

El aporte de la Universidad Francisco Gavidia frente a los desafíos de la pandemia del COVID-19 en El Salvador

The contribution of Francisco Gavidia University to the challenges of the COVID-19 pandemic in El Salvador

Franklin Iván Argueta Bermúdez

Licenciado en Matemáticas por la Universidad de El Salvador.

Investigador del Centro de Modelaje Matemático "Carlos Castillo-Chávez" en la Universidad Francisco Gavidia.

fargueta@ufg.edu.sv

<https://orcid.org/0000-0001-9798-8120>

James Edward Humberstone Morales

Ingeniero en Ciencias de la Computación y Maestro en Informática Aplicada a Redes por la Universidad Francisco Gavidia.

Docente de la Facultad de Ingeniería y Sistemas e

Investigador del Centro de Modelaje Matemático "Carlos Castillo-Chávez" en la Universidad Francisco Gavidia.

jhumberstone@ufg.edu.sv

<https://orcid.org/0000-0001-6782-5347>

Fecha de recepción: 19 de julio de 2022

Fecha de aprobación: 03 de octubre de 2022

DOI:



RESUMEN

El Gobierno de El Salvador inició manejando la crisis sanitaria del COVID-19 con el método de prueba y error, lo cual es relativamente normal ante algo inesperado. Sin embargo, muchas de las decisiones y políticas públicas demandan tener un soporte científico y consensuado con todos los sectores del país. En este ensayo se presentan los aportes de investigación realizados por la Universidad Francisco Gavidia para ayudar en el manejo de la pandemia de COVID-19 en El Salvador, durante el periodo de febrero de 2020 a octubre de 2021.

Palabras clave: dinámica del COVID-19, observatorio, Cercos Epidemiológicos Inteligentes, respirador automatizado.

ABSTRACT

The Government of El Salvador began managing the COVID-19 health crisis with trial and error, which is relatively normal in the face of something unexpected. However, many decisions and public policies require scientific support and consensus with all sectors of the country. This essay presents the research contributions made by Francisco Gavidia University to help in the management of the COVID-19 pandemic in El Salvador, during the period from February 2020 to October 2021.

Keywords: COVID-19 dynamics, observatory, Intelligent Epidemiological Fences, automated respirator.

Introducción

En diciembre de 2019 la Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó un brote de neumonía desconocida en Wuhan, provincia de Hubei, China. El 7 de enero de 2020 las autoridades chinas identificaron un nuevo coronavirus responsable de dicho brote, y cinco días después China compartió la secuencia genética del nuevo coronavirus que se utilizó en el desarrollo de kits de diagnóstico específicos (OMS, 2020b, p. 1).

Al 21 de enero de 2020, la OMS reportó un total de 314 casos confirmados del nuevo coronavirus (COVID-19) a nivel mundial, siendo 309 en China, 2 en Tailandia, 1 en Japón y 1 en la República de Corea. Los casos de Tailandia, Japón y la República de Corea fueron personas que se contagiaron en la ciudad de Wuhan (China) e ingresaron en estos países (OMS, 2020b, p. 2). Un día después de este comunicado, El Salvador toma las primeras medidas de vigilancia y control en el aeropuerto y puntos de entrada aéreo, marítimo y terrestre (Ministerio de Salud [MINSAL], 2020c), debido a la alerta preventiva que hace la OMS ante el nuevo coronavirus.

Posteriormente, el Gobierno de El Salvador (GOES) crea la Sala de Situación, que se encargó de monitorear el avance de la pandemia a nivel mundial y estudiar los reportes emitidos por la OMS (GOES, 2020o).

El 31 de enero de 2020, la OMS declaró el brote de COVID-19 como una emergencia de salud pública de importancia internacional y compartió las recomendaciones temporales del Reglamento Sanitario Internacional asociadas a este virus (OMS, 2020c, pp. 7-8). En el mismo reporte se comunicó que había 9,826 casos confirmados incluidos 9 en la región de Norteamérica (OMS, 2020c, p. 3).

El 5 de febrero de 2020, ingresó al país un joven becario proveniente de la República Popular China, a quien se le aplicaron las recomendaciones que emitió la OMS en el Reglamento Sanitario Internacional (GOES, 2020i). Doce días después, el GOES anunció que está preparado para atender cualquier caso sospechoso de COVID-19 (GOES, 2020h).

Mientras tanto, en la Universidad Francisco Gavidia (UFG), los investigadores del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI) comenzaron a preguntarse cómo se podría contribuir en el manejo de la pandemia.

El 21 de febrero de 2020, el GOES realizó actividades para reforzar la prevención y postergar la llegada del virus que para esa fecha estaba afectando a 27 países en el mundo; se había realizado tamizaje aproximadamente a un cuarto de millón de personas por el tema febril en las doce Oficinas Sanitarias del país ubicadas en fronteras, aeropuertos y puertos (GOES, 2020d). Dos días después, el GOES construyó cerca del aeropuerto internacional de El Salvador la Unidad de Cuidados Especiales

para Pacientes Infectocontagiosos, para la atención de viajeros con sospechas de COVID-19 (GOES, 2020p).

El 25 de febrero de 2020, el presidente Nayib Bukele ordenó la prohibición de ingreso a pasajeros provenientes de Italia y Corea del Sur, para prevenir casos de coronavirus. Los connacionales y diplomáticos que vinieron de esos países tuvieron que pasar un período de 15 días en cuarentena (GOES, 2020f). Al siguiente día, el GOES informa que el período de cuarentena se extiende a 30 días para los connacionales que estuvieron en países donde ya circula el virus; también habilitó el número de teléfono 132 para que la población reporte cualquier problema de tipo respiratorio agudo (GOES, 2020l).

El 6 de marzo de 2020, el GOES decretó alerta amarilla en todo el país para prevenir la presencia del coronavirus. A esa fecha, hubo prohibición de ingreso de personas provenientes de China, Corea del Sur, Italia e Irán. El coronavirus ya estaba afectando a naciones del continente americano como Canadá, Estados Unidos, México, República Dominicana, San Martín, San Bartolomé, Ecuador, Chile, Brasil, Argentina, Colombia, Perú y Costa Rica (GOES, 2020m). Tres días después, se activó la Comisión Intersectorial de Salud, con el propósito de garantizar la efectiva intervención para preservar, mantener y recuperar la salud de las personas afectadas por el COVID-19 (GOES, 2020a). Por su parte la OMS informó que a la fecha hay 109,577 personas infectadas por COVID-19 a nivel mundial y 3,809 han fallecido a causa de la enfermedad (OMS, 2020a, p. 1). Según Healy (2020), el brote de la pandemia ha demostrado la ineficacia del suministro de equipos médicos vitales, incluidos los respiradores mecánicos.

La carencia mundial de respiradores mecánicos desencadenó numerosos esfuerzos para desarrollar soluciones alternativas en todos los países. A partir de este momento, los investigadores de la Universidad Francisco Gavidia en El Salvador (UFG), comienzan a desarrollar un prototipo que ayude al paramédico a llevar aire a los pulmones de una manera más eficiente, a través de automatizar una bolsa ambú (*airway mask bag unit*, por sus siglas en inglés, o unidad de máscara de vía aérea).

El 11 de marzo de 2020, el director de la OMS declara como pandemia a la enfermedad COVID-19, que a esa fecha registró 118,319 casos en 114 países (OMS, 2020d, p.1). Tras esta declaración y la necesidad de establecer protocolos para retrasar el avance en El Salvador y ganar tiempo para prepararse, el presidente Nayib Bukele convoca al Consejo de Ministros para decretar: 1) Prohibición de entrada de extranjeros, 2) Suspensión de actividades escolares por 21 días (GOES, 2020g). Dos días después, el GOES decretó alerta roja en todo el territorio nacional a causa de la evolución del COVID-19; se suspendieron todos los eventos públicos y privados. Es importante mencionar que todavía no había casos confirmados de la enfermedad en El Salvador (GOES, 2020b).

El 16 de marzo de 2020, el GOES anunció nuevas medidas para el combate de la pandemia, entre ellas: 1) El estado de emergencia y 2) La ley de restricción temporal de derechos constitucionales

concretos para atender la emergencia de COVID-19; esto además de comunicar el inicio de la construcción del Hospital El Salvador (GOES, 2020e). Un día después, el GOES anunció el cierre del aeropuerto internacional de El Salvador por 15 días prorrogables, y la suspensión del servicio a la mesa en restaurantes y cafeterías; solo se permitía la venta de comida para llevar o a domicilio (GOES, 2020j).

Debido a que todo connacional que ingresara al país por cualquiera de las fronteras debía pasar 30 días en cuarentena, algunos connacionales decidieron ingresar por puntos ciegos para evitarla; es así que ingresó un connacional infectado con el nuevo coronavirus al territorio nacional. El 18 de marzo de 2020, el GOES anunció en cadena nacional el primer caso confirmado de COVID-19 en El Salvador, ubicado en el municipio de Metapán, departamento de Santa Ana; inmediatamente se ordenó realizar un cordón sanitario en dicha localidad (Guzmán, 2020a).

Dos días después, el GOES comunicó de dos nuevos casos de COVID-19 (GOES, 2020c) y el 21 de marzo de 2020 el MINSAL decretó cuarentena domiciliar obligatoria en todo el territorio nacional por los siguientes 30 días (MINSAL, 2020a). El presidente Nayib Bukele en la cadena nacional informó que se entregaría un bono de USD 300.00 para la compra de alimentos para hogares que consumen menos de 250 KVh al mes, y además explicó la dinámica de contagio de COVID-19 por medio de una “progresión matemática” de la forma 3×2^n , para los días $n=0,1,2,3,5,\dots$ (asumiendo que el número de casos se duplica cada 3 días), logrando un crecimiento exponencial con una proyección de 3,145,728 personas infectadas en los próximos dos meses (Bukele, 2020a); justificando así la adopción obligatoria e inmediata de la cuarentena domiciliar. Sin embargo, esta proyección fue considerada por médicos e investigadores nacionales como poco probable, debido a la adopción de las medidas de contención implementadas con anterioridad y que restringieron la movilidad de las personas. Los investigadores del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), de la UFG, propusieron crear un espacio académico científico para monitorear la evolución del COVID-19 en el país, con la finalidad de incidir en el diseño de las políticas públicas, al que se llamó Observatorio COVID-19.

El 29 de marzo de 2020 inició la entrega del bono de USD 300.00 a las familias seleccionadas. Sin embargo, la situación se salió de control porque las opciones habilitadas para consultar si una familia es beneficiaria se saturaron y las personas se aglomeraron en los Centros de Atención por Demanda (CENADE) para realizar las consultas y solicitar la entrega del bono (Guzmán, 2020b). El 31 de marzo de 2020, el presidente Nayib Bukele (2020b), anunció el primer fallecido por causa del COVID-19.

El 5 de abril de 2020, el presidente Nayib Bukele comunicó que la cuarentena domiciliar obligatoria se extendería 15 días más. Además, ordenó a los cuerpos de seguridad ser más duros con las personas que incumplan la disposición. Varias organizaciones exhortaron al presidente a respetar los derechos humanos (Asociación de Radiodifusión Participativa de El Salvador [ARPAS], 2020).

El 6 de mayo de 2020, el MINSAL (2020b), decretó que la cuarentena domiciliar obligatoria se extendería hasta el 21 de mayo de 2020. Sin embargo, se amplió hasta la segunda semana de junio de 2020, debido a que la Sala de lo Constitucional de la Corte Suprema de Justicia (CSJ) de El Salvador emitió la sentencia I21-2020 donde estableció que los decretos (11 ejecutivos emitidos por el GOES y 2 legislativos emitidos por la Asamblea Legislativa [AL] de El Salvador) para el manejo de la pandemia del COVID-19 son inconstitucionales por contener vacíos legales (CSJ, 2020, pp. 82-83). En la misma sentencia, la Sala de lo Constitucional ordenó 4 días de cuarentena obligatoria mientras el GOES y la AL establecían un nuevo acuerdo sobre cómo enfrentar la pandemia que incluyese un marco legal que respete los derechos humanos. La vigencia de ese tiempo terminó el 12 de junio de 2020 sin acuerdo entre el GOES y la AL (Escobar, 2020).

El 16 de junio de 2020, inició la fase uno de cinco de la reapertura económica en El Salvador (GOES, 2020k, p.2). En el decreto ejecutivo 31 se establecieron los protocolos sanitarios para garantizar los derechos a la salud y a la vida de las personas en el proceso de reactivación gradual de la economía.

Dos semanas después de la reapertura económica, el GOES informó que el número total de casos confirmados era de 7,777 y 217 habían fallecido a causa de la enfermedad. Es decir, se triplicaron los contagios y quintuplicaron el número de fallecidos (GOES, 2020k, p.2), debido a esto se amplió a 15 días más la fase uno de la reapertura económica.

Al 5 de julio de 2020, el departamento de San Salvador acumuló 3,647 casos confirmados, y el departamento de La Libertad, el segundo con mayor población, 539 casos confirmados. El municipio de San José Villanueva, ubicado en el departamento de La Libertad, siendo uno de los municipios más pequeños con 32.52 km², había registrado 10 casos confirmados. El municipio es considerado como "municipio dormitorio" debido a que la mayoría de sus habitantes salen a trabajar y/o estudiar a los municipios aledaños, principalmente a Santa Tecla y San Salvador, y retornan al final del día para descansar.

El alcalde del municipio, preocupado porque sus habitantes se conviertan en vectores de transmisión, firmó una carta de entendimiento con el ICTI-UFG por medio del Centro de Modelaje Matemático "Carlos Castillo-Chávez" (CMMC3), para aplicar una estrategia focalizada en su municipalidad para el manejo de la pandemia. De esta manera el ICTI-UFG lanzó el proyecto de Cercos Epidemiológicos Inteligentes (CEI), tratándose de una estrategia "educativa, comunicativa y tecnológica" que tuvo tres componentes: a) Mapa interactivo, el cual se cargó con encuestas levantadas y auto aplicadas, a través de las cuales los ciudadanos del municipio conocieron los riesgos geo localizados; b) Una campaña de educación en negocios y viviendas del municipio para identificar riesgos; y c) Entrega de protocolo doméstico de bioseguridad y un *kit* de mascarillas y alcohol gel (donado por la empresa privada).

Según los datos oficiales reportados por el MINSAL¹, el año 2020 terminó con 46,515 casos confirmados, de los cuales 1,327 fallecieron; el año 2021 terminó con 3,823 fallecidos de 121,976 casos confirmados.

El 21 de diciembre de 2021, durante una entrevista en el canal de televisión estatal, el ministro de Salud dijo que El Salvador no podrá detener la llegada de la variante ómicron del COVID-19, ni su rápida dispersión; por lo que el MINSAL se limitará a realizar las intervenciones necesarias para disminuir su efecto y, por tanto, no se aplicarán medidas para evitar el ingreso de turistas durante las festividades de Navidad y fin de año (Villarroel, 2021). Tres días después el presidente de El Salvador publicó en Twitter que “los contagios de COVID-19 han caído a su punto más bajo desde el 4 de mayo de 2020” y añadió que “Nunca antes había sido tan difícil encontrar contagios, es difícil encontrarlos aún en los griparios de los hospitales” (Bukele, 2021). Sin embargo, los médicos infectólogos Iván Solano² y Jorge Panameño³ advirtieron que los casos de COVID-19 aumentaron en dicha semana (López, 2021). Además, Jorge Panameño lamentó que no hubiera ningún tipo de control por parte de las autoridades migratorias del país, ya que no se pidió cartilla de vacunación completa ni pruebas negativas al COVID-19, que son medidas que sí tomaron otras naciones para vigilar de cerca la presencia de ómicron u otra variante con la meta de proteger a sus poblaciones. (*ibídem*).

Debido a la discrepancia entre los datos sobre la evolución del COVID-19 reportados por el MINSAL y los médicos del sector privado, el CMMC3 sigue monitoreando el dinamismo del COVID-19 en el país y generando modelos matemáticos para presentar escenarios que ayuden en la gestión de la pandemia y a la creación de políticas públicas en El Salvador.

Iniciativas de investigación desarrolladas por la UFG ante la crisis del coronavirus

La UFG, por medio del ICTI, tiene como principal objetivo 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 desde el modelo STEAM.

Durante los años 2020 y 2021, el ICTI desarrolló varios modelos matemáticos SEIR para presentar diferentes escenarios sobre la evolución del COVID-19 en el país. Además, diseñó el respirador ambú automatizado *Ejékat* (viento, en náhuatl), incidió en la realidad del país con artículos y programas de

1 Datos oficiales reportados por el Ministerio de Salud (MINSAL) se encuentran disponibles en el sitio web <https://covid19.gob.sv>

2 Perfil del doctor Iván Solano disponible en https://medicosdeelsalvador.com/Detailed/Medicina/Infect_logos/Dr._Iv_n_Ernesto_Solano_Leiva_1114.html

3 Perfil del doctor Jorge Panameño disponible en el directorio médico https://medicosdeelsalvador.com/Detailed/Medicina/Infect_logos/Dr._Jorge_Paname_o_2679.html

opinión, creó el Observatorio COVID-19, aplicó la estrategia de Cerco Epidemiológico Inteligente (CEI) en cinco municipios, realizó varias publicaciones especializadas sobre el COVID-19, entre otros.

A continuación, se presentarán los principales proyectos y sus resultados:

1. *Ejékat*: un ambú automatizado

Un resucitador manual, ambú, es un dispositivo utilizado para suministrar ventilación para aquellos pacientes que no respiran adecuadamente. Normalmente se encuentran en cualquier *kit* de emergencia en un hospital.

Según Picardo (Benítez, 2020) los estudiantes de medicina son los encargados de ambucear, como se puede apreciar en la Figura 1, mientras se dispone de un espacio para usar un ventilador mecánico, que puede suceder tras varias horas de espera.

Figura 1

Ilustración de personal médico proporcionando ventilación manual por medio de un ambú.

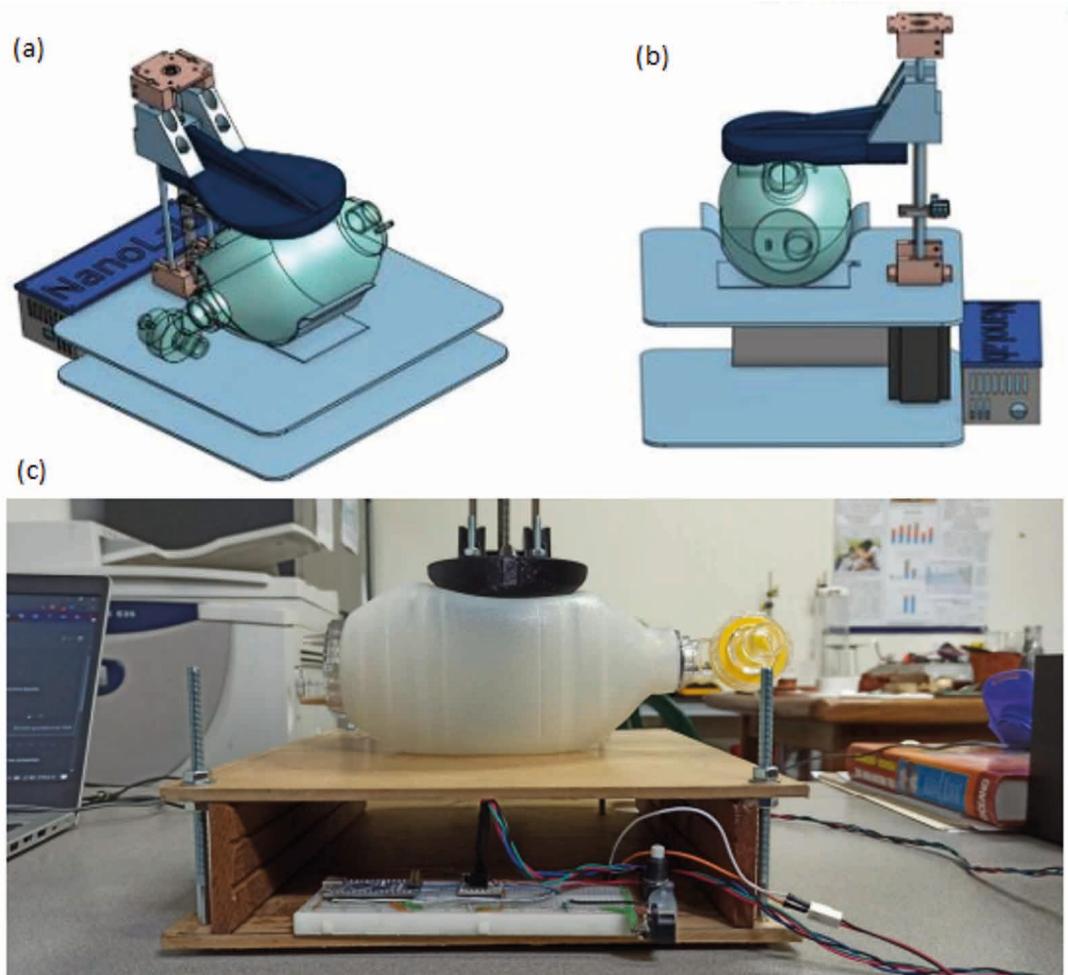


Fuente: elaboración propia.

La velocidad con la que el COVID-19 recorría los diferentes países despertó las alarmas en distintas universidades de la región, y surgió la necesidad de crear soluciones de bajo costo. A principios de marzo de 2020, cuando el GOES decretó alerta amarilla en todo el país para prevenir la presencia del coronavirus, el equipo de investigadores del ICTI inició el desarrollo del primer prototipo de un ambú automatizado en El Salvador. En poco tiempo se logró hacer que una mano artificial empezara a presionar la bolsa de aire (ibídem). En la Figura 2 se muestra un collage con: (a) El diseño del prototipo elaborado en la plataforma Onshape en una vista frontal a 45°; en (b) El diseño del prototipo en vista lateral; y en (c) Una fotografía del prototipo ensamblado.

Figura 2

Collage de imágenes sobre el diseño del primer prototipo del ambú automatizado.



Nota: las imágenes (a) y (b) corresponden al diseño del primer prototipo realizado en la plataforma Onshape por el Ing. Wolfgang Buescher, investigador del Laboratorio de Nanotecnología (NanoLab) de la UFG. La imagen (c) corresponde al primer prototipo artesanal, elaborado con un soporte de madera, tornillos, y piezas elaboradas en impresora 3D y una placa de Arduino nano.
Fuente: elaboración propia.

En las próximas dos semanas, el prototipo artesanal se difundió por las redes sociales y nuevos actores se sumaron en el trabajo que se estaba realizando. Varios ofrecieron equipos, tornos y personal. Incluso, el GOES volvió a ver y asesoró algunas de las etapas a través del MINSAL y la Secretaría de Asuntos Estratégicos (*ibídem*). De esta manera, se comenzó a idear un prototipo de fácil fabricación industrial. En su versión industrial, el prototipo tiene una carcasa de 1.5 metros de alto por 0.5 metros de ancho,

espacio para dos respiradores, una pantalla digital que ayuda a revisar todos los parámetros necesarios del equipo y de los pacientes.

El prototipo industrial fue una sinergia liderada por la UFG y apoyada por Termoencogibles S.A. de C.V para la gestión del proyecto, así como diferentes proveedores de servicios especializados como IDSA (provisión e integración de equipos industriales), Servicios Industriales Carranza (fabricación digital de piezas metálicas acorde a diseño).

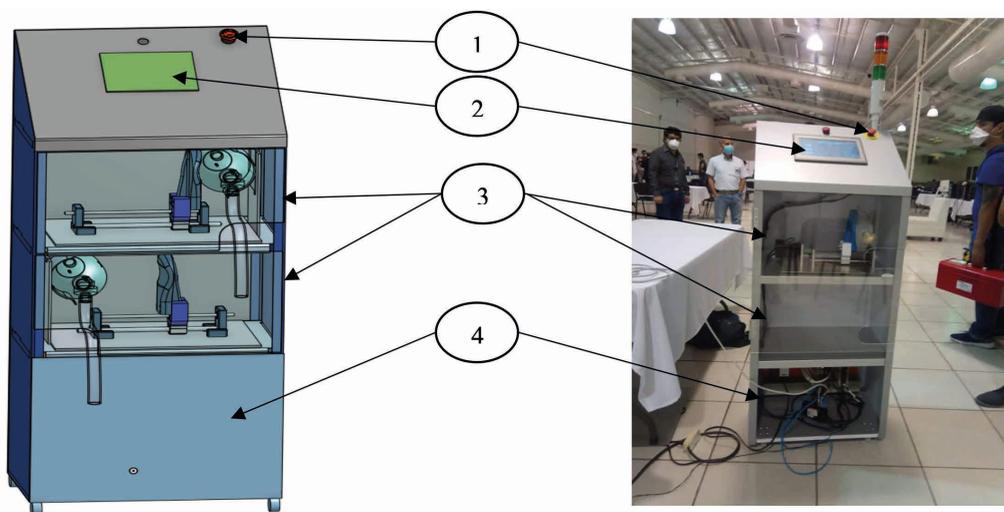
Los principales objetivos que se buscaron fueron:

- a) Diseñar y construir un prototipo que proporcione ventilación forzada a pacientes, mediante la automatización de una bolsa de emergencia AMBU, eliminando el error humano al presionar con irregularidad, y reduciendo la fatiga de un paramédico, liberando la estancia obligatoria del mismo durante la terapia (...) y b) Desarrollar en El Salvador, dichos resucitadores automatizados de bajo costo, que pueden ser producidos mediante recursos y conocimientos localmente disponibles, en pequeños lotes de hasta 100 unidades (UFG, 2020, p. 8).

En la Figura 3 se puede apreciar la disposición general del prototipo.

Figura 3

Disposición general del prototipo Ejékat.



Nota: a la izquierda se encuentra la disposición general del prototipo Ejékat integrado. Los números indican la ubicación de los principales componentes funcionales 1) interruptor de emergencia; 2) pantalla táctil HMI; 3) espacio para 2 actuadores mecánicos; 4) ubicación de los módulos eléctricos y electrónicos. Carcasa de material compuesto de aluminio (ACM); dimensiones totales: 550 x 340 x 1310 mm. A la derecha se encuentra una fotografía del prototipo durante la presentación a autoridades del GOES. Para más detalles consultar el documento EJEKAT-SPECS-V3 (UFG, 2020).

Fuente: elaboración propia.

Entre los resultados más relevantes se puede mencionar: 1) El prototipo fue presentado al GOES; 2) Cobertura de múltiples reportajes en prensa y noticieros locales, y medios extranjeros como Telemundo y CNN en español; 3) Presentación del prototipo en la KEYNOTE de la conferencia virtual ONSHAPE LIVE 21, el prototipo fue presentado como caso de éxito por Jim Heppelman CEO of PTC; y 4) Registro de diseño industrial concedido a la UFG, por el Departamento de Patentes del Centro Nacional de Registros de El Salvador.

2. Observatorio COVID-19

El Gobierno de El Salvador inició manejando la crisis sanitaria del COVID-19 con el método de prueba y error, lo cual es relativamente normal ante algo inesperado. Sin embargo, muchas de las decisiones y políticas públicas demandan tener un soporte científico y consensuado con todos los sectores del país. Por otro lado, el país estaba experimentando una tensión entre el Órgano Ejecutivo y el Órgano Legislativo, al que se sumó el Órgano Judicial ya que se puso en riesgo el Estado de Derecho y el cumplimiento de los Derechos Humanos.

Luego de la “progresión matemática” de la forma 3×2^n (Bukele, 2020a) que utilizó el GOES para explicar la dinámica de contagio de COVID-19, y de las críticas a dicha progresión por parte de médicos e investigadores, surgió la idea de formar un espacio académico y científico para observar el desarrollo de la pandemia del COVID19 en El Salvador y proponer datos, investigaciones, conocimientos y soluciones en base a conocimiento científico, con la finalidad de incidir en el diseño de las políticas públicas. Este espacio se denominó Observatorio COVID-19 (<https://observatoriocovid19.sv/>).

Para la creación del observatorio, la Universidad Francisco Gavidia (UFG) realizó cooperaciones con la Escuela Superior de Economía y Negocios (ESEN), la Universidad de El Salvador (UES), la Universidad José Matías Delgado (UJMD), la Fundación para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES); y SVNet.

El observatorio incluye artículos de opinión e investigación en los ejes temáticos de: modelos matemáticos, epidemiología, economía, políticas públicas y derechos fundamentales. Adicionalmente cuenta con las secciones de: epidemiología para ciudadanos e iniciativas.

El 3 de abril de 2020, el observatorio realizó una conferencia de prensa para dar a conocer su primer estudio titulado “El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas”, con la finalidad de presentar escenarios y brechas en los recursos (material y humano) del sistema de salud de El Salvador, con base a los resultados obtenidos de modelos matemáticos aceptados por la comunidad científica internacional y no de competir con las proyecciones y escenarios presentados por el GOES en cadena nacional. En el estudio se presentaron tres escenarios (optimista, moderado y crítico) sobre la evolución del COVID-19 a 60 días de haberse confirmado el primer caso de infección por la enfermedad. La

metodología utilizada se basó en un modelo matemático determinístico SEIR, donde se dividió a la población en los compartimientos: susceptibles, expuestos, infectados y recuperados. Los resultados obtenidos en los escenarios permitieron realizar una comparación entre la capacidad instalada de camas, camas en las UCI y personal médico disponible en el sistema de salud, y la cantidad proyectada que se requeriría para atender a los pacientes de COVID-19 según lo proyectado.

El estudio concluyó que el escenario más real –a 60 días desde el inicio– que enfrentaría El Salvador oscilaría entre los siguientes datos: a) Lo moderado: 5,175 infectados, de los cuales 1,965 personas serían hospitalizadas, 167 pasarían a cuidados intensivos y podrían fallecer nueve personas; y b) Lo crítico: 62,710 infectados, de los cuales 16,926 personas serían hospitalizadas, 1089 pasarían a cuidados intensivos y podrían fallecer 34 personas (Observatorio COVID-19, 2020a, p. 38).

En la Tabla 1 se muestra la brecha entre la capacidad instalada en el sistema de salud y lo requerido según las proyecciones del escenario crítico.

Tabla 1

Capacidad instalada en sistema de salud versus la capacidad requerida según el escenario crítico en 60 días.

	Actual	Escenario crítico: 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	2,821	766
Intensivistas	60	272	-213
Enfermeras	4,605	4,232	374

Fuente: Observatorio COVID-19 (2020a, p. 30).

Finalmente, el estudio recomendó: 1) Crear un programa de “identificación de inmunidad” para reconvertir la fuerza productiva y no paralizar la economía; 2) Crear un programa de especialización médica, rápido y eficaz de capacitación de intensivistas, para neumólogos, internistas, etc. para ir cerrando la brecha; 3) Continuar corriendo modelos matemáticos para hacer ajustes, afinar los datos y resultados; y 4) Realizar la mayor cantidad de pruebas PCR para identificar infectados e inmunes (Observatorio COVID-19, 2020a, p. 39).

Acatando la tercera recomendación del primer estudio, el 8 de abril de 2020 se presentó el segundo estudio titulado “El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas. 2ª simulación a 90 días”; debido a que se tenían más datos acerca de los casos de infección confirmados, se pudo ajustar los parámetros del modelo. Al comparar los resultados de este estudio con el primero se concluyó: 1) Disminuyen las necesidades de modo generalizado, pero se mantienen las brechas de salas UCI

y médicos intensivistas; 2) Hay menos presión para planificar, pero existen necesidades urgentes, el mayor reto es equipar las salas UCI para disminuir el impacto en decesos (Observatorio COVID-19, 2020b, p. 14).

El 19 de mayo de 2020, se presentó el tercer estudio titulado “El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas. 3ª simulación a 90 días”; en este estudio se calibró y ubicó mejor los escenarios posibles de la evolución de la pandemia en El Salvador, con base a los dos ejercicios anteriores con fecha del 4 y 8 de abril (60 y 90 días). Por tanto, no se consideran diversos escenarios (optimista, moderado y crítico) pues se ajustó con los datos oficiales presentados por el GOES. Las conclusiones del estudio plantearon tres hipótesis para su futura discusión: 1) La cuarentena domiciliar obligatoria no ha tenido el impacto esperado; 2) La cuarentena ayudó a que el crecimiento de nuevas infecciones por COVID-19 se haya desarrollado a un ritmo menor; y 3) Posiblemente exista un problema en los tiempos y efectividad en la aplicación y reporte de las pruebas. Además, se concluyó que con los datos presentados en este modelo, el sistema de salud “no colapsa”; y, por tanto, se cree que el proyecto de convertir el Centro Internacional de Ferias y Convenciones (CIFCO) en el nuevo Hospital Nacional El Salvador debe revisarse, ya que las medidas de contención del coronavirus han ampliado el margen de maniobra para responder a la emergencia (Observatorio COVID-19, 2020c, p. 16).

Finalmente, el tercer estudio recomendó “analizar la posibilidad para que laboratorios privados puedan aplicar pruebas PCR y así aumentar la capacidad de identificar contagiados –particularmente en centros de contención– y, a la vez podamos acercarnos al proceso de vuelta a la normalidad con más certeza” (Observatorio COVID-19, 2020c, p. 17).

El 30 de mayo de 2020, se presentó el cuarto estudio titulado “El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas. 4ª simulación: escenarios de apertura y nuevos riesgos”. El objetivo fue valorar las consecuencias de las medidas de contención y la fecha para la reapertura económica. Los resultados mostraron que una reapertura temprana y sin plan podría generar un colapso del sistema de salud; y que una reapertura tardía podría agravar la crisis económica. De lo anterior, se concluyó que: 1) La reapertura debe ser inteligente, controlada y bien planificada; 2) Más que la fecha, lo importante es la forma de aislamiento con la que se regrese a la normalidad; 3) El impacto económico de 30 días más de cuarentena tendría consecuencias irreversibles para el sistema productivo del país (Observatorio COVID-19, 2020d, p. 18).

Finalmente, el cuarto estudio recomendó: 1) Contar con un marco legal que regule la vuelta a la normalidad; y 2) Crear una mesa técnica o comisión con participación de la academia, médicos, economistas y planificadores para diseñar un plan de vuelta a la normalidad, más allá de cualquier fecha (Observatorio COVID-19, 2020d, p. 20). El 14 de junio de 2020, el GOES emitió el decreto ejecutivo 31 en el cual se establecieron los protocolos sanitarios para garantizar los derechos a la salud y a la vida de las personas en el proceso de reactivación gradual de la economía. Sin embargo, la

elaboración de dicho decreto no contó con la participación de la academia, ni de médicos del sector privado, ni de economistas.

Para ayudar en la planificación de la reapertura en los comercios y las empresas, se desarrolló la iniciativa 5VID: fue una aplicación móvil diseñada para facilitar la vuelta a la normalidad en las instituciones, bajo el principio de identificación de sujetos inmunes o no contagiados de COVID-19, para determinar los empleados que regresan de forma presencial a sus labores y los empleados que se mantienen en modalidad de teletrabajo.

El 7 de junio de 2020, medios informativos nacionales expusieron el Memorándum 2020-9200-200⁴ con el asunto de “Indicaciones recibidas para dar respuesta ante emergencia COVID-19 como departamento de Laboratorio de Salud Pública”, como una evidencia de manipulación de los datos sobre el COVID-19 reportados por el GOES. En el memorándum se evidencian al menos tres hechos relevantes: a) Una preocupación genuina y profesional sobre el manejo de la información de parte de la Jefa de Laboratorio de Vigilancia en Salud Pública y de la Coordinadora de virología; b) El uso político de las estadísticas conforme a criterios que no son epidemiológicos y no contribuyen a la información de la ciudadanía; y c) El involucramiento de asesores de Casa Presidencial que no poseen las capacidades y competencias técnicas, médicas ni epidemiológicas para la toma de decisiones respecto a la contención del COVID-19 (Observatorio COVID-19, 2020f, p. 1).

El 9 de junio de 2020, el Observatorio COVID-19 se pronunció al respecto de dicho memorándum y solicitó: 1) A las autoridades de Salud, realizar un tratamiento estadístico serio, riguroso, profesional y epidemiológico a la altura ética de las necesidades científicas y de la población; 2) A la comunidad académica, a estar pendiente de los diversos sistemas de monitoreo independientes, con rigor científico; 3) A la ciudadanía, a estar atenta y a ser crítica con la información recibida, tanto de fuentes oficiales como alternativas, sobre todo evitando difundir cifras falsas o manipuladas; y 4) A las autoridades a ser transparentes en el uso de la información estadística, ya que esta es crucial para la toma de decisiones, para la reapertura ordenada y segura de la economía y para el acervo científico de El Salvador (Observatorio COVID-19, 2020f, p. 2).

Un día después, se presentó el quinto estudio titulado “El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas. 5^a Informe: mejores pronósticos”, que es un resumen de los primeros cuatro estudios, con los objetivos de: a) Presentar datos y análisis que puedan servir de insumo en la definición de políticas públicas basadas en evidencia; b) Informar a la población sobre el avance de la pandemia; y c) Generar información confiable y válida para la discusión y debate público y académico. Los resultados de los primeros cuatro estudios pudieron ser utilizados para planificar las políticas públicas

4 El Observatorio COVID-19 tiene una copia del memorándum 2020-9200-200 en su biblioteca, y está disponible en https://observatoriocovid19.sv/doc/biblioteca/nac/1_5109619036094726358.pdf

de salud y necesidades hospitalarias, pero no fueron tomados en cuenta por el GOES (Observatorio COVID-19, 2020e, p. 14).

Entre los resultados más relevantes del esfuerzo del Observatorio COVID-19, se pueden mencionar: 1) La publicación de cinco estudios sobre la dinámica del COVID-19, seis boletines, 58 artículos y dos calculadoras interactivas; 2) La integración de la calculadora epidemiológica SEIR, en la plataforma de monitoreo del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres en América Central y República Dominicana (CEPREDENAC)⁵. La calculadora se encuentra vinculada en la sección de COVID-19; 3) La publicación de eBook “El Salvador y el COVID19: modelos matemáticos, datos y perspectivas”⁶.

Para conocer más acerca del Observatorio COVID-19, puede consultarse el enlace: <https://observatoriocovid19.sv/>

3. Cercos Epidemiológicos Inteligentes

El 4 de julio de 2020, el municipio de San José Villanueva (SJV), ubicado en el departamento de La Libertad tenía 10 casos confirmados de COVID-19 según los datos oficiales reportados por el MINSAL; sin embargo, la unidad de salud del municipio reportó tres casos... entonces ¿Cuál dato era el correcto?

El municipio de San José Villanueva se encuentra en vías de desarrollo, tiene una extensión territorial de 32.52 km²; de la cual el 99 % corresponde al área rural y 1 % al área urbana. Además, cuenta con una población aproximada de 13,576 habitantes (densidad de 417 habitantes por km²); para su administración el municipio se encuentra dividido en cinco cantones y 15 caseríos.

Luego de tres meses de duración de la cuarenta domiciliar obligatoria, y una serie de episodios que afectaron los resultados de la misma para aplanar la curva de contagios (por ejemplo: las aglomeraciones en la entrega de bonos de USD 300.00 anunciado por el presidente Nayib Bukele, las aglomeraciones en la entrega de insumos agrícolas, los contagios de los reos en centros penales y de adultos mayores en el asilo Sara, además de los contagios de niños y jóvenes en los albergues del Instituto Salvadoreño Para el Desarrollo Integral de la Niñez y la Adolescencia- ISNA), muchas personas consideraron que las cuarentenas son imperfectas y se preguntaron ¿vale la pena otra cuarentena?, ¿qué se puede hacer?

5 La calculadora integrada a la plataforma de CEPREDENAC se puede consultar en el enlace <https://plataformaregional.cepredenac.org/portal/opsdashboard/index.html#/34923cd9a6dd48b08c5a34b5c65c8b3e>

6 El Salvador y el COVID-19: modelos matemáticos, datos y perspectivas disponible en https://observatoriocovid19.sv/doc/Libro_covid19_ebook.pdf

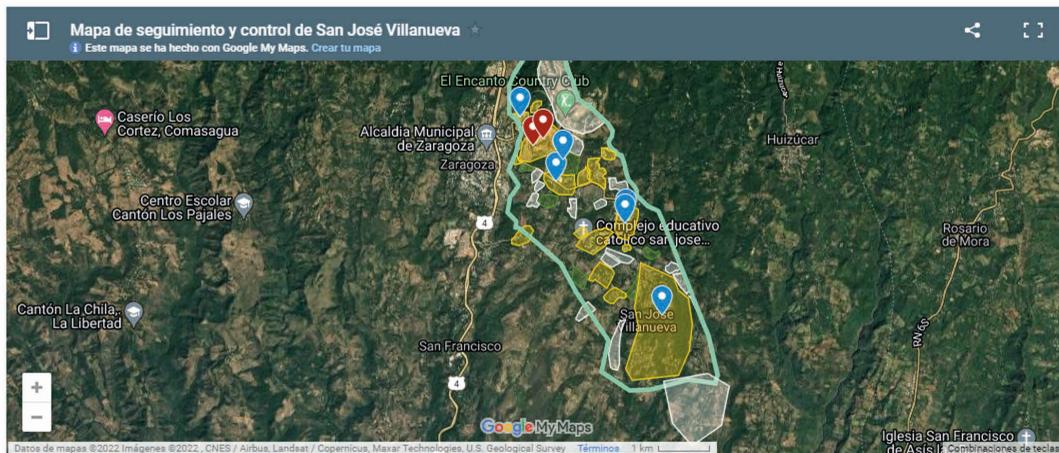
El alcalde del municipio buscó controlar los casos de COVID-19 en su municipalidad debido a que el número de casos era manejable; para lograr este desafío realizó un convenio con la UFG por medio del CMMC3. Las metas del convenio fueron: 1) Crear un equipo interdisciplinario epidemiológico de trabajo municipal para controlar la reproducción de los casos de contagio; 2) Crear una base de datos propia de la municipalidad que incluyese la geolocalización de los casos confirmados para establecer zonas de riesgo; y 3) Lanzar y sostener durante un mes una campaña educativa (Picardo, 2020b, p. 3). De esta manera se diseñó e implementó en el municipio la estrategia de Cercos Epidemiológicos Inteligentes (CEI).

Según el Observatorio COVID-19 (2020b), la estrategia de CEI fue “educativa, comunicativa y tecnológica” y tuvo tres componentes: a) Un mapa interactivo con los riesgos geo localizados (ver Figura 4); b) Una campaña de educación en los negocios y viviendas del municipio para identificar los riesgos; y c) Entrega de protocolo de bioseguridad (donado por la empresa privada). La estrategia se basó en los principios básicos de educación y uso correcto de la información. Las herramientas utilizadas se orientaron a cambiar los comportamientos y hábitos de la gente.

Figura 4

Mapa interactivo de seguimiento y control en el municipio San José Villanueva.

Identificadores: Verde: Lugar seguro / persona expuesta no contagiada · Amarillo: Lugar riesgoso / persona sospechosa · Rojo: Lugar peligroso / persona infectada · Azul: Persona recuperada de COVID19 · Negro: Deceso asociada a COVID19



Nota: el municipio de SJV se encuentra delimitado por la línea de color verde. Las áreas en amarillo representan un lugar riesgoso debido a la presencia de casos sospechosos que pudieron convertirse en nuevas infecciones de COVID-19 por lo que se les vigiló.

Fuente: <https://observatoriocovid19.sv/laboratorioCEIsanJoseVillanueva.html>

El 13 de julio de 2020 inició oficialmente la implementación de CEI en el municipio; tres días después se había realizado el levantamiento de datos correspondiente a 737 hogares dando como resultado los siguientes hallazgos: tres casos infectados, 201 casos sospechosos (debido a nexos epidemiológicos o porque la persona presentaba síntomas y no seguía las medidas de bioseguridad) y cinco recuperados;

se identificaron seis lugares de riesgo debido a casos sospechosos en la zona. Por su parte la unidad de salud del municipio registró dos decesos y ocho casos infectados (Picardo, 2020a).

El 18 de julio de 2020, la base de datos contaba con los registros de 1,668 hogares y se identificó dos residenciales como zonas peligrosas debido a la cantidad de contagios y casos sospechosos que comenzaron a ser altos respecto a la línea base. Además, se identificaron cuatro zonas de riesgo, debido a la acumulación de casos sospechosos y algún caso de contagio en la zona (Picardo, 2020c).

Al 30 de julio de 2020, la base de datos contaba con 2,199 hogares encuestados y se identificó un total de 75 habitantes contagiados y 27 habitantes recuperados (Picardo, 2020d). A partir del 3 de agosto de 2020, se inició el segundo levantamiento de datos con el objetivo de analizar las brechas y valorar si se mejoró o no la situación luego de las campañas realizadas, las visitas y entregas de kit de bioseguridad. Durante el desarrollo de esta fase, los alcaldes de los municipios de Ayutuxtepeque, San Miguel, Cojutepeque y Chinameca mostraron interés en replicar la estrategia en sus localidades. Para conocer más acerca de los resultados del proyecto en cada municipalidad se invita al lector a consultar el enlace <https://observatoriocovid19.sv/laboratorioCEIsanJoseVillanueva.html>.

La estrategia del CEI no implicó cierres y el diseño se basó en evidencia y literatura internacional con componentes locales; prácticamente fue una asistencia técnica a los gobiernos locales quienes son los que mejor conocen la realidad, amenazas y riesgos de cada localidad; por tanto, proporcionó un valor agregado a otras estrategias sanitarias en cada municipio que se aplicó.

Entre los resultados más relevantes se pueden mencionar: 1) El proyecto fue conocido por el Colegio de Médicos de El Salvador, Médicos sin Fronteras y otras organizaciones nacionales e internacionales, quienes valoraron positivamente su implementación y replicación; 2) La estrategia se replicó en cuatro municipios más: Ayutuxtepeque, San Miguel, Cojutepeque y Chinameca; y 3) Publicación del eBook *Cercos Epidemiológicos Inteligentes: un enfoque educativo, informacional y tecnológico*⁷.

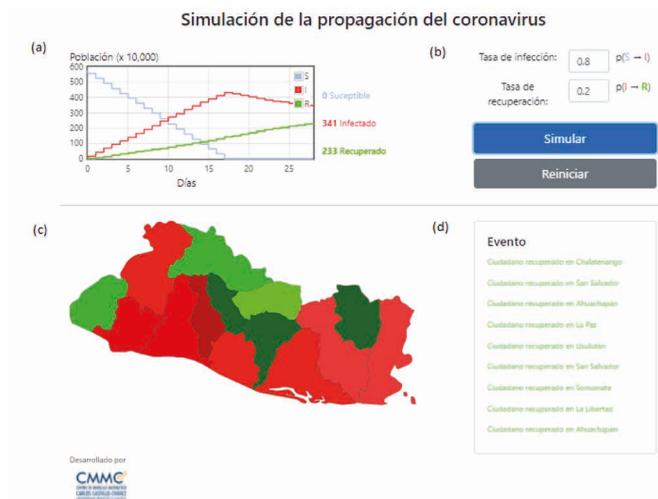
4. Dinamismo del COVID-19

Antes de registrarse el primer caso de infección por COVID-19 en El Salvador, el CMMC3 comenzó a desarrollar modelos matemáticos para ayudar a la población a comprender la dinámica de propagación del COVID-19. El 9 de marzo de 2020 se publicó en la revista digital *Disruptiva* un simulador para explicar a los usuarios cómo se propagaría el coronavirus al ingresar al país y no contar con medidas de contención. El simulador implementó un modelo epidemiológico donde se dividió a la población en los compartimentos de susceptibles, infectados y recuperados para proyectar la propagación del virus. La Figura 5 muestra el simulador.

⁷ Disponible en https://observatoriocovid19.sv/doc/laboratorioCEI/Libro_CEI

Figura 5

Simulador de propagación del coronavirus en El Salvador.



Nota: (a) La figura muestra la cantidad de personas susceptibles, infectadas y recuperadas a través del tiempo. (b) Configuración de los parámetros del modelo tasa de infección que denota la probabilidad de que una persona susceptible sea contagiada al tener contacto con una persona infectada y tasa de recuperación que denota la probabilidad de que una persona se recupere con el tiempo. (c) Mapa de intensidad que muestra la cantidad de personas infectadas (color rojo) y recuperadas (color verde) en cada locación. (d) El cuadro de evento muestra el historial de los sucesos: nueva infección o ciudadano recuperado.

Fuente: <https://www.disruptiva.media/simulador-como-se-propagaria-el-coronavirus-en-el-salvador/>

El 18 de marzo de 2020 se confirmó el primer caso de COVID-19 en el país; ese mismo día se publicó una simulación de cómo se propagaría el virus por los diferentes municipios tomando en cuenta la red de transporte público, bajo el supuesto que una persona susceptible al virus entra en contacto con una persona infectada, luego se produce un nuevo contagio y lo transporta a otra localidad. El 26 de marzo de 2020 se publicó la calculadora experimental SEIR, con el objetivo de analizar de forma general el efecto de la cuarentena en el aplanamiento de la curva de contagios.

El 4 de junio de 2020 se publicó un análisis matemático de los valores atípicos reportados en los datos oficiales del COVID-19, debido a eventos que pudieron desencadenar múltiples contagios como las aglomeraciones por la entrega del bono de USD 300.00 que ocurrieron el 30 de marzo, y las marchas conmemorativas al día del trabajo que ocurrieron el 1 de mayo. Tres días después de la publicación de este estudio, medios informativos nacionales expusieron el Memorándum 2020-9200-200 como una evidencia de manipulación de los datos sobre el COVID-19 reportados por el GOES.

El 29 de junio de 2020 se publicó el estudio denominado “Los otros datos del COVID-19: el subregistro de fallecidos”. La revista digital Disruptiva tuvo acceso al registro que llevaba el MINSAL de todos los fallecidos a causa del COVID-19. La base de datos tenía registros sobre 496 muertes

confirmadas por el virus y 356 muertes bajo sospecha, datos que no correspondían a los 152 fallecidos reportados por el GOES en el sitio oficial. La Figura 6 muestra un comparativo entre las muertes reportadas por el GOES y las muertes registradas en la base de datos del MINSAL. En el estudio se solicitó a las autoridades del MINSAL verificar si la información presentada en el informe es correcta o no, ya que se tuvo la disposición de rectificar si se proporcionaban datos confiables, sin embargo, el MINSAL no se pronunció al respecto.

Figura 6

Muertes acumuladas registradas en la base de datos del MINSAL versus muertes acumuladas reportadas por el GOES.



Nota: las muertes registradas en la base de datos del MINSAL se muestran en color azul y es el acumulativo de muertes confirmadas y por sospecha de COVID-19. Las muertes acumuladas reportadas por GOES se encuentran en color naranja.

Fuente: <https://www.disruptiva.media/los-otros-datos-del-covid19-el-subregistro-de-fallecidos/>

El 22 de julio de 2020 se publicó la calculadora epidemiológica de probabilidad de contagio, con la finalidad de sensibilizar a los usuarios respecto al riesgo de encontrarse personas asintomáticas infectadas con el virus en los establecimientos de uso cotidiano como bancos, farmacias, supermercados, gasolineras, etcétera. El 16 de octubre de 2020 se publicó un nuevo estudio con las proyecciones acerca del número de infecciones con las que se podría finalizar los meses de noviembre y diciembre de 2020.

El 30 de noviembre de 2020 se publicó una infografía titulada ¿Cuánta población debe vacunarse para controlar la pandemia?, el recurso muestra el porcentaje de la población que requiere tener su esquema

de vacunación completo, según la efectividad de la vacuna, para poder alcanzar la inmunidad colectiva contra el COVID-19.

El 3 de marzo de 2021 se publicó el estudio “La importancia de la letalidad de la infección por COVID-19” y el 16 de marzo de 2021 el estudio “Dinámica del COVID-19 en El Salvador: conozcamos el R”, con la finalidad de informar sobre el tamaño esperado de la epidemia y el grado de avance del COVID-19 en El Salvador.

Al 22 de abril de 2021, El Salvador tenía 68,007 casos confirmados de COVID-19, el número más bajo en la región de Centroamérica; a pesar de un manejo similar de la pandemia en los países de la región (Humberstone, 2021). El 27 de abril de 2021 se publicó el estudio “La humedad relativa de El Salvador nos protege del COVID-19” para dar respuesta a la pregunta ¿Por qué hay menos contagios en El Salvador que en el resto de países de Centroamérica? El estudio sugiere que hay una relación inversamente proporcional entre el riesgo de contagio con respecto a la temperatura y la humedad relativa; es decir, a mayor humedad y temperatura cálida menor riesgo de contagio y viceversa (*ibidem*).

En septiembre de 2021 iniciaron las eliminatorias de fútbol de la Confederación de Norteamérica, Centroamérica y el Caribe de Fútbol (CONCACAF), para clasificar a la Copa Mundial de Fútbol Catar 2022. Los dos primeros encuentros de la selección de El Salvador se realizaron los días 2 y 5 de septiembre de 2021 ante las selecciones de Estados Unidos y Honduras respectivamente. Los partidos se realizaron en el estadio Cuscatlán, ubicado en San Salvador, El Salvador. El CMMC3 manejó la hipótesis que esos dos encuentros dinamizaron y elevaron los contagios, y que los próximos dos partidos agudizarían la situación (Picardo *et al.*, 2021, p. 3). Es así que el 24 de septiembre de 2021 se publicó el estudio “La Selecta versus el COVID-19”, basado en una aplicación del modelo estándar de transmisión de enfermedades infecciosas por aerosol de Wells-Riley, para proyectar el número de contagios que podrían resultar si una persona infectada ingresa a uno de los partidos tomando en cuenta la prevalencia de la enfermedad, número de asistentes y el tiempo de permanencia en el evento. Finalmente, el estudio recomendó limitar el aforo al menos al 50 % o menos en partidos de fútbol.

A la fecha el CMMC3 sigue realizando estudios para comprender cómo podría evolucionar la enfermedad según diferentes escenarios de riesgo ajustando los parámetros al país, y generar conocimiento para la toma de decisiones en las políticas sanitarias y económicas para enfrentar la pandemia.

Conclusión

El Gobierno de El Salvador comenzó a realizar medidas para retrasar el ingreso del COVID-19 al país a partir del 22 de enero de 2020, luego de una alerta preventiva que hizo la OMS ante el nuevo coronavirus. Las primeras medidas fueron sobre la vigilancia y control en los puntos de entrada aéreo, marítimo y terrestre; a pesar de no registrar ningún caso todavía, el GOES decretó alerta amarilla en todo el país para prevenir la presencia del coronavirus el 6 de marzo de 2020. El nuevo coronavirus estaba demostrando una ineficacia en los suministros de equipos médicos vitales para contrarrestar el virus en todos los países, incluidos los respiradores mecánicos. A partir de este momento la UFG comenzó a desarrollar un prototipo automatizado de una bolsa ambú que posteriormente se llamó *Ejékat*.

A pesar que el Centro Nacional de Registro concedió un certificado de diseño industrial por el prototipo *Ejékat*, y que el mismo GOES definió los requerimientos y los estándares que debía cumplir el prototipo (además de asesorar algunas de las etapas de construcción y lo validó con médicos del MINSAL), el GOES perdió el interés en utilizarlo como una herramienta de apoyo en los hospitales y centros de salud, debido a que el Gobierno de Estados Unidos realizó una donación de 600 ventiladores portátiles (Embajada de Estados Unidos en El Salvador, 2020) para atender la emergencia por el COVID-19. Debido a esto el prototipo no se industrializó; sin embargo, la documentación técnica se encuentra disponible por si alguna empresa tiene interés en su fabricación y comercialización.

Después de anunciar en cadena nacional el primer caso de COVID-19 en el país, el presidente Nayib Bukele explicó la dinámica de contagio del nuevo coronavirus utilizando una progresión matemática. Debido a las críticas a dicha progresión por parte de médicos e investigadores, la UFG creó un espacio académico y científico al que llamó Observatorio COVID-19, con la finalidad de monitorear el desarrollo de la pandemia en El Salvador y proponer investigaciones para apoyar el diseño de las políticas públicas.

Los estudios y modelos epidemiológicos que presentó el observatorio fueron más acertados que los que presentó el GOES, y los márgenes de error se encontraron dentro de un escenario razonable y aceptable (Observatorio COVID-19, 2020e, p.14). Los resultados obtenidos en cada estudio pudieron ser utilizados como soporte científico para planificar las necesidades hospitalarias y las políticas públicas de salud; sin embargo, no se consideraron por el gobierno. Las publicaciones creadas por el observatorio quedan como evidencia para que sean estimadas como punto de análisis, y en el futuro las autoridades de salud y del gobierno presten mayor atención a la academia y no se comentan los mismos errores.

Luego de tres meses que duró la cuarenta domiciliar obligatoria, y una serie de eventos que afectaron los resultados de la misma para aplanar la curva de contagios, y con los casos de COVID-19 incrementándose, la UFG diseñó la estrategia de CEI que se aplicó en cinco municipios. La estrategia fue una asistencia técnica que proporcionó un valor agregado a otras estrategias sanitarias en cada

municipio que se aplicó. A pesar que el proyecto fue valorado positivamente por el Colegio de Médicos de El Salvador, Médicos sin Fronteras y otras organizaciones nacionales e internacionales, el proyecto no fue reconocido por el GOES; sin embargo, en el mes de septiembre de 2020, el GOES estableció un cerco sanitario (similar al CEI) en el municipio de Corinto (departamento de Morazán), para prevenir un posible rebrote de COVID-19 (GOES, 2020n).

Debido a la discrepancia entre los datos reportados por el GOES y los médicos del sector privado sobre la evolución del COVID-19, el CMMC3 ha monitoreando el dinamismo del COVID-19 en el país, y ha generado varios estudios para presentar escenarios que ayuden en la gestión de la pandemia. Así mismo, se ha señalado el subregistro de contagiados y fallecidos los cuales han sido reconocidos por el Ministro de Salud (Hernández y Vides, 2021). Además, los estudios han ayudado a educar a la población sobre la importancia de las medidas de contención, de la vacunación y a comprender la dinámica de contagio del COVID-19, por tanto, se debe seguir realizando el monitoreo a la enfermedad.

De esta forma se ha resumido el aporte científico de la UFG ante la emergencia sanitaria por la pandemia del COVID-19 en El Salvador. Los diferentes aportes han sido apegados al conocimiento científico y han buscado servir como herramientas para la gestión de políticas públicas, a fin de afrontar la emergencia generada por el dinamismo de contagio de la enfermedad.

Referencias

- Asociación de Radiodifusión Participativa de El Salvador. (2020). *Extensión de cuarentena obligatoria y orden de ser “duros” con quienes incumplan, anuncia Bukele*. <https://arpas.org.sv/2020/04/extension-de-cuarentena-obligatoria-y-orden-de-ser-duros-con-quienes-incumplan-anuncia-bukele/>
- Benítez, R. (2020, 03 de abril). Un respirador que recuerda que en El Salvador también se hace ciencia. Revista *Disruptiva*. <https://www.disruptiva.media/un-respirador-que-recuerda-que-en-el-salvador-tambien-se-hace-ciencia/>
- Bukele, N. (2020a, 21 de marzo). *Porque de lo contrario, si la cuarentena no funciona, la progresión matemática continuaría así [imagen adjunta]*. Twitter: <https://twitter.com/nayibbukele/status/124227846171834777>
- Bukele, N. (2020b, 31 de marzo). *Primera muerte por #COVID19 en El Salvador. Dios nos proteja [miniatura con enlace adjunto]*. Twitter: <https://twitter.com/nayibbukele/status/1245127343162757121>
- Bukele, N. (2021, 24 de diciembre). *Los contagios de #COVID19 han caído a su punto más bajo desde el 4 de mayo de 2020 [imagen adjunta]*. Twitter: <https://twitter.com/nayibbukele/status/1474460574654345223>

- Corte Suprema de Justicia, CSJ. (2020). *Sentencia 121-2020*. https://www.jurisprudencia.gob.sv/pdf/I_21-2020.pdf
- Embajada de Estados Unidos en El Salvador. (2020). *Estados Unidos entrega 158 ventiladores más a El Salvador en respuesta al COVID-19*. <https://sv.usembassy.gov/es/estados-unidos-dona-158-ventiladores-a-el-salvador/>
- Escobar, C. (2020, 12 de junio). Bukele miente sobre resolución de Sala que ordena respetar derechos constitucionales. Revista *Gato Encerrado*. <https://gatoencerrado.news/2020/06/12/bukele-miente-sobre-resolucion-de-sala-que-ordena-respetar-derechos-constitucionales/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020a). *Activan la Comisión Intersectorial de Salud*. <https://covid19.gob.sv/09-03-2020-activan-la-comision-intersectorial-de-salud/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020b). *Alerta roja por evolución del COVID-19*. <https://covid19.gob.sv/13-03-2020-alerta-roja-por-evolucion-del-covid-19/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020c). *El Gobierno del Presidente Nayib Bukele confirmó este día dos nuevos casos de COVID-19 en el país*. <https://www.covid19.gob.sv/wp-content/uploads/2020/03/20-CO-CASOS.pdf.pdf>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020d). *El Gobierno refuerza la prevención para postergar la llegada del Coronavirus al país*. <https://covid19.gob.sv/21-02-2020-el-gobierno-refuerza-la-prevencion-para-postergar-la-llegada-del-coronavirus-al-pais/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020e). *El Presidente Nayib Bukele comunica nuevas medidas para el combate de la pandemia del COVID-19*. <https://www.covid19.gob.sv/wp-content/uploads/2020/03/16M-CO-Medidas.pdf.pdf>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020f). *El Presidente ordena la prohibición de ingreso al país de pasajeros provenientes de Italia y Corea del Sur*. <https://covid19.gob.sv/25-02-2020-el-presidente-ordena-la-prohibicion-de-ingreso-al-pais-de-pasajeros-provenientes-de-italia-y-corea-del-sur/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020g). *El Salvador ante la pandemia del COVID19*. <https://www.covid19.gob.sv/wp-content/uploads/2020/03/11M-CO-Primeras-medidas.pdf>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020h). *El Salvador preparado ante Coronavirus*. <https://covid19.gob.sv/17-02-2020-el-salvador-preparado-ante-coronavirus/>

- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020i). *El Salvador sigue Protocolo Sanitario Internacional*. <https://covid19.gob.sv/05-02-2020-el-salvador-sigue-protocolo-sanitario-internacional/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020j). *Este 17 de marzo de 2020, el Presidente de la República, Nayib Bukele, refuerza y dicta nuevas disposiciones para contener la pandemia de COVID-19*. <https://www.covid19.gob.sv/wp-content/uploads/2020/03/17M-CO-Nuevas-disposiciones-1.pdf-1.pdf>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020k). *Gobierno del presidente Nayib Bukele extiende fase I de reapertura económica, debido al incremento acelerado de contagios y fallecidos*. <https://covid19.gob.sv/gobierno-del-presidente-nayib-bukele-extiende-fase-i-de-reapertura-economica-debido-al-incremento-acelerado-de-contagios-y-fallecidos/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020l). *Gobierno informa de las acciones que se ejecutan en el marco de la emergencia por Coronavirus*. <https://covid19.gob.sv/26-02-2020-gobierno-informa-de-las-acciones-que-se-ejecutan-en-el-marco-de-la-emergencia-por-coronavirus/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020m). *Para prevenir presencia del coronavirus se decreta alerta amarilla en todo el país*. <https://covid19.gob.sv/07-03-2020-para-prevenir-presencia-del-coronavirus-se-decreta-alerta-amarilla-en-todo-el-pais/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020n). *Presidente Nayib Bukele ordena establecer cerco sanitario en municipio de Corinto, Morazán, para prevenir posible rebrote del COVID-19*. <https://covid19.gob.sv/wp-content/uploads/2020/09/Comunicado-Moraza%CC%81n.pdf>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020o). *Sala de Situación en plena actividad*. <https://covid19.gob.sv/04-02-2020-sala-de-situacion-en-plena-actividad/>
- Gobierno de El Salvador, GOES. (2020p). *Se construye cerca del aeropuerto la Unidad de Cuidados Especiales para Pacientes Infectocontagiosos*. <https://covid19.gob.sv/23-02-2020-se-construye-cerca-del-aeropuerto-la-unidad-de-cuidados-especiales-para-pacientes-infectocontagiosos/>
- Guzmán, V. (2020a, 20 de marzo). Ciudad cero: Metapán está cerrada. Periódico *El Faro*. https://elfaro.net/es/202003/el_salvador/24149/Ciudad-cero-Metap%C3%A1n-est%C3%A1-cerrada.htm
- Guzmán, V. (2020b, 30 de marzo). El día en que el Gobierno falló a los más vulnerables. Periódico *El Faro*. https://elfaro.net/es/202003/el_salvador/24207/El-d%C3%ADa-en-que-el-Gobierno-fall%C3%B3-a-los-m%C3%A1s-vulnerables.htm

- Healy, M. (2020). Coronavirus ventilators in short supply. How scientists could pivot. *Los Angeles Time*. <https://www.latimes.com/science/story/2020-04-07/researchers-look-for-ways-to-divert-patients-from-ventilators-as-shortage-looms>
- Hernández, E. y Vides, C. (2021, 03 de noviembre). Alto subregistro de muertes se debe a la situación excepcional de salud por covid, dice ministro de Salud. *El Diario de Hoy*. <https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/fallecidos-por-covid-19-coronavirus-nayib-bukele-francisco-alabi/896401/2021/>
- Humberstone, J. (2021, 27 de abril). La humedad relativa de El Salvador nos protege del COVID-19. Revista *Disruptiva*. <https://www.disruptiva.media/la-humedad-relativa-de-el-salvador-nos-protege-del-covid-19/>
- López, C. (2021, 28 de diciembre). Médicos alertan subida de casos de covid-19: ¿omicron ya está en El Salvador? *El Diario de Hoy*. <https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/variante-omicron-coronavirus/913273/2021/>
- Ministerio de Salud, MINSAL. (2020a). *Decreto Ejecutivo No. 12*. <https://www.covid19.gob.sv/wp-content/uploads/2020/03/21M-Decreto-12.pdf.pdf>
- Ministerio de Salud, MINSAL. (2020b). *Decreto Ejecutivo No. 23*. <https://covid19.gob.sv/wp-content/uploads/2020/05/Decreto-Ejecutivo-No-23-MINSAL.pdf>
- Ministerio de Salud, MINSAL. (2020c). *El Salvador toma medidas por alerta preventiva de la OMS ante nuevo Coronavirus*. https://covid19.gob.sv/archivos/pdf/respuesta-de-pais/comunicado_de_prensa_22012020_SVL_toma_medidas_por_alerta_OMS_ante_nuevo_coronavirus.pdf
- Observatorio COVID-19. (2020a). *El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas*. https://observatoriocovid19.sv/doc/Informe_01_UFG_FUSADES_COVID_El_Salvador_FINAL.pdf
- Observatorio COVID-19. (2020b). *El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas 2ª simulación a 90 días*. https://observatoriocovid19.sv/doc/Informe_02_UFG_FUSADES_Modelacion_a_90_dias_8_de_abril_Final.pdf
- Observatorio COVID-19. (2020c). *El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas 3ª simulación a 90 días*. https://observatoriocovid19.sv/doc/Informe_03_UFG_FUSADES_Modelacion_a_90_dias_19_de_mayo_Final.pdf

- Observatorio COVID-19. (2020d). *El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas. 4a simulación: escenarios de apertura y nuevos riesgos*. https://observatoriocovid19.sv/doc/Informe_04_UFG_FUSADES_UES_Apertura_y_riesgos.pdf
- Observatorio COVID-19. (2020e). *El Salvador y el COVID-19: datos, modelos y perspectivas. 5º informe: mejores pronósticos*. https://observatoriocovid19.sv/doc/Informe_05_Mejores%20Pronosticos_observatoriocovid19.sv.pdf
- Observatorio COVID-19. (2020f). *Pronunciamiento respecto a las indicaciones recibidas por el Laboratorio de Salud Pública para dar respuesta ante emergencia COVID-19*. https://observatoriocovid19.sv/doc/PRONUNCIAMIENTO_del_observatoriocovid19.sv.pdf
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2020a). *Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 49*. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200309-sitrep-49-covid-19.pdf?sfvrsn=70dabe61_4
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2020b). *Novel Coronavirus (2019-nCoV) SITUATION REPORT – 1*. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf?sfvrsn=20a99c10_4
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2020c). *Novel Coronavirus(2019-nCoV) Situation Report – 11*. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200131-sitrep-11-ncov.pdf?sfvrsn=de7c0f7_4
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2020d). *Novel Coronavirus(2019-nCoV) Situation Report – 51*. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200311-sitrep-51-covid-19.pdf?sfvrsn=1ba62e57_10
- Picardo, O. (2020a). *Primer Informe 16 de julio de 2020. Cerco Epidemiológico Inteligente (CEI). Alcaldía San José Villanueva – UFG*. https://observatoriocovid19.sv/doc/laboratorioCEI/Primer_Informe_CEI_San_Jose_Villanueva_16_de_julio_de_2020.pdf
- Picardo, O. (2020b). *San José Villanueva sin COVID. Cerco Epidemiológico Inteligente (CEI)*. https://observatoriocovid19.sv/doc/laboratorioCEI/CASO_San_Jose_Villanueva_EPI_de_campo.pdf
- Picardo, O. (2020c). *Segundo Informe 18 de julio de 2020. Cerco Epidemiológico Inteligente (CEI). Alcaldía San José Villanueva – UFG*. https://observatoriocovid19.sv/doc/laboratorioCEI/Segundo_Informe_CEI_San_Jose_Villanueva.pdf

Picardo, O. (2020d). *Tercer Informe 30 de julio de 2020. Cerco Epidemiológico Inteligente (CEI). Alcaldía San José Villanueva – UFG.* https://observatoriocovid19.sv/doc/laboratorioCEI/Tercer_Informe_CEI_San_Jose_Villanueva.pdf

Picardo, O., Humberstone, J. y Argueta, F. (2021, 24 de septiembre). La selecta versus el COVID-19. Revista *Disruptiva*. <https://www.disruptiva.media/la-selecta-versus-el-covid-19/>

Universidad Francisco Gavidia. (2020). *Ventilador mecánico pulmonar Ejekat-V1.0. Descripción de principales funciones de desempeño y funcionamiento.* <https://observatoriocovid19.sv/doc/iniciativas/EJEKAT-Descripcion-Tecnica-V3.pdf>

Villarreal, G. (2021, 21 de diciembre). El Salvador no podrá frenar contagios de ómicron, advierte Alabi. *Diario El Mundo*. <https://diario.elmundo.sv/el-salvador-no-podra-frenar-contagios-de-omicron-advierte-alabi/>