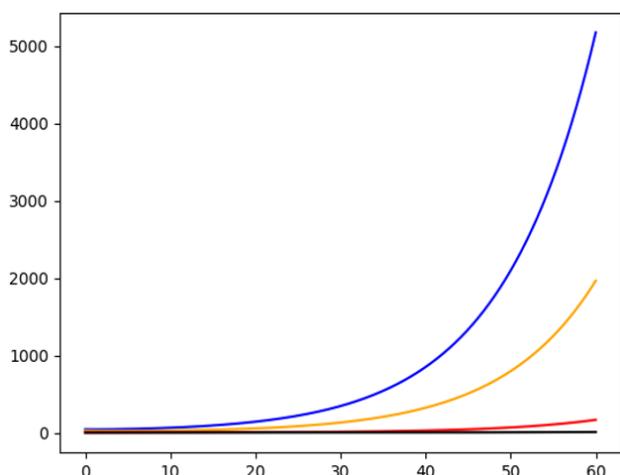
Gráfico n.º 3. Efectividad de aislamiento alta.

Escenario moderado. Asumimos que una persona infectada puede contagiar a 2.5 personas susceptibles ($R_0=2.5$)

Tabla n.º 4

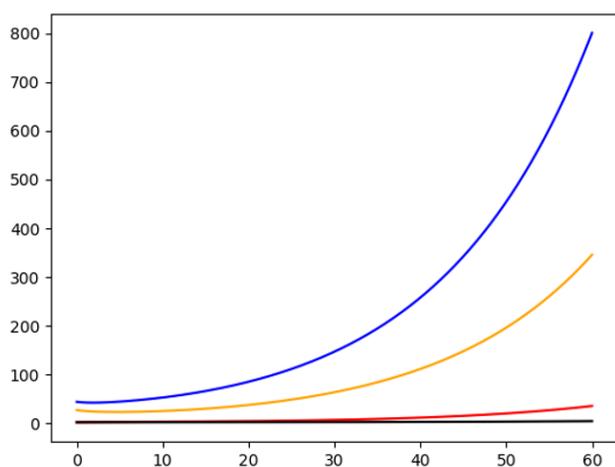
Resumen de resultados según la efectividad de aislamiento. Escenario moderado

Efectividad de aislamiento	Infectados	Hospitalizados	Cuidados intensivos	Muertos
Baja	5,175	1,965	167	9
Media	801	346	36	5
Alta	111	56	8	3



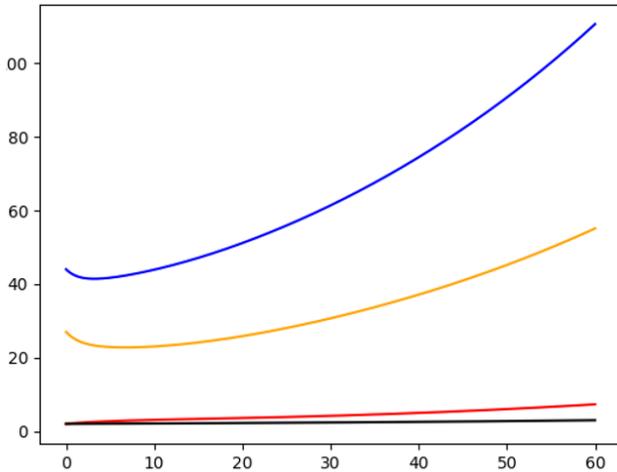
Al cabo de 60 días habrá: **5,175** infectados, **1,965** personas serían hospitalizadas, **167** pasarían a UCI y **9** podrían fallecer.

Gráfico n.º 4. Efectividad de aislamiento baja



Al cabo de 60 días habrá: **801** infectados, **346** personas serían hospitalizadas, **36** pasarían a UCI y **5** personas podrían fallecer.

Gráfico n.º 5. Efectividad de aislamiento medio.



Al cabo de 60 días habrá: **111** infectados, **56** personas serían hospitalizadas, **8** pasarían a UCI y **3** personas podrían fallecer.

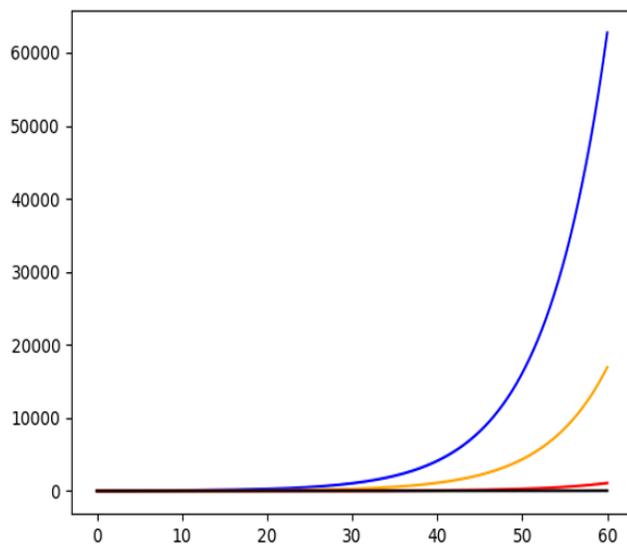
Gráfico n.º 6. Efectividad de aislamiento alto.

Escenario crítico. Asumimos que una persona infectada puede contagiar a 4 personas susceptibles ($R_0=4$)

Tabla n.º 5

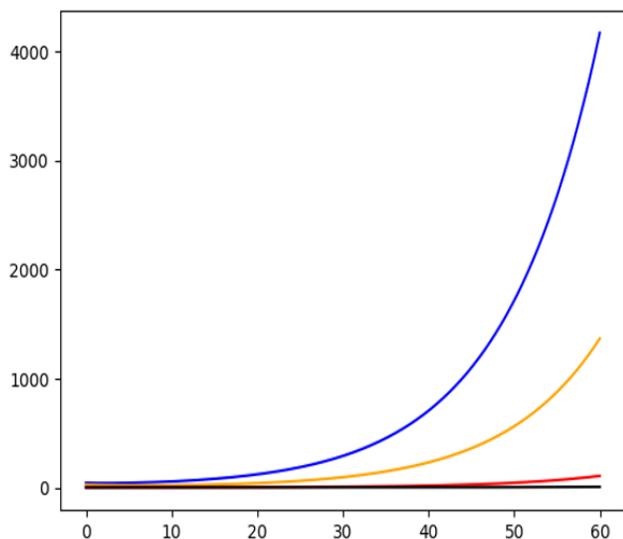
Resumen de resultados según la efectividad de aislamiento. Escenario crítico

Efectividad de aislamiento	Infectados	Hospitalizados	Cuidados intensivos	Muertos
Baja	62,710	16,926	1,089	34
Media	801	346	36	5
Alta	111	56	8	3



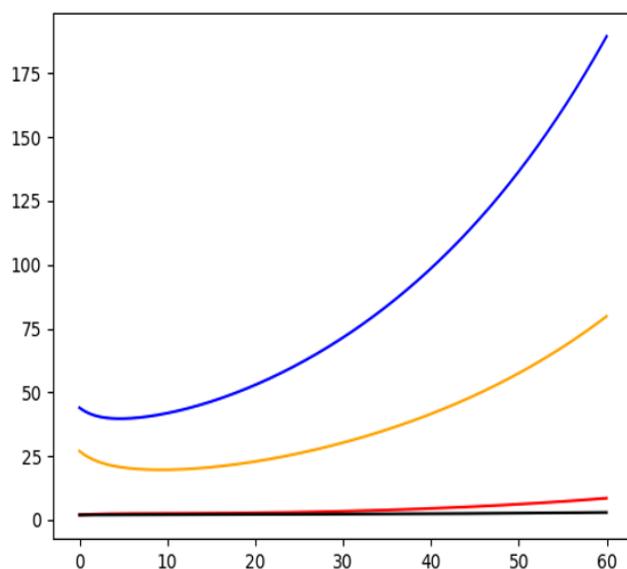
Al cabo de 60 días habrá: **62,710** infectados, **16,926** personas serían hospitalizadas, **1,089** pasarían a UCI y **34** personas podrían fallecer.

Gráfico n.º 7. Efectividad de aislamiento baja.



Al cabo de 60 días habrá: **4,175** infectados, **1,369** personas serían hospitalizadas, **108** pasarían a UCI y **7** personas podrían fallecer.

Gráfico n.º 8. Efectividad de aislamiento medio.



Al cabo de 60 días habrá: **190** infectados, **80** personas serían hospitalizadas, **9** pasarían a UCI y **3** personas podrían fallecer.

Gráfico n.º 9. Efectividad de aislamiento alta.

El 8 de abril de 2020 se corrió un nuevo modelo con alcance a 90 días; esta segunda simulación, ayuda a “calibrar y ubicar” mejor los escenarios posibles de la evolución de la pandemia en El Salvador. En primer lugar, se eliminaron las condiciones de aislamiento bajo, ya que en el país se están cumpliendo ciertas condiciones importantes, tales como el cierre de aeropuerto, cierre migratorio y cuarentena. También movió el criterio de interpretación de la simulación inicial de 60 días: desde el escenario crítico al escenario moderado, ya que las evoluciones de contagios a 21 días del primer caso marcan una tendencia. El escenario crítico a 90 días ha cambiado sustancialmente, pero puede ser irreal conforme a la tendencia y evolución de casos; y oscila en los siguientes datos de contagio: a) **Optimista:** aislamiento alto 283; aislamiento medio 966; b) **Escenario moderado:** aislamiento alto 685; aislamiento medio 14,916 (ésta es la lectura sugerida); y c) **Escenario pesimista:** aislamiento alto 1,728, aislamiento medio 193,439.

COVID-19: Notas epidemiológicas

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. Hasta el 1º de abril de 2020 se han reportado más de 900 mil casos de COVID-19 a nivel mundial. De estos, 191 mil se han recuperado y más de 45 mil personas han muerto (Dong, Du y Gardner, 2020). Los casos continúan incrementando de manera exponencial en diferentes regiones del mundo. Todos los continentes han reportado casos, excepto Antártica.

Los primeros casos de la enfermedad (COVID-19) se reportaron en diciembre del año 2019, en Wuhan, provincia de Hubei en China. En dicho país se contabilizaron más de 80 mil casos y un total de 3,316 muertes hasta este día (Dong, Du y Gardner, 2020). El pico de casos se registró entre finales de enero y principios de febrero del año 2020, con una incidencia a la baja a lo largo del mes de marzo.

Transmisión

Se especula que la transmisión de la enfermedad, de persona a persona, es a través de secreciones vía aérea. Sin embargo, el método de transmisión no ha sido definido por completo. Pequeñas gotas se esparcen a otras personas y superficies cuando una persona infectada por el virus estornuda o tose, incluso al hablar. El contacto con las mucosas corporales de aquellos infectados también puede dar lugar al contagio. Las secreciones por lo general no se esparcen más de 2 metros, por lo que se ha definido como “contacto de riesgo”, aquellos que se dan a distancias más cortas que esta (CDC 2020). Por lo tanto; se recomienda tomar medidas de “contacto” y “respiratorias”. Algunos han sugerido que el virus también puede transmitirse por medio de “aerosoles” (Yu *et al.*, 2004) y a través del sistema digestivo (Gu, Han y Wang, 2020).

Periodo de infección

El tiempo durante el cual un individuo contagiado es “infeccioso” no se ha determinado por completo; tampoco, el tiempo durante el que las personas continúan “eliminando” el virus. Sin embargo, estudios con pacientes que presentaron solo síntomas leves

sugirieron que el 90% de los pacientes tendrían una prueba negativa por medio de “swab” nasofaríngeo después de 10 días. Los pacientes con casos más graves permanecen positivos por tiempos más largos (Liu *et al.*, 2020). Otros estudios han sugerido que este período es más largo (8-37 días), con un promedio de 20 días (Zhou *et al.*, 2020).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) estima que el número de infecciones secundarias, a partir de un paciente (R_0), es de entre 2 y 2.5 (OPS, 2020). Sin embargo; otros estudios sugieren que este número podría ser mucho más alto, con un promedio de 3.28 y una media de 2.79 (IQR 1.16) (Liu *et al.*, 2020). La transmisión de pacientes que permanecen completamente asintomáticos también se ha descrito; esto resulta difícil de cuantificar dado que muchos de estos pacientes no se diagnosticarán (Rothe *et al.*, 2020; Bai *et al.*, 2020).

En su mayoría, las pandemias causadas por virus similares al SARS-CoV-2 presentan varias “etapas” de crecimiento. El desarrollo inicial de las enfermedades virales sin control es exponencial, un paciente lo transmite a 2-3 personas, quienes tienen la capacidad de transmitirlo a otras 2-3 personas, y así sucesivamente. Este patrón de crecimiento da lugar a “hot spots” (áreas calientes) en lugares donde inicialmente se observaron pocos casos. El COVID-19 no ha sido la excepción, con una fase inicial de crecimiento “lento” que luego se acelera y alcanza su pico. El tiempo de incubación y el posible número de pacientes asintomáticos, que pueden transmitir la enfermedad, lo hacen muy particular. Las características del virus, los patrones demográficos, de movimiento y la estructura de la población afectan el patrón de transmisión (Poletti, Ajelli y Merler, 2011). Estudios de varias provincias en China han sugerido un crecimiento “subexponencial” por parte del COVID-19. Se presume que esto es gracias a las medidas sociales radicales que se tomaron en las diferentes provincias del país. Los efectos de las medidas “externas” al comportamiento del virus, se dan ya que agotan a los individuos “susceptibles” de contraer la enfermedad mientras se implementan medidas de aislamiento extremas y de supresión (Maier y Brockmann, 2020). Las estrategias de contención y supresión son efectivas y posiblemente se deben mantener por un periodo más largo que el de incubación del virus (Maier y Brockmann, 2020). Sin embargo, es muy posible que veamos un incremento rápido de casos en las siguientes semanas, siguiendo el crecimiento exponencial de la enfermedad, característica de estos virus, a partir de un número pequeño de casos.

Inmunidad

Permanece incierto si la formación de anticuerpos ante la exposición al virus genera inmunidad. Información preliminar indica que ciertos anticuerpos confieren protección. Sin embargo, no se sabe si todos aquellos expuestos al virus montarán una respuesta inmune de protección duradera. Estudios valoran el uso de suero proveniente de pacientes recuperados para determinar si este se puede usar para incitar una reacción inmunológica en aquellos con infección activa (Shen *et al.*, 2020). Se aclara que ninguno de estos estudios se ha publicado y sus resultados son preliminares.

Cuadro clínico

Se estima que el período de incubación es de 14 días, después de ser expuesto a la enfermedad. La mayoría de los casos se manifiestan entre el día cuatro y cinco (Li *et al.*, 2020; Guan *et al.*, 2020).

Presentación y espectro de la enfermedad

La presentación de esta enfermedad varía entre leve, severa y crítica (Wu y McGoogan, 2020). La gran mayoría de pacientes tendrá una presentación leve; síntomas parecidos a la influenza, con tos seca, dolor de cuerpo, fiebre y malestar (Chan *et al.*, 2020). Estos representan aproximadamente el 85% de los casos que se diagnostican. Su tratamiento es solamente de soporte, con medicamentos para mejorar el malestar y la fiebre. Incluso, muchos casos no serán diagnosticados por su presentación tan leve.

Un 15% de los infectados presentarán un cuadro severo y necesitarán ser ingresados al hospital. Sus síntomas incluirán dificultad respiratoria, baja saturación de oxígeno y complicaciones pulmonares como neumonía (Huang *et al.*, 2020).

Por último, siendo la minoría de casos diagnosticados, 5% de los pacientes presentarán un cuadro crítico, necesitando de cuidados intensivos y soporte de vida. Estos tendrán falla respiratoria, shock y disfunción multiorgánica (Chen *et al.*, 2020).

Se estima una mortalidad cercana del 2.3% de todos los casos diagnosticados. Según la OMS, la mortalidad ha variado entre 0.7% hasta 5.8% en diferentes provincias de China

(McIntosh, 2020). Estas muertes incluyen primordialmente aquellos con presentación severa o crítica. Sin embargo, estas cifras varían de país en país. En Italia se observa una mortalidad del 11.9%, en contraste con 3 % en Corea del Sur (Worldometer, 2020).

La presentación clínica de la enfermedad y su mortalidad probablemente se relacionan a características demográficas de la población. Presentaciones más severas del COVID-19 se observan en adultos mayores y en aquellos con enfermedades crónicas como cardiovasculares, diabetes, enfermedad pulmonar crónica, cáncer e insuficiencia renal crónica (Zhou *et al.*, 2020; Wu and McGoogan, 2020). La gran mayoría de muertes se han visto en aquellos con condiciones de salud preexistentes.

Estudios comparados sobre COVID-19: Costa Rica, Guatemala y Honduras

Si bien es cierto el COVID-19 ha paralizado casi de forma completa al mundo, las medidas y tiempos en los que cada país se ha ido cerrando o la ha afrontado han sido diferentes.

Al 11 de abril de 2020, las cifras del COVID-19 para los países centroamericanos eran las siguientes:

Tabla n.º 6

Datos COVID-19 comparados de la región centroamericana

País	Casos confirmados	Muertes	Recuperados	Pruebas
Belice	10	2	0	364
Guatemala	137	3	19	1,134
El Salvador	117	6	15	N/D
Nicaragua	8	1	3	N/D
Costa Rica	558	3	42	6,298
Panamá	2,974	74	17	11,776
Honduras	392	24	7	1,636

Fuente: Plataforma de información y coordinación SICA/COVID-19.

Medidas adoptadas por Guatemala

El país se encuentra en toque de queda. Este ha sido recientemente prorrogado hasta el 12 de abril; acompañado de esa medida se han suspendido algunas actividades. Por ejemplo, desde el lunes 16 de marzo, el presidente Alejandro Giammattei ordenó que se suspendieran todas las “actividades laborales, ya sean públicas y privadas”; así también suspendió el servicio de transporte público, los eventos de todo tipo y prohibió el acaparamiento de artículos de primera necesidad. Al primer minuto del 17 de marzo, Guatemala cerró sus fronteras con el propósito de combatir el brote de coronavirus. El toque de queda vigente restringe la circulación de las personas entre las 4:00 p. m. y las 4:00 a. m.

El presidente de Guatemala solo tardó dos días en endurecer sus medidas, el 14 de marzo ya había prohibido las aglomeraciones de más de 100 personas y con eso bares, iglesias y algunos espectáculos artísticos y deportivos habían empezado a cancelarse. Ese mismo día se suspendieron las actividades educativas.

Día que más casos presentó: 7 casos el 28 de marzo de 2020.

Día que más fallecidos tuvo: Uno el 16 de marzo de 2020.

Medidas adoptadas por Honduras

Este país presentó un comportamiento bastante similar al de Guatemala. Su presidente, Juan Orlando Hernández, ordenó el 16 de marzo cerrar sus fronteras terrestres, aéreas y marítimas. Un día antes, el 15 de marzo, ya había ordenado suspender todas las actividades públicas y privadas, cancelar los espectáculos deportivos y el servicio de transporte público. Las medidas se han ido endureciendo, y a esta fecha, las personas solo pueden salir de sus casas los días lunes, miércoles y viernes.

En Honduras, todas las clases se suspendieron el 12 de marzo igual que todos los espectáculos culturales, al ser decretada la emergencia sanitaria.

Día que más casos presentó: 28 casos el 28 de marzo de 2020.

Día que más fallecidos tuvo: Uno el 27 y 29 de marzo de 2020.

Medidas adoptadas por Costa Rica

El Gobierno de Costa Rica comenzó a tomar medidas unos días antes que Guatemala y Honduras; el 9 de marzo de 2020 suspendió los eventos deportivos, conciertos y fiestas populares. En ese momento no suspendió las clases ni los eventos religiosos.

En la misma declaratoria del Gobierno, ese 9 de marzo se apeló a la empresa privada que promoviera el teletrabajo y el control de precios de los artículos y alimentos de primera necesidad.

Después de la confirmación de 35 casos, el 16 de marzo de 2020, el gobierno costarricense decidió cerrar sus fronteras y suspender todas las actividades académicas. Actualmente existe una prohibición de circulación en vehículos que va de las 10:00 p. m. a las 5:00 a. m.

Día que más casos presentó: 32 casos el 28 y 29 de marzo de 2020.

Día que más fallecidos tuvo: Uno el 19 y 21 de marzo de 2020.

Medidas adoptadas por El Salvador

El Gobierno de El Salvador el 11 de marzo ya había suspendido todas las actividades académicas y había ordenado cuarentena para todas las personas que arribaran del extranjero al país (de algunos países desde el 7 de marzo). Ya estaba prohibida la entrada de extranjeros. Esta última medida había venido en escalada, el 25 de febrero se prohibió la entrada a italianos y surcoreanos, y el 28 de febrero a los iraníes.

El 14 de marzo se aprobó el Estado de Emergencia y Estado de Excepción. El 17 de marzo se cerraron fronteras y para el 20 de marzo se ordenó la cuarentena domiciliar absoluta en el país.

Día que más casos presentó: 6 casos el 29 de marzo de 2020.

Día que más fallecidos tuvo: Uno cada día.

Si observamos el número de infectados por país, vemos que Costa Rica y Panamá son los que tienen más casos en la región. Costa Rica es sujeto de este estudio y es evidente que haber mantenido abierto el aeropuerto hasta el 16 de marzo pudo haber incidido en los números de contagiados. El Aeropuerto Internacional Juan Santamaría tiene un flujo de más de 4.4 millones de pasajeros al año, desde que el virus empezó a representar una amenaza pudieron haber circulado más de medio millón de personas.

A pesar de que el Aeropuerto Internacional de El Salvador San Óscar Arnulfo Romero y Galdámez, es el que le sigue en términos de circulación, haber cerrado poco a poco -hasta llegar a su totalidad- previno de tener un mayor número de contagios provenientes del exterior.

Conclusiones y recomendaciones de política pública

A partir de la construcción de diferentes escenarios sobre cómo podría evolucionar el COVID-19, derivados del modelo epidemiológico para El Salvador, es posible establecer diferentes fronteras de posibilidades. Aunque el escenario optimista es el más deseable, considerando la tendencia en el apareamiento de los casos, se prevé que el escenario más real –a 60 días desde el inicio– que enfrenta El Salvador podría oscilar entre: a) **lo moderado:** 5,175 infectados; de los cuales 1,965 personas serían hospitalizadas, 167 pasarían a cuidados Intensivos y nueve podrían fallecer. Y, b) **lo crítico:** 62,710 infectados; de los cuales 16,926 personas serían hospitalizadas; 1,089 pasarían a cuidados intensivos y podrían fallecer 34 personas.

Este resultado muestra un escenario complicado para el país, pero pareciera ser relativamente más manejable que el esperado por el Gobierno de El Salvador. De hecho, el 21 de marzo de 2020, este reportó una proyección de 3.1 millones de personas infectadas en los próximos dos meses, justificando así la adopción obligatoria e inmediata de la cuarentena domiciliar. Si bien es cierto, esta medida para contener la difusión del virus en forma temprana es considerada apropiada, las proyecciones generadas por la “Progresión Matemática” presentada por el Gobierno, donde 3×2^n , para $n=0,1,2,3,5,\dots$ (asumiendo que el número de casos se duplica cada 3 días); logrando un crecimiento exponencial en donde la cifra se multiplica por dos: 3,6,12,24,48,96,... hasta llegar a 3,145,728 infectados es irreal. En la práctica, esta proyección no es probable debido a la adopción de una serie de medidas de contención, tales como: el cierre de aeropuerto, el cierre migratorio, el establecimiento de Centros de Cumplimiento de Cuarentena (albergues), distanciamiento social, entre otras acciones. La expectativa es que todas estas medidas de prevención, contribuyan a reducir una posible avalancha de casos de COVID-19 en el sistema sanitario que superara su capacidad de atención. No obstante, la posibilidad de que esta enfermedad genere una crisis en el sistema de salud es uno de los desafíos más importantes a enfrentar.

Es difícil saber con precisión cuál es la capacidad del sistema sanitario para enfrentar la pandemia del coronavirus, pero la evidencia existente para el sector público, que es el más grande, sugiere que es limitada. El Sistema Nacional de Salud salvadoreño está conformado por el Ministerio de Salud (MINSAL), el Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS), Sanidad Militar (SM), el Fondo Salvadoreño para la Salud (FOSALUD), Bienestar Magisterial (BM) y el Instituto Salvadoreño de Rehabilitación Integral (ISRI).

De todas estas instituciones, el MINSAL e ISSS son las de mayor tamaño y concentran aproximadamente el 90% de la capacidad del sistema. El MINSAL cuenta con 30 hospitales (entre ellos 2 regionales y uno especializado), 754 Unidades de Salud Familiar y otros 136 establecimientos de salud del primer nivel de atención²; y el ISSS dispone de 11 hospitales, 35 unidades médicas (20 con hospitalización), 287 clínicas empresariales y otros establecimientos de salud del primer nivel de atención³. Según los registros oficiales de recursos humanos en salud de 2018⁴, ambas instituciones concentran el 89% del total de médicos (generales, residentes, especialistas, en servicio social y practicantes internos), y el 91% de todas las enfermeras (generales, especializadas y auxiliares). Siendo que el MINSAL y el ISSS han asumido la batuta la lucha contra el COVID-19, los análisis sobre brechas en su capacidad para hacerlo ponen al descubierto sus principales debilidades.

La tabla 7 muestra las brechas en el tipo de camas por complejidad y algunos de los recursos humanos fundamentales para poder atender a pacientes con COVID-19 para el peor escenario. Estas estimaciones toman en cuenta las recomendaciones de la Organización Panamericana para la Salud (OPS, 2020), en lo que respecta la reorganización de recursos para responder a emergencia generada por la pandemia de COVID-19.

Tabla n.º 7

Capacidad del Sistema Nacional de Salud: ISSS y MINSAL

Recursos	Actual	Peor escenario requerimiento en 60 días (*)	Brecha
Camas	6,557	16,926	-10,369
Camas de UCI	238	1,089	-851
Médicos generales o residentes	3,587	1,411	2,177
Intensivistas (**)	60	182	-122
Enfermeras	4,605	2,821	1784

* Se asume un médico por 12 camas, un intensivista por 6 camas y una enfermera (profesional o especializada) por 6 camas para atender pacientes en condición estable,

2 Entre estos se cuentan: los Centros Rurales de Salud, Casas de la Salud, Centros de Atención de Emergencia y Hogares de Espera Materna. Fuente: Gabinete de Salud (2020).

3 Se refiere a Clínicas Comunes y Centros de Atención de Día. Fuente: ISSS (2019).

4 Fuente: Instituciones del Sistema Nacional de Salud, disponible en: <https://rrhh.salud.gob.sv/node/90>

inestable o crítica, según recomendaciones de OPS para responder a la pandemia de COVID-19. Todos trabajando en turnos de 8 horas.

** El número de intensivistas de MINSAL se estimó en 37, pero podrían ser menos. No fue posible encontrar información de otros especialistas que se requieren, por ejemplo: neumólogos, técnicos de terapia respiratoria y técnicos en cuidados intensivos.

Fuente: cálculos propios con base en datos de ISSS y MINSAL 2018 y 2019.

Al respecto, se observa que las mayores brechas se encuentran en la disponibilidad de camas censables y camas de Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) e intensivistas para atender a pacientes en condiciones críticas; y, por ende, en los equipos asociados a este tipo de atención. Entre estos últimos se destacan: la ventilación mecánica, red de gases medicinales con oxígeno, aire y vacío, el sistema secundario de suministro de oxígeno, aparatos para monitoreo continuo e invasivo, bomba de infusión para el suministro de medicamentos, entre otros recursos médicos. Es importante señalar que al repetir la simulación de la evolución de la enfermedad a 90 días después de reportarse el primer caso, el modelo matemático arroja un resultado interesante sobre los requerimientos de recursos. Asumiendo que se genera un escenario de riesgo moderado de contagio con una efectividad de aislamiento media, se reduce el número de personas que requieren atención hospitalaria y la única brecha que prevalece es en el número de camas de UCI e intensivistas, aunque en menor cuantía (-424 y -51, respectivamente). Este resultado sugiere que, a mayor disciplina en el cumplimiento de las medidas de contención del virus, habría un mayor margen de maniobra para que el sistema sanitario responda con mayor eficacia a la emergencia.

En cualquiera de estos escenarios, aunque pareciera que el sistema cuenta con suficientes médicos y enfermeras para responder a la emergencia, en la práctica no así es del todo. Es importante señalar que la capacidad instalada existente ofrece diferentes servicios de atención que no pueden ser descuidados. Solo cierto porcentaje del personal médico disponible podría designarse para atender los casos de COVID-19, considerando la complejidad creciente de los pacientes con esta enfermedad que se proyecta tener. De allí que es importante establecer planes y mecanismos efectivos para reorganizar y ampliar progresivamente los servicios de salud en el territorio, de acuerdo con la evolución de la pandemia.

En el caso salvadoreño, la adopción temprana de medidas preventivas extremas para contener la difusión del virus ha permitido ganar algún tiempo para aumentar la capacidad de respuesta del sistema. Sin embargo, según la OPS (2020) esto no debe limitarse a conseguir el número de camas y recursos humanos que hacen falta para atender a pacientes que requieren hospitalización o atención clínica de alta complejidad. Paralelamente, debe aumentarse la capacidad del primer nivel de atención para detectar y controlar los casos de COVID-19, dar seguimiento a pacientes en su domicilio e identificar complicaciones tempranas, clasificar pacientes según la urgencia de atención (triaje), atender pacientes con otras condiciones agudas o crónicas, entre otras actividades a considerar al reorganizar los servicios de salud durante la emergencia sanitaria.

Adicionalmente, la OPS (3 de abril de 2020) también ha recomendado a los gobiernos aprovechar las capacidades y recursos del sector privado de la salud para planificar y maximizar el uso de los recursos disponibles. Desde la perspectiva sanitaria, la responsabilidad de actuar frente a la pandemia no debe ser únicamente del sector público. El llamado es a combinar esfuerzos y recursos públicos y privados para ampliar de manera rápida la capacidad del sistema de salud. El sector privado puede contribuir a resolver algunos de los desafíos más urgentes, entre ellos: el acceso a pruebas de COVID-19 que sean asequibles y de calidad, así como la provisión tanto de equipos de protección para el personal de salud, como de medicamentos y equipamientos necesarios para atender a pacientes.

Por otra parte, considerando la relación entre economía y salud, el sector privado también puede aportar soluciones en otras áreas. Este puede apoyar iniciativas no solo para fortalecer el cumplimiento de medidas sanitarias en las comunidades, sino también fortalecer o crear mecanismos de protección para la población vulnerable (población en condición de pobreza, en situación de inseguridad alimentaria, discapacitados, adultos mayores, etc.). El sector empresarial, en particular, también podría ayudar a ingeniar soluciones que permitan reactivar gradualmente la actividad económica manteniendo protocolos sanitarios para proteger a los trabajadores. De esta manera, se podría reducir la pérdida de empleos e ingresos para los hogares ocasionadas por las medidas de contención ante el coronavirus; mantener las cadenas de abastecimiento; sostener la capacidad productiva y detener la recesión económica y sus consecuencias en el bienestar social.

Después de haber expuesto las conclusiones más importantes que se derivan del análisis de distintos escenarios de evolución del COVID-19 en El Salvador, las recomendaciones generales de política pública sanitaria se pueden definir en los siguientes términos:

- Es necesario procesar la mayor cantidad de prueba RT-PCR⁵ para verificar e identificar infectados e inmunes.

Sin contar con una vacuna contra COVID-19 o un rebaño inmune a este virus en la sociedad, volver a la normalidad es tan difícil como mantener una cuarentena domiciliar, la cual es insostenible. Para evitar caer en la paralización de la sociedad y la economía, urge ampliar la capacidad para aplicar pruebas masivas y selectivas (Baldwing, 26 de marzo de 2020 y Romer y Shah, 2 de abril de 2020). ¿Por qué?

En primer lugar, interesa identificar a los trabajadores en sectores esenciales (Ej.: salud, alimentación, seguridad y transporte) que no están infectados para que puedan trabajar, siguiendo medidas que les protejan de ser contagiados. En segundo lugar, la aplicación de pruebas a trabajadores de otros sectores, sumado a la implementación de controles sanitarios rigurosos, permitiría reactivar la actividad económica minimizando los riesgos de transmisión de COVID-19. Y, en tercer lugar, para lograr un balance apropiado entre el establecimiento de cuarentenas y otras medidas para reducir la transmisión del virus es vital contar con más información sobre la prevalencia de la enfermedad. Una manera de lograrlo sería a través de la aplicación de pruebas de COVID-19 a una muestra representativa de la población en diferentes ámbitos. Según Nussbaumer-Streit, *et al.* (2020), esta estrategia puede ayudar a comprender mejor cuál es la verdadera proporción de personas infectadas; y, además, esto ayudaría a definir mejores parámetros de los modelos epidemiológicos que ayudan a orientar la toma de decisiones de política pública.

- Crear un programa de “identificación de inmunidad” para reincorporar la fuerza productiva a las empresas y no paralizar la economía.

Las medidas de distanciamiento social reducen significativamente el dinamismo del consumo y la producción de bienes y servicios, situación que de no ser atendida podría

⁵ RT-PCR viene de *Reverse Transcription- Polymerase Chain Reaction*, que significa “transcripción inversa -reacción en cadena de la polimerasa”. Es un tipo de prueba para detectar el material genético del virus.

traducirse en una profunda recesión económica (Baldwing y Weder di Mauro, 2020). El problema es que mientras no exista una vacuna contra esta enfermedad, existe una alta probabilidad de que surjan nuevos brotes de infección, lo cual volvería a poner en aprietos al sistema sanitario y a la economía.

Para reducir los riesgos sanitarios provocados por una segunda ola de contagios y reactivar el aparato productivo, podrían diseñarse mecanismos para que las empresas identifiquen al personal inmune y puedan operar siguiendo controles sanitarios rigurosos. Al respecto Hernández Suarez y González Farias (2020) proponen la creación de un programa de “identificación de inmunidad”. Este utilizaría pruebas para identificar a las personas que ya han adquirido la enfermedad y usaría modelos predictivos para determinar la dinámica de la epidemia en la empresa y la velocidad a la cual los trabajadores podrían reincorporarse. Sin embargo, para que un programa como este funcione se debe asegurar que los mecanismos para identificar inmunidad son confiables. Al respecto, Dewatripont *et al.* (2020) sugieren utilizar dos tipos de pruebas para este fin. Las pruebas de serología ELISA⁶ para detectar los anticuerpos específicos al SARS COVID-2 y las pruebas RT-PCR para detectar el material genético del virus. De esta manera se puede saber si una persona considerada inmune sigue siendo portadora del virus e infectar a otros.

- Crear un programa de especialización médica, rápido y eficaz de capacitación de intensivistas, para neumólogos, internistas, etc. Para ir cerrando la brecha.

Para contar con suficientes médicos especialistas en terapia intensiva, la OPS (2020) recomienda a los países capacitar no solo a intensivistas y urgenciólogos pediátricos en el manejo de adultos. También propone formar rápidamente a médicos internistas, neumólogos, otorrinolaringólogos, entre otros médicos con especialidades afines. Además, debe prepararse un grupo de enfermeras y otros profesionales de la salud en el manejo de pacientes en condición crítica con necesidad de ventilación asistida y terapia

⁶ Se refiere a la técnica de ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas para determinar antígenos y gérmenes que causan enfermedades. Es importante señalar que, según el *Center for Health Security* de *John Hopkins University*, existe una variedad de pruebas de serología basadas en otras técnicas para detectar la presencia de anticuerpos al SARS-COV-2 que están siendo desarrolladas para ponerlas a disposición del público. Ver: <https://tinyurl.com/t5em42z>

respiratoria. Todos los esfuerzos de capacitación de estos profesionales de la salud deben incluir el entrenamiento en el uso adecuado de los equipos de protección personal, así como en el conocimiento de las medidas de prevención y control de infecciones relacionadas con la pandemia de COVID-19.

Dado que es complejo suponer que se podrá entrenar a médicos no especializados en el corto plazo, de una manera completa para manejar pacientes críticos, con la complejidad que presentan aquellos con COVID-19, en muchos países desarrollados, como Estados Unidos, se ha optado por formar equipos (“pods”) para personal médico y de enfermería. En el caso de los médicos, cada equipo está liderado por un intensivista (“UCIólogo”) experimentado. A este, en forma piramidal, se le agregan 2-3 médicos no intensivistas, pero con alguna experiencia en cuidados críticos (neumólogos, cirujanos, emergenciólogos). El líder del grupo asiste en la toma de decisiones y evaluación, pero no necesariamente está al lado de todos los pacientes. De esta forma se explota la experiencia y el conocimiento de los intensivistas experimentados. Este modelo es muy común en el mundo de la medicina “académica”, donde residentes e internos reportan al médico a cargo, quien ayuda en el manejo y toma de decisiones. Para el personal de enfermería, se toma un concepto similar. Formando “pods” con una enfermera líder, con experiencia en cuidados críticos, a la cual se le asignan 3-4 enfermeras no especializadas en esta rama. El líder ayudará en el cuidado de los pacientes y sirve como guía para las enfermeras no especializadas. Estos modelos permiten expandir y explotar el conocimiento y especialidad del personal ya capacitado y experimentado, para incrementar los recursos de una manera eficiente, segura, y rápida.

- Diseñar un programa de dotación de cama y salas UCI sobre la base de la proyección del modelo, a escala de 15 días a un mes, para ir alcanzando el cierre de brecha.

Al respecto se propone aumentar la disponibilidad de camas censables y camas UCI de manera progresiva, atendiendo a las proyecciones de la demanda de pacientes de COVID-19. Sobre este punto, la OPS (2020) sugiere establecer un mecanismo de gestión centralizada de camas, el cual permitiría integrar la capacidad nacional, especialmente de cuidados críticos, de la red de hospitales del sistema. De esta manera se podría saber cuál es la disponibilidad diaria de camas censables y no censables, a fin de poder utilizar con mayor eficiencia los recursos.

- Continuar resolviendo modelos matemáticos haciendo ajustes y afinando los datos y resultados de las proyecciones acerca de la evolución del COVID-19 en el país.

En la medida que se obtiene más información sobre la enfermedad se pueden ajustar los parámetros del modelo epidemiológico y mejorar las predicciones sobre los escenarios de evolución de la enfermedad. Esta información ayudaría a orientar mejor a los tomadores de decisiones de política pública sobre el tipo de medidas de contención de la enfermedad, así como su duración. También puede ser muy útil en la definición de cuántos recursos se requieren para enfrentar la pandemia en un período de tiempo y poderse preparar con anticipación evitando el despilfarro.

- Apoyar a las empresas, universidades e instituciones que pueden aportar equipos y otros insumos necesarios.

Para ampliar la capacidad del sistema público de salud para enfrentar la pandemia de COVID-19 es importante involucrar a empresas, universidades y otras instituciones que puedan aportar conocimiento y recursos valiosos para este fin. Como ya se ha mencionado, estos actores pueden complementar los esfuerzos gubernamentales desarrollando innovaciones y brindando apoyo para dar solución de las necesidades más urgentes, tales como: el acceso a pruebas de COVID-19 e inmunidad al virus SARS-COVID-2 que sean asequibles y de calidad, la provisión de equipos de protección para el personal de salud, medicamentos, y equipos necesarios para la atención de pacientes, especialmente aquellos en condición crítica.

Bibliografía

- Bai, Y., Yao, L. Wei, T. (2020). Presumed asymptomatic carrier transmission of COVID-19. *Jama*. doi:10.1001/jama.2020.2565
- Baldwing, R. (26 de marzo de 2020). COVID-19 testing for testing times: Fostering economic recovery and preparing for the second wave. *VOX, CEPR Policy Portal. Research-based policy analysis and commentary from leading economists*. Recuperado en: <https://voxeu.org/article/testing-testing-times>
- Baldwing, T. y Weder di Mauro, B. (2020). *Mitigating the COVID-19 Crisis. Act fast and do whatever it takes*. London: CEPR Press, Centre for Economic Policy Research.
- Cosme, C., Cárdenas, R., Miyar, A. (1999). *Economía y Salud Conceptos, Retos y Estrategias*. La Habana: Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud.
- Cámara de Comercio e Industria de El Salvador (CAMARASAL). (2020). El 95% de las empresas reportan baja de ventas durante periodo de emergencia por COVID-19. *Camarasal*. Disponible en: <https://www.camarasal.com/noticias/1461-el-95-de-las-empresas-reportan-baja-de-ventas-durante-periodo-de-emergencia-por-covid-19>
- Casals, M., Guzmán, K., y Cayla, J. (2009). Modelos matemáticos utilizados en el estudio de las enfermedades transmisibles. *Rev. Esp. Salud Pública* [online]. 2009, vol.83, n.5, pp.689-695. ISSN 2173-9110.
- Campos Guevara, W.O. (2020). COVID-19: Análisis de las series de tiempo en países clave. San Salvador: Universidad de El Salvador (2020).
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2020). Interim U.S. Guidance for Risk Assessment and Public Health Management of Healthcare Personnel with Potential Exposure in a Healthcare Setting to Patients with Coronavirus Disease (COVID-19). CDC. Disponible en: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/guidance-risk-assesment-hcp.html>.

- Dewatripont, M.; Goldman, M.; Muraille, E.; y Platteau, J-P (2020). Rapidly identifying workers who are immune to COVID-19 and virus-free is a priority for restarting the economy. *VOX CEPR Policy Portal. Research-based policy analysis and commentary from leading economists*. Recuperado en: <https://tinyurl.com/rv9xrck>
- Dong, E., Hongru, D. y Gardner, L. (2020). An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *The Lancet Infectious Diseases*. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1)
- Gabinete de Salud (2020). *Situación del sistema de salud: capacidad instalada*. Documento de Trabajo. Gobierno de El Salvador, San Salvador, El Salvador (sin publicar).
- Gu, J., Han, B. and Wang, J. (2020). COVID-19: Gastrointestinal manifestations and potential fecal-oral transmission. *Gastroenterology*. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.02.054>
- Guan, Wei-jie, Zheng-yi Ni, Yu Hu, Wen-hua Liang, Chun-quan Ou, Jian-xing He, Lei Liu, Hong Shan, Chun-liang Lei, and David SC Hui. (2020). Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China, *New England Journal of Medicine*. doi: 10.1056/NEJMoa2002032
- Hernández Suarez, C. y González Farías, G. (2020). *Plan de reincorporación sostenible y controlada de la fuerza de trabajo para las empresas*. Documento sin publicar.
- Huang, Chaolin, Yeming Wang, Xingwang Li, Lili Ren, Jianping Zhao, Yi Hu, Li Zhang, Guohui Fan, Jiuyang Xu, and Xiaoying Gu. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China, *The Lancet*, 395: 497-506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)
- Instituto Salvadoreño del Seguro Social. (2019). *Inventario de los principales recursos humanos y físicos de salud del ISSS*. Subdirección de Salud, División de políticas y estrategias de salud, Departamento de atención y programación en salud. San Salvador, El Salvador (Sin publicar).

- Jasper Fuk-Woo Chan, Shuofeng Yuan, Kin-Hang Kok, Kelvin Kai-Wang To, Hin Chu, Jin Yang, Fanfan Xing, Jieliang Liu, Cyril Chik-Yan Yip, Rosana Wing-Shan Poon, Hoi-Wah Tsoi, Simon Kam-Fai Lo, Kwok-Hung Chan, Vincent Kwok-Man Poon, Wan-Mui Chan, Jonathan Daniel Ip, Jian-Piao Cai, Vincent Chi-Chung Cheng, Honglin Chen, Christopher Kim-Ming Hui, Kwok-Yung Yuen (2020). A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster, *The Lancet*, 395: 514-23. [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(20\)30154-9.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(20)30154-9.pdf)
- Li, Qun, Xuhua Guan, Peng Wu, Xiaoye Wang, Lei Zhou, Yeqing Tong, Ruiqi Ren, Kathy SM Leung, Eric HY Lau, and Jessica Y Wong. (2020). Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus–infected pneumonia, *New England Journal of Medicine*. DOI: 10.1056/NEJMoa2001316
- Liu, Yang, Li-Meng Yan, Lagen Wan, Tian-Xin Xiang, Aiping Le, Jia-Ming Liu, Malik Peiris, Leo LM Poon, and Wei Zhang. (2020). Viral dynamics in mild and severe cases of COVID-19, *The Lancet Infectious Diseases*. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30232-2](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30232-2)
- Liu, Ying, Albert A Gayle, Annelies Wilder-Smith, and Joacim Rocklöv. (2020). The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus, *Journal of Travel Medicine*, 27. <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa021>
- Maier, B. y Brockmann, D. (2020). Effective containment explains sub-exponential growth in confirmed cases of recent COVID-19 outbreak in Mainland China, *arXiv preprint arXiv:2002.07572*
- Matjasko, J.L., Cawley, J.H., Baker-Goering, M.M., Yokum Am, D.V. (2016). Applying behavioral economics to public health policy: Illustrative examples and promising directions *Prev Med*, 50: S13-Ss9. DOI: 10.1016/j.amepre.2016.02.007
- McIntosh, K. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19). *UpToDate. Hirsch MS, Bloom A (Eds.)*. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/coronavirus-disease-2019-covid-19-epidemiology-virology-clinical-features-diagnosis-and-prevention>

- Ministerio de Salud. (2018). Observatorio de recursos humanos en salud de El Salvador. Gobierno de El Salvador. Disponible en: <https://rrhh.salud.gob.sv/node/90>
- Montesinos-López, O., Hernández-Suárez, C. (2007). Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas. *Salud Pública Mex.* vol.49, no.3, pp. 218-226. Disponible en: <https://www.scielosp.org/pdf/spm/2007.v49n3/218-226>
- Navarro-Robles, E., Martínez-Matsushita, L., López-Molina, R., Fritz-Hernández, J., Flores-Aldana, B.A., Mendoza-Pérez, J.C. (2012). Modelo para estimación del comportamiento epidémico de la influenza A (H1N1) en México. *Rev Panam Salud Pública.* 31(4), pp. 269–274. <https://scielosp.org/article/rpsp/2012.v31n4/269-274/>
- Nussbaumer-Streit, B., Mayr, V., Dobrescu, AI., Chapman, A., Persad, E., Klerings, I., Wagner, G., Siebert, U., Christof, C., Zachariah, C., Gartlehner, G. (2020). Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID-19: a rapid review. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Issue 4. Art. n.º.: CD013574. DOI: 10.1002/14651858.CD013574
- Ogilvy, W., McKendrick, A. y Walker, G. (1997). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *The Royal Society Publishing*, 115, pp. 700–721. DOI: <http://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118>
- Organizacion Panamericana de la Salud. (2020). *Similitudes y diferencias entre la COVID-19 y la gripe*. Disponible en: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15760:similitudes-y-diferencias-entre-la-covid-19-y-la-gripe&catid=740&lang=es&Itemid=1926.
- Organización Panamericana de la Salud. (2020). Recomendaciones para la reorganización y ampliación progresiva de los servicios de salud para la respuesta a la pandemia COVID-19. OPS. Documento técnico de trabajo. Recuperado de: <https://tinyurl.com/vnp8d7j>
- Organización Panamericana de la Salud. (3 de abril de 2020). Directora de la OPS llama al sector privado a cooperar en la respuesta a la COVID-19 en las Américas. OPS. Recuperado de: <https://tinyurl.com/rfpevkq>

- Poletti, P., Ajelli, M. y Merler, S. (2011). The effect of risk perception on the 2009 H1N1 pandemic influenza dynamics, *PLOS ONE* 6(2): e16460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016460>
- Romer, P. y Shah, R. (2 de abril de 2020). Testing is our way out. *Wall Street Journal. Opinion*. Recuperado en: <https://www.wsj.com/articles/testing-is-our-way-out-11585869705>
- Rothe, C., Schunk, M., Sothmann, P., Bretzel, G., Froeschl, G., Wallrauch, C., Zimmer, T., Thiel, V., Janke, C and Guggemos, W. (2020). Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany. *New England Journal of Medicine*. DOI: 10.1056/NEJMc2001468
- Shen, Chenguang, Zhaoqin Wang, Fang Zhao, Yang Yang, Jinxiu Li, Jing Yuan, Fuxiang Wang, Delin Li, Minghui Yang, and Li Xing. (2020). Treatment of 5 Critically Ill Patients With COVID 19 With Convalescent Plasma, *Jama*. doi:10.1001/jama.2020.4783
- Sneader, K. y Singhal, S. (Marzo, 2020). Beyond coronavirus: The path to the next normal. *McKinsey and Company*. Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare-systems-and-services/our-insights/beyond-coronavirus-the-path-to-the-next-normal>
- Wang, Ying Liu, and Yuan Wei. (2020). Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study, *The Lancet*, 395: 507-13.
- Worldometer. (2020). South Korea. *Worldometer*. Disponible en: <https://www.worldometers.info/coronavirus/country/south-korea/>.
- Wu, Zunyou, and Jennifer M McGoogan. 2020. 'Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72 314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention', *Jama*. doi:10.1001/jama.2020.2648

Yu, Ignatius T.S., Yuguo Li, Tze Wai Wong, Wilson Tam, Andy T. Chan, Joseph H.W. Lee, Dennis Y.C. Leung, and Tommy Ho. (2004). Evidence of Airborne Transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome Virus, *New England Journal of Medicine*, 350: 1731-39. DOI: 10.1056/NEJMoa032867

Zhou, Fei, Ting Yu, Ronghui Du, Guohui Fan, Ying Liu, Zhibo Liu, Jie Xiang, Yeming Wang, Bin Song, and Xiaoying Gu. 2020. 'Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study', *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30566-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30566-3)

Misión de FUSADES

Ser un centro de pensamiento e investigación de alta credibilidad, que promueva el progreso económico y social de los salvadoreños, mediante el desarrollo sostenible, bajo un sistema democrático y de libertades individuales, incentivando el diálogo como mecanismo de búsqueda de acuerdos de país.

FUSADES Mission

To be a highly credible think and research center that promotes the economic and social progress of Salvadorans, through sustainable development, under a democratic system and individual liberties, encouraging dialogue as a mechanism for seeking country agreements.

Misión de Departamento de Estudios Sociales

Generar conocimiento y recomendaciones de política social, promover el diálogo y debate calificado, e incidir en acciones de contraloría social desde la sociedad civil.

Mission of the Department of Social Studies

Generate knowledge and recommendations of social policy, promote dialogue and qualified debate, and influence actions of social control from civil society.

Misión UFG

La formación de profesionales competentes, innovadores, emprendedores y éticos, mediante la aplicación de un proceso académico de calidad que les permita desarrollarse en un mundo globalizado.

UFG Mission

The training of competent, innovative, entrepreneurial and ethical professionals, through the application of a quality academic process that allows them to develop in a globalized world.

Misión del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación

Diseñar, promover y acompañar iniciativas, políticas, programas y proyectos académicos-empresariales para el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación que impacten en la productividad y competitividad de El Salvador.

Mission of the Institute of Science, Technology and Innovation

Design, promote and support academic-business initiatives, policies, programs and projects for the development of Science, Technology and Innovation that impact the productivity and competitiveness of El Salvador.