

Modelos matemáticos y análisis estadísticos implementados para el estudio de Covid-19 en Costa Rica 2020-2021



Autores

Universidad de Costa Rica

Yury E. García, Ph.D.

Paola Vázquez, M.D.

Juan Gabriel Calvo, Ph.D.

Luis A. Barboza, Ph.D.

Fabio Sanchez, Ph.D.

fabio.sanchez@ucr.ac.cr

Ministerio de Salud

Tania Rivas, M.D.

Organización Panamericana de la Salud

Gustavo Mery, Ph.D.

María Dolores Pérez, M.D.

**Modelos matemáticos y análisis estadísticos
implementados para el estudio de
COVID-19 en Costa Rica**

Agradecimientos

Esta publicación es el resultado de una extensa colaboración interinstitucional entre la Organización Panamericana de Salud (OPS), la Universidad de Costa Rica (UCR), el Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada y el Ministerio de Salud de Costa Rica. El documento fue elaborado bajo la supervisión del Dr. Gustavo Mery, Asesor en Sistemas y Servicios de Salud de OPS/OMS en Costa Rica. La redacción corrió a cargo de la Dra. Yury Elena García y la Dra. Paola Vásquez consultoras de OPS para la elaboración del presente documento e integrantes del equipo EpiMEC.

Expresamos agradecimiento a la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) por su apoyo con datos e información fundamentales para la elaboración de los modelos matemáticos. Al Dr. Daniel Salas por su disposición a trabajar de forma conjunta y por los aportes que enriquecieron las discusiones e interpretación de los resultados. Al equipo de investigación EpiMEC, liderado por el Dr. Fabio Sanchez, adscrito al Centro de Investigación de Matemática Pura y Aplicada (CIMPA), a la Dra. Tania Rivas del Ministerio de Salud y al Dr. Gustavo Mery de la OPS, por su compromiso y dedicación en el desarrollo e implementación de los modelos, y a la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica (UCR) por el apoyo durante este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	4
INTRODUCCIÓN	8
¿QUÉ SON LOS MODELOS MATEMÁTICOS?	9
¿QUÉ SE DEBE TENER EN CUENTA A LA HORA DE PROPONER UN MODELO?	10
¿QUÉ DEBE TENER EN CUENTA UNA PERSONA PARA INTERPRETAR LOS RESULTADOS DE UN MODELO?	11
APRENDIZAJES Y DESAFÍOS	12
EQUIPO DE MODELACIÓN	13
CRONOLOGÍA DE LA DETECCIÓN DEL VIRUS SARS-COV-2 EN COSTA RICA	14
MARZO 2020.....	17
PRIMEROS CASOS DE COVID-19 EN COSTA RICA	17
INICIO DE LAS MEDIDAS SANITARIAS PARA LA CONTENCIÓN DEL COVID-19 EN COSTA RICA	19
CAPACIDAD DIAGNÓSTICA Y DE SERVICIO DE SALUD.....	21
INICIO DE LA COLABORACIÓN CIMPA – MINISTERIO DE SALUD	22
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	23
MODELOS MATEMÁTICOS.....	25
<i>Modelo SIDUR</i>	<i>25</i>
<i>Número reproductivo básico</i>	<i>26</i>
<i>Modelo Subexponencial.....</i>	<i>30</i>
PROYECCIONES	32
ABRIL 2020	41
CONTEXTO PAÍS	41
<i>Incremento en la capacidad hospitalaria</i>	<i>42</i>
<i>Inicio de vigilancia centinela</i>	<i>42</i>
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	44
MODELOS MATEMÁTICOS.....	47
<i>Modelo de redes.....</i>	<i>47</i>
<i>Modelo de transmisión del SARS-CoV-2.....</i>	<i>50</i>
<i>Comparación de las proyecciones del modelo de redes y el modelo subexponencial</i>	<i>55</i>
PROYECCIONES	57
<i>Abril 15, 2020. Proyecciones con Modelo Subexponencial.....</i>	<i>71</i>
MAYO 2020	86
CONTEXTO PAÍS	86
<i>Uso de mascarillas y protectores faciales</i>	<i>87</i>
<i>Regulación en el ingreso de transportistas</i>	<i>87</i>
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	88
MODELOS MATEMÁTICOS.....	91
<i>Versión 2: Modelo de Redes</i>	<i>91</i>
<i>Escenarios.....</i>	<i>91</i>
INDICADOR DE TENDENCIA: PROMEDIO MÓVIL.....	107
PROYECCIONES	108
JUNIO 2020.....	113



CONTEXTO PAÍS	113
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	116
MODELOS MATEMÁTICOS.....	118
<i>Versión 3: Modelo de Redes</i>	118
PROYECCIONES	119
<i>Sectorización cantonal</i>	122
SIMULACIONES INDIVIDUALES DE CADA UNO DE LOS ESCENARIOS.....	129
JULIO 2020	134
CONTEXTO PAÍS	134
<i>Inicio de transmisión comunitaria</i>	134
<i>Expansión de servicios hospitalarios</i>	135
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	137
MODELOS MATEMÁTICOS.....	139
<i>Versión 4: Modelo de Redes</i>	139
PROYECCIONES	143
PROYECCIONES PARA LAS REDES INTEGRADAS DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE SALUD CCSS.....	150
AGOSTO 2020.....	155
CONTEXTO PAÍS	155
<i>Implementación de la Danza y el martillo</i>	155
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	157
MODELOS MATEMÁTICOS.....	159
<i>Modelo de Redes</i>	159
ANÁLISIS RETROSPECTIVO COVID-19 EN COSTA RICA	160
PROYECCIONES	163
PRIMER GRUPO DE ESCENARIOS	164
SEGUNDO GRUPO DE ESCENARIOS	166
TERCER GRUPO DE ESCENARIOS	168
CUARTO GRUPO DE ESCENARIOS	169
COMPARACIÓN DE SIMULACIONES SIN Y CON PERIODOS DE CIERRE	171
SEPTIEMBRE 2020	175
CONTEXTO PAÍS	175
<i>Costa Rica inicia modelo de gestión compartida</i>	175
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	177
MODELOS MATEMÁTICOS.....	179
<i>Versión 6: Modelo de Redes</i>	179
PROYECCIONES	180
PROYECCIÓN: REDES INTEGRADAS DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE SALUD.....	182
OCTUBRE 2020	193
CONTEXTO PAÍS	193
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	194
PROYECCIONES	196
NOVIEMBRE 2020.....	201
CONTEXTO PAÍS	201
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	201



MODELOS MATEMÁTICOS.....	203
<i>Análisis de la dinámica hospitalaria</i>	203
PROYECCIONES	205
DICIEMBRE 2020	212
CONTEXTO PAÍS	212
<i>Inicio de vacunación en Costa Rica</i>	212
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	213
PROYECCIONES	215
INDICADOR	219
TENDENCIA POR REGIONES.....	220
<i>Región Central Norte</i>	220
<i>Región Central Sur</i>	221
<i>Región Chorotega</i>	222
<i>Región Pacífico Central</i>	223
<i>Región Brunca</i>	224
<i>Región Huetar Norte</i>	225
<i>Región Huetar Atlántico</i>	226
ENERO-NOVIEMBRE 2021	228
CONTEXTO PAÍS	228
<i>Principales medidas sanitarias</i>	228
<i>Campaña de vacunación</i>	229
<i>Introducción de nuevas variantes</i>	232
SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA.....	233
MODELOS MATEMÁTICOS.....	236
<i>Modelo de Redes</i>	236
<i>Escenarios de Vacunación</i>	240
<i>Ingreso de la variante Delta</i>	240
<i>Ritmos de vacunación y aceptación de la vacuna</i>	241
<i>Porcentajes de protección hospitalaria</i>	242
<i>Distanciamiento social y uso de protección personal</i>	242
PROYECCIONES	245
CONSIDERACIONES EN CUANTO A LA VACUNACIÓN.....	248
CONSIDERACIONES EN CUANTO A LA VACUNACIÓN.....	250
CAMBIOS EN LOS QUE SE ESTÁN TRABAJANDO.....	251
ANEXOS.....	261
PRODUCTOS ACADÉMICOS.....	261
<i>Publicados</i>	261
<i>Enviados</i>	261
LÍNEA DEL TIEMPO	262
MEDIDAS SANITARIAS IMPLEMENTADAS EN COSTA RICA MARZO 2020 – OCTUBRE 2021	262
BIBLIOGRAFÍA.....	275



Resumen ejecutivo

La crisis de salud mundial originada con la aparición del virus SARS-CoV-2 ha puesto de manifiesto la importancia de contar con equipos de investigación interdisciplinarios, que trabajen de la mano con las autoridades de salud en la recopilación de información y creación de herramientas para guiar la toma de decisiones. Los modelos matemáticos, computacionales y estadísticos han demostrado ser herramientas valiosas para informar y guiar las políticas de salud públicas. Estos permiten simular la dinámica de transmisión del virus, proyectar la carga hospitalaria y evaluar los efectos potenciales de las intervenciones implementadas para frenar la propagación del virus.

El desarrollo de modelos robustos, sofisticados y con resultados exitosos, utilizados en la prevención y control de enfermedades en un entorno práctico, requieren de una comunicación efectiva entre científicos, entidades de salud pública y funcionarios del gobierno. Desde que se declaró la emergencia sanitaria a nivel mundial, el gobierno de Costa Rica proporcionó las condiciones necesarias para la conformación de equipos de trabajo que apoyaran las decisiones a las que se enfrentaría el país con la llegada del virus. En ese contexto, se conforma el equipo de modelación matemática con integrantes del Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicadas (CIMPA), de la Universidad de Costa Rica (UCR), Ministerio de Salud y de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Como resultado de la colaboración interdisciplinaria e interinstitucional, se desarrolló una variedad de modelos matemáticos que se fueron modificando con la evolución de la pandemia. Inicialmente, se propusieron modelos clásicos, en ecuaciones diferenciales; sin embargo, las medidas sanitarias implementadas en marzo modifican rápidamente el comportamiento social y, por lo tanto, la dinámica de transmisión de la enfermedad. Por esto, con el objetivo de captar esta nueva dinámica, el modelo fue actualizado a uno subexponencial, en el que se adiciona un nuevo compartimento que incluyera a aquellas personas susceptibles que voluntariamente o por medidas sanitarias impuestas se aislaron.

Para inicios de abril, debido a la variedad de factores cambiantes involucrados en la propagación del virus, se hace necesario migrar a modelos más flexibles, sofisticados y robustos adaptados al contexto nacional. Haciendo uso de la información disponible para Costa Rica, se desarrolló un modelo de redes, estocástico, multicapa, el cual permitió incorporar los cinco millones de habitantes del país, además de componentes sociodemográficos y las características epidemiológicas básicas de la transmisión de la enfermedad.

Con la evolución de la pandemia se ha hecho necesario incorporar cambios en el modelo que permitieran reflejar las condiciones epidemiológicas y sociales de cada fase de la enfermedad y responder a las necesidades y preguntas de los tomadores de decisiones. A la versión inicial del modelo se le incorporaron dos parámetros que afectan la tasa de transmisión: el primero tiene en cuenta el porcentaje de personas que usan medidas de autocuidado, como el uso de mascarillas, lavado de manos, entre otros, y el segundo considera el porcentaje de personas que mantienen el distanciamiento social. La incorporación de estos parámetros permitió simular escenarios de cierre, apertura y cumplimiento en mayor o menor medida de las recomendaciones sanitarias. Posteriormente, con el incremento de casos en el país, se hizo necesaria una división por grupos



etarios de la dinámica hospitalaria, ya que, como se ha visto en las estadísticas mundiales y del país, el virus no afecta de la misma manera a niños, jóvenes y adultos. Este cambio, permitió un mejor ajuste de las proyecciones a los casos reales observados y de la posible carga hospitalaria esperada. Los parámetros de hospitalización son constantemente actualizados y, para ello, se ha contado con el apoyo de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS).

Recientemente, con el desarrollo de la vacuna y las campañas de vacunación masiva, se incorporaron al modelo cambios en la probabilidad de infección y hospitalización para personas vacunadas o no. En cada etapa, la comunicación de los objetivos del modelo, sus limitaciones y la incertidumbre de sus resultados ha sido esencial para que los resultados informen de manera efectiva las políticas de salud pública. La **Figura 1**, muestra la evolución que han tenido los modelos matemáticos para el estudio de la pandemia en Costa Rica.

Figura 1. Evolución de los modelos matemáticos en el estudio de la transmisión de COVID-19 en Costa Rica.



Fuente: Elaboración propia

En este sentido, y durante el periodo comprendido entre el 2020 y 2021, el uso principal de los modelos se ha centrado en tres aspectos: proyección a corto y mediano plazo del número de casos y demanda hospitalaria, simulación de escenarios hipotéticos que han ayudado a las autoridades de salud y funcionarios de gobierno en el diseño de medidas de control preventivo, y finalmente, simulación del impacto de la vacunación con o sin la presencia de nuevas variantes.

El equipo ha desarrollado, además, diversos escenarios que han guiado a los tomadores de decisiones y han permitido anticipar el impacto de la implementación de medidas sanitarias, contribuyendo a ganar tiempo valioso en los esfuerzos dirigidos a incrementar la capacidad hospitalaria en el país. Cada escenario, los supuestos y los cambios en el modelo deben ser analizados e interpretados a la luz del contexto social y epidemiológico del país en el momento de realizar las simulaciones, así como de las diversas estrategias de salud pública que se encontraban vigentes durante las corridas. La Tabla 1 muestra un resumen de las principales estrategias implementadas en el país y los cambios asociados en la modelación y los parámetros utilizados.



Tabla 1. Contexto país y evolución de los modelos matemáticos en el estudio de la transmisión de COVID-19 en Costa Rica. Periodo 2020-2021.

Mes	Cambios en el modelo	Contexto país	% Distanciamiento social	% Uso de mascarillas	% Personas diagnosticadas
Mayo 2020	Uso de modelos determinísticos y sub-exponenciales	Cierre de centros educativos, de establecimientos comerciales y de fronteras. Cancelación de eventos masivos. Implementación de teletrabajo, primeras medidas de restricción vehicular			
Abril 2020	Cambio en el paradigma de modelación. Se empieza a utilizar el modelo de redes	Cierres de Semana Santa			75%
Julio – agosto 2020	Se introducen dos parámetros nuevos, uno que da cuenta del distanciamiento físico y otro al uso de mascarillas	Cerco epidemiológico: 11-19 julio Danza: 1-9 y del 22-30 agosto Martillo: 10-21 agosto Incremento en la carga hospitalaria	Para las fases de cierre y apertura se tomaron valores entre 40% y 60% según el nivel de alerta del cantón	50% antes del 9 de sep. y 70% luego de esta fecha	75%
Septiembre 2020	El modelo se divide en tres grupos etarios: 0-18 años, 19-64 años, +65 años Este cambio se realiza con el objetivo de capturar mejor el comportamiento hospitalario	Inicia el modelo de gestión compartida a partir del 9 de septiembre y se hace obligatorio el uso de mascarillas	Para las fases de cierre y apertura se tomaron valores entre 40% y 60% según el nivel de alerta del cantón	50% antes del 9 de sep. y 70% luego de esta fecha	75%
Octubre 2020	Se realizaron diferentes escenarios cambiando los porcentajes de uso de mascarilla. Se consigue un mejor ajuste con un 70% de la	Se da la apertura de bares y casinos con un 50% de aforo El país deja de exigir pruebas PCR para turistas Levantamiento de restricción	50%- 60% de lunes a jueves 40% - 50% de viernes a domingo	Se hacen escenarios de 50% y 70%. El de 70% se ajusta mejor	75%



	población usando protección	vehicular fines de semana El país se encuentra en un contexto de manifestaciones ciudadanas.			
Noviembre 2020	Ajustes en los parámetros de hospitalización, principalmente en los tiempos de estancia en salón y en UCI, lo cual permite recuperar mejor la tendencia de los casos	Apertura de fronteras con todos los países del mundo: 1 de noviembre Se asume un menor porcentaje de captura de pacientes diagnosticados	Se diferencia el distanciamiento entre semana y fin de semana (40%-60% en semana y 30%-50% fin de semana, se toman valores de forma aleatoria en todo el país)	Se realizan escenarios de 60% y 58%, este último se ajusta mejor	60%
Enero- octubre 2021	Inclusión de la aplicación de primeras y segundas dosis de las vacunas disponibles en el país acorde a los grupos prioritarios establecidos por la CNVE Cambios en los porcentajes de protección de las vacunas frente a variantes de preocupación	La CNVE en constantes análisis de la evidencia disponible y de la situación epidemiológica del país realiza constantes análisis que conllevan a cambios en el intervalo entre vacunas, grupos priorizados y grupos etarios a inmunizar En el proceso de vigilancia genómica, Inciensa detecta los primeros casos de la variante Delta en Costa Rica. Los pacientes se identificaron entre la semana epidemiológica 24 (13 al 19 de junio) y 27 (4 al 10 de julio)			

Fuente: Elaboración propia



Introducción

A lo largo de la historia, la humanidad ha enfrentado la reemergencia y emergencia de múltiples patógenos que han cambiado el curso de civilizaciones y cuyas enseñanzas han servido de base en el diseño de herramientas de análisis dirigidas a la toma de decisiones en salud pública basadas en evidencias.

Por siglos, la gran morbilidad y mortalidad asociadas a este tipo de eventos ha obligado a la constante búsqueda de los factores involucrados en su transmisión, utilizando para esto, la detallada recopilación de datos y observación de patrones que pudieran explicar la causa, métodos de propagación, estacionalidad y evolución que permitieran generar estrategias dirigidas a mitigar el impacto en la salud y bienestar de las poblaciones.

La emergencia sanitaria sin precedentes en la historia reciente, originada el nuevo coronavirus de tipo 2, causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2), ha conducido a una extensa colaboración entre académicos, investigadores y autoridades sanitarias a nivel mundial en la búsqueda de herramientas que permitieran analizar de forma rápida y costo-efectiva los mecanismos involucrados en la dinámica de transmisión de la enfermedad. De esta manera, se busca comprender el impacto que diversas estrategias de salud pública podrían tener bajo diversos y cambiantes contextos epidemiológicos, sociales y económicos.

La construcción de modelos matemáticos, estadísticos y computacionales ha surgido como una de las técnicas más utilizadas para el estudio de la propagación del virus SARS-CoV-2 en países alrededor del mundo. Estas técnicas de análisis y sistematización de datos ofrecen una gran flexibilidad para la generación de análisis retrospectivos, desarrollo de escenarios y proyecciones.

En Costa Rica, tan solo cinco días posterior a la detección del primer caso de COVID-19 en el territorio nacional, se da inicio a una cooperación interinstitucional entre el Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada (CIMPA), adscrito a la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica (UCR), el Ministerio de Salud, la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), para el desarrollo de modelos matemáticos dirigidos a estudiar la dinámica de transmisión del virus SARS-CoV2 en el país. En colaboración con expertos en salud pública y epidemiología de estas instituciones, se han realizado proyecciones a corto y mediano plazo, simulado el efecto de intervenciones sanitarias y diseño de escenarios con el fin de proporcionar información útil e incluirse como una de las herramientas utilizadas en la toma de decisiones.

El presente documento describe la evolución de las técnicas de modelación implementadas durante el periodo 2020-2021 en Costa Rica, las cuales, producto de un constante análisis y solicitud de necesidades por parte de las autoridades sanitarias nacionales, han sufrido constantes ajustes acorde a las diversas medidas de salud pública implementadas, cambios en el comportamiento individual y colectivo, así como un mayor conocimiento de la enfermedad a lo largo de los meses, lo cual ha permitido obtener resultados y generar análisis ajustados a la realidad nacional.



¿Qué son los modelos matemáticos?

Los modelos matemáticos permiten hacer visible lo invisible, lo intangible, lo microscópico.

Los modelos matemáticos son representaciones simplificadas, a través de ecuaciones, funciones o algoritmos computacionales de un fenómeno. En epidemiología, por ejemplo, los modelos permiten reproducir los patrones de propagación de una enfermedad con los que se pueden proponer y analizar escenarios hipotéticos que ayuden a informar las políticas de salud pública, para la prevención y control de enfermedades

Los modelos epidemiológicos se dividen en dos grandes grupos (1; 2):

1. Modelos estadísticos, los cuales se basan principalmente en datos y utilizan herramientas estadísticas y métodos de *machine-learning* para proyectar y predecir resultados tales como número de casos, mortalidad y demanda hospitalaria.
2. Modelos mecanicistas (también conocidos como modelos compartimentales o tipo SIR). Estos se basan en principios teóricos que describen la propagación de una enfermedad dentro de una población. Dicha propagación es descrita por valores que cambian con el tiempo, conocidos como variables y tasas de transición denominadas parámetros. Dado que estos modelos describen la dinámica subyacente de la propagación de una enfermedad, es posible simular escenarios hipotéticos, considerando diferentes supuestos, a través de la variación de los valores de los parámetros.

En los modelos tipo SIR se considera que la población puede dividirse de acuerdo con sus estados de salud. Esto es, en personas susceptibles (S), que son aquellas que pueden contraer el virus; personas infectadas (I), que pueden ser a su vez infecciosas, y personas recuperadas (R). Las tasas de transición de un estado a otro son definidas por las características propias de la enfermedad e involucran los periodos de incubación del virus, la velocidad a la que este se propaga, el tiempo en que una persona puede ser infecciosa y el periodo que toma en recuperarse. Esta dinámica de transmisión puede ser más o menos compleja, según la pregunta de investigación que se quiera responder y la enfermedad en particular que se quiere estudiar.

Los primeros registros que se tienen del uso de modelos matemáticos en epidemias se remontan a 1766, época en la que se utilizaba la variolización como herramienta terapéutica para inmunizar contra la viruela (antes de la invención de la vacuna). Daniel Bernoulli desarrolló un modelo para estudiar la mortalidad por viruela en Inglaterra y demostró que la inoculación contra el virus aumentaba la esperanza de vida (3). En 1911, Ronald Ross descubrió que la malaria se transmitía a través de los mosquitos y desarrolló un modelo espacial que describía su propagación. Uno de los resultados más significativos de su modelo fue demostrar que la propagación de la malaria podría controlarse reduciendo la población de mosquitos por debajo de un "umbral" (4). En 1926, siguiendo el trabajo de



Ross, Kermack y McKendrick publican una serie de artículos en los cuales presentan el primer modelo general de epidemia que involucra ecuaciones diferenciales ordinarias basadas en un modelo de acción de masas (5; 6). Su trabajo sienta los fundamentos modernos de la epidemiología matemática. Los modelos propuestos por Kermack y McKendrick se conocen como modelos tipo SIR (mencionados anteriormente).

Los modelos permiten reducir costos en el diseño de experimentos y dar respuesta a preguntas que, en muchos casos, serían difíciles de responder. La crisis actual por el SARS-CoV-2 ha dejado ver el rol y los aportes que los modelos matemáticos pueden tener para informar las políticas públicas. Sin embargo, para el desarrollo de un modelo (7) y la interpretación de sus resultados es importante tener en cuenta algunas consideraciones:

¿Qué se debe tener en cuenta a la hora de proponer un modelo?

1. **Definir una pregunta de investigación.** Es importante tener claridad sobre lo que se quiere estudiar, cuál es la pregunta para responder y cuál es el objetivo del modelo, ya que esto definirá el tipo de modelo que se va a implementar, los datos y la información requerida para su desarrollo.
2. **Identificar los principales procesos biológicos involucrados en la transmisión de la enfermedad.** Es importante entender e identificar cómo se da la dinámica de transmisión ya que, con base en esta se determinarán las variables y las transiciones dentro del modelo.
3. **Recopilar la información y datos necesarios e incorporarlos al modelo.** Estos datos pueden provenir de resultados de investigaciones previas, datos de vigilancia epidemiológica, resultados de experimentos clínicos u opiniones de expertos y experiencias de los pacientes.
4. **Implementar el modelo.** Una vez resueltos los pasos anteriores, se hace una implementación del modelo computacional para llevar a cabo la simulación de los escenarios o proyecciones. En el planteamiento de escenarios, generalmente se proponen: de control, que contemplan los patrones reales observados, e hipotéticos, con los que se busca analizar los impactos de estrategias de control o cambios en la dinámica misma de la transmisión del virus.
5. **Revisar el modelo.** La validación del modelo requiere de un periodo de calibración y validación de los resultados. Para esto, se hace necesario correr varios escenarios con diferentes supuestos para ver cómo estos impactan las trayectorias y contrastarlos con algunos escenarios de control o información que permita determinar si lo observado tiene sentido o no.
6. **Interpretación de los resultados.** La interpretación de los resultados es uno de los pasos fundamentales en la modelación, ya que de esto dependen las conclusiones de la investigación y pueden impactar, por ejemplo, la toma de decisiones. Es importante conocer la biología del fenómeno que se está estudiando, los supuestos del modelo y sus limitaciones.



¿Qué debe tener en cuenta una persona para interpretar los resultados de un modelo?

1. **Los modelos son tan buenos como los datos utilizados para construirlos.** Una gran limitante en el desarrollo de modelos son los datos disponibles para su implementación. Por ejemplo, en el estudio de COVID-19, el número de casos positivos identificados depende principalmente del número de pruebas que se hagan y de las estrategias de testeo. Las proyecciones se basan, entonces, solo en una proporción de las personas que realmente se han infectado. Si la calidad de los datos no es buena, las proyecciones y ajustes del modelo se pueden alejar considerablemente de la realidad, perdiendo así su capacidad de predicción y credibilidad.
2. **Los modelos se basan en supuestos.** Un modelo es una representación simplificada de la realidad, por lo que, en su implementación no se incluyen todos los detalles de la dinámica de transmisión de una enfermedad, sino solo aquellas que sean de interés para la pregunta que se quiere responder o que den cuenta de la información disponible. Es importante conocer cuáles son los supuestos y simplificaciones que se asumen, ya que estos pueden afectar los resultados del modelo.
3. **Existen diferentes tipos de modelos y cada uno tiene sus fortalezas y limitaciones.** La elección de uno u otro depende principalmente de la pregunta de investigación que se quiere responder.
4. **Las predicciones de los modelos son una estimación aproximada de lo que se podría esperar representada por un rango de trayectorias posibles.** Lo importante de los resultados de un modelo no son los números absolutos que arroja, sino la descripción de la tendencia esperada en las trayectorias. Existen diversos factores que pueden cambiar la dinámica de propagación de una enfermedad que, en la mayoría de los casos, son imposibles de predecir o prever. Los modelos matemáticos permiten hacer supuestos y simular escenarios de lo que ciertas intervenciones podrían suponer en el largo tiempo; sin embargo, el tomador de decisiones o la persona que interpreta los resultados debe tener presente que esto puede verse afectado, por ejemplo, por el comportamiento de la población u otros factores, según el contexto de lo que se está modelando.

*"En esencia, todos los modelos están equivocados,
pero algunos son útiles"
George Box (1976).*



Aprendizajes y desafíos

En la modelación del COVID-19 en Costa Rica

Adelantarse a los movimientos del virus ha sido clave para contener su propagación y es en ese sentido que los modelos matemáticos han jugado un rol fundamental. Contar con modelos robustos y adaptados a la realidad del país ha permitido tomar decisiones informadas y prever situaciones que de otro modo se dejarían un poco a la intuición. El éxito del desarrollo e implementación de los modelos en Costa Rica ha sido producto de la comunicación efectiva entre instituciones y de la disposición y apertura por parte de las entidades de salud pública y funcionarios del gobierno a colaborar con grupos de investigación interdisciplinarios provenientes de la academia. Los diferentes enfoques y puntos de vista han enriquecido la comprensión de los fenómenos y la interpretación de los resultados a la luz de las limitaciones de los modelos, el contexto epidemiológico y social del país.

Una emergencia sanitaria de la escala de la pandemia por COVID-19, en la que interactúan una variedad de factores simultáneamente han requerido de una sinergia colaborativa entre las entidades de salud, el gobierno y los integrantes del equipo de modelación para lograr el desarrollo de modelos adaptados al contexto y necesidades del país y accezar de manera oportuna a la información y datos disponibles. Este trabajo ha traído consigo algunos desafíos como son la comunicación efectiva en la comprensión de las limitaciones y alcances de los modelos por todas las partes involucradas y principalmente por los tomadores de decisiones. Tener claridad sobre los supuestos del modelo y sus limitaciones son fundamentales a la hora de interpretar los resultados y traducirlos en una toma de decisión, por lo que el lenguaje y la disposición por parte de las personas involucradas ha sido un factor clave en el uso exitoso de los resultados del modelo.

Por otro lado, capturar y anticipar en tiempo real el comportamiento del virus ha implicado adaptarse rápidamente a los constantes cambios en el comportamiento social como consecuencia de las diversas medidas restrictivas tomadas en el país. Los cambios del contexto social y epidemiológico han implicado una recalibración constante del modelo y el replanteamiento de supuestos y parámetros para el diseño de escenarios ya que, aquellos que llevaron a análisis exitosos en el pasado no necesariamente son funcionales en una realidad y contexto social diferente. Además, identificar los actores responsables de los cambios en la dinámica de propagación del virus ha sido un reto, ya que, a la fecha, el virus y su transmisión sigue siendo objeto de investigación.

Contar con modelos adecuados, robustos y lo suficientemente sofisticados como para capturar la dinámica cambiante del virus SARS-CoV-2 se ha visto limitada por la capacidad computacional y los datos disponibles, lo que ha tenido un impacto directo en los tiempos de respuesta del equipo a las solicitudes hechas por los tomadores de decisiones, el número de simulaciones de las proyecciones y escenarios, la cantidad de escenarios diseñados y las posibilidades de hacer pruebas de ensayo y error. No es suficiente contar con un equipo competente, se hace necesario contar con las herramientas computacionales necesarias para la implementación eficiente de los modelos de tal manera se puedan entregar resultados oportunos, creíbles y eficientes.



Equipo de Modelación

Ante el reporte de los primeros casos COVID-19 en el país, inicia la colaboración del equipo de modelación matemática (EpiMEC) de la Escuela de Matemática y el Centro de Matemática Pura y Aplicada (CIMPA) de la Universidad de Costa Rica, el Ministerio de Salud, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), en el desarrollo de modelos matemáticos para el estudio de la dinámica de transmisión del virus SARS-CoV2 en el territorio nacional.

El equipo de modelación interdisciplinario tiene como objetivo el desarrollo, implementación y análisis de técnicas de modelación matemática, estadística y computacional que permitan generar un escenario y proyecciones acordes a las necesidades y consultas de las autoridades de salud pública a nivel nacional. Se encuentra integrado por investigadores del área de modelaje matemático, estadística, análisis numérico, medicina y salud pública.

Figura 2. Grupo de trabajo interinstitucional para el estudio de la transmisión de COVID-19 en Costa Rica



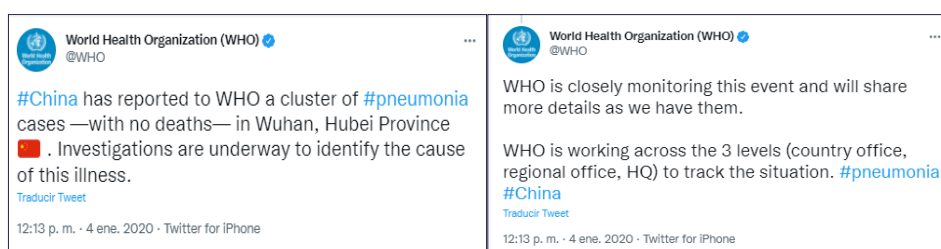
Integrantes: **Fabio Sanchez, Ph.D.:** Matemático aplicado, con experiencia en modelación de epidemias. Investigador del CIMPA y docente de la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica. **Luis Barboza, Ph.D.:** Estadístico. Investigador del CIMPA y docente de la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica. **Juan Gabriel Calvo, Ph.D.:** Analista numérico. Investigador del CIMPA y docente de la Escuela de Matemática de la Universidad de Costa Rica, **Yury García, Ph.D.:** Matemática aplicada, con experiencia en modelación de epidemias. Investigadora del CIMPA. **Paola Vásquez, MD:** Médico con estudios en salud pública. Investigadora del CIMPA. **Gustavo Mery, Ph.D.:** Asesor en Sistemas y Servicios de Salud de OPS/OMS en Costa Rica, médico. **Tania Rivas, M.D.:** Ministerio de Salud de Costa Rica. El equipo contó con la colaboración de la Unidad de estadística de la CCSS para la proporción de datos hospitalarios.



Cronología de la detección del virus SARS-CoV-2 en Costa Rica

A principios de enero del 2020, la ciudad de Wuhan, en la provincia de Hubei, China, se convirtió en el centro de atención de autoridades sanitarias a nivel mundial, posterior a que la Organización Mundial de la Salud (OMS) informara en sus redes sociales sobre la existencia de un conglomerado de casos de neumonía atípica cuyo patógeno no había logrado ser identificado (8)

Figura 3. Comunicado en redes sociales por parte de la Organización Mundial de la Salud



El 4 de enero del 2020, la OMS publicada en sus redes sociales que China había informado acerca de la existencia de un conglomerado de neumonía de etiología desconocida, sin muertes, en Wuhan, Provincia de Hubei. Se comenta, además, que se estaban realizando investigaciones para identificar la causa de la enfermedad y del estrecho monitoreo del evento en un trabajo conjunto con la oficina en el país, la oficina regional y la sede central.

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2020).

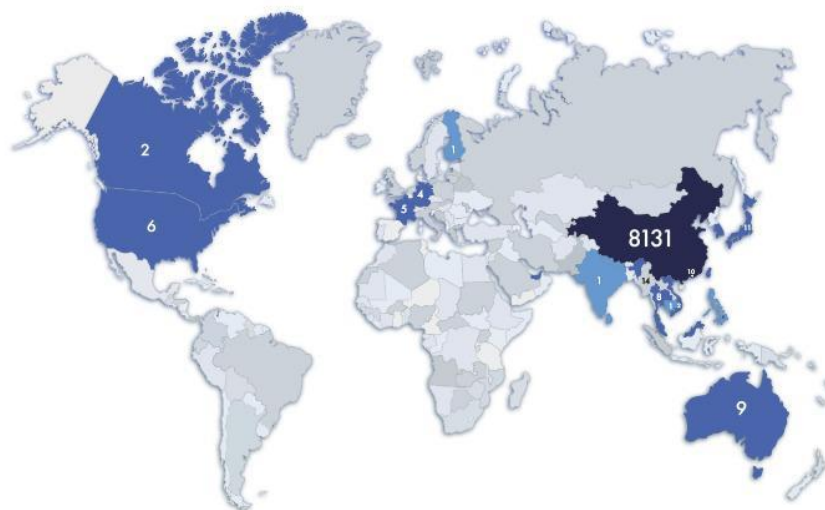
Ante esta situación, el 4 de enero del 2020, con 44 casos reportados por las autoridades sanitarias de China (2), la OMS activa su Equipo de Apoyo a la Gestión de Incidentes (IMST) en los tres niveles de la Organización —la Sede, las sedes regionales y los países— y pone así a la Organización en estado de emergencia para abordar el brote, intercambiar información pertinente y favorecer la coherencia en todo sistema (8; 9).

Cinco días después, el 9 de enero del 2020, el Centro Chino para el Control y la Prevención de Enfermedades anuncia que posterior a descartar diversos patógenos respiratorios y a la secuenciación genética de la muestra tomada de un paciente positivo, se logró determinar que el agente causal del conglomerado correspondía a un nuevo coronavirus (CoV) (4). Cuatro días después de este hallazgo, se confirma el primer caso fuera de China, cuando Tailandia detecta el primer paciente positivo (5). Ese mismo día, se publica el primer protocolo para un ensayo de Reacción en Cadena de Polimerasa en tiempo real (PCR-TR) para realizar el diagnóstico del nuevo coronavirus (6). En los días venideros, más países se suman a la detección de casos y, para el 21 de enero del 2020, la región de las Américas reportaba su primer caso importado en el estado de Washington, Estados Unidos. (10).

Ya para el 30 de enero del 2020, con más de 8 000 casos confirmados en China y más de 100 casos confirmados en otros 20 países alrededor del mundo (8), el director general de la OMS declaró el brote del nuevo Coronavirus, como una Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII) (11).



Figura 4. Países con casos reportados de COVID-19 al 30 de enero 2020 (número total de casos por país)



Países con casos reportados de COVID-19 al 30 de enero 2020: China (8 131), Tailandia (14), Japón (11), Hong Kong (10), Singapur (10), Taiwán (9), Australia (9), Malasia (8), Estados Unidos (6), Francia (5), Alemania (4), Corea del Sur (4), Emiratos Árabes Unidos (4), Vietnam (2), Canadá (2), Camboya (1), Finlandia (1), India (1), Nepal (1), Filipinas (1), Sri Lanka (1).

Fuente: Hannah Ritchie, et al. (2020). Coronavirus Pandemic (COVID-19). Published online at OurWorldInData.org.

Debido al rápido incremento en el número de casos detectados en diversos países a nivel mundial, las autoridades sanitarias en Costa Rica activan desde el 20 de enero del 2020, bajo el esquema del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, las medidas de vigilancia y los protocolos necesarios en centros de salud públicos y privados para hacer frente y atender cualquier caso sospechoso que se presentara en el país. A su vez, puntos de entrada al territorio nacional, como los aeropuertos internacionales Juan Santamaría y Daniel Oduber, activaron lineamientos y planes de contingencia para guiar el manejo de posibles pasajeros con síntomas respiratorios (12).

De igual forma, el Ministerio de Salud, en su rol de ente rector en salud, en conjunto con la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), coordinó la activación del Centro de Operaciones de Emergencias (COE) con el objetivo de mantener una estrecha comunicación y coordinación con aquellas instituciones públicas y los organismos no gubernamentales involucrados en las primeras fases de respuesta de esta alerta sanitaria mundial (12).

En esta línea, y en preparación para el eventual ingreso del patógeno al país, durante el mes de febrero, el Ministerio de Salud, en un trabajo articulado con diversas instituciones, realiza actividades de simulación para la atención y repuesta de distintos escenarios de detección de pacientes sospechosos. A su vez, el 26 de febrero del 2020, se anuncia que el Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición (Inciensa) cuenta con la capacidad de implementar la prueba molecular diagnóstica (PCR-RT) bajo el protocolo Berlín (13) Una semana después, el 6 de marzo, el Inciensa confirma el primer caso de COVID-19 en territorio nacional.



MARZO

2020



Foto:

Conferencia de prensa convocada el día 6 de marzo del 2020 ante la confirmación por parte del Inciensa del primer caso positivo del virus SARS-CoV-2 en territorio nacional. Fuente: Ministerio de Salud de Costa Rica.

El 8 de marzo, con la confirmación de 4 nuevos casos de COVID-19 y la presencia de 34 casos sospechosos en el país, el Ministerio de Salud, en coordinación con la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), determinan la necesidad de decretar estado de alerta amarilla en todo el territorio nacional (12).

Tres días posteriores a la declaratoria de alerta en el país, el director general de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el doctor Tedros Adhanom Ghebreyesus, anuncia que la Organización determina en su evaluación que, con más de 118 000 casos y 4 291 muertes en 114 países alrededor del mundo, la COVID-19 podía caracterizarse como una pandemia y realiza las siguientes declaraciones:

“Profundamente preocupados tanto por los alarmantes niveles de propagación de la enfermedad y por su gravedad, como por los niveles también alarmantes de inacción, la OMS determina en su evaluación que la COVID-19 puede caracterizarse como una pandemia” (73)



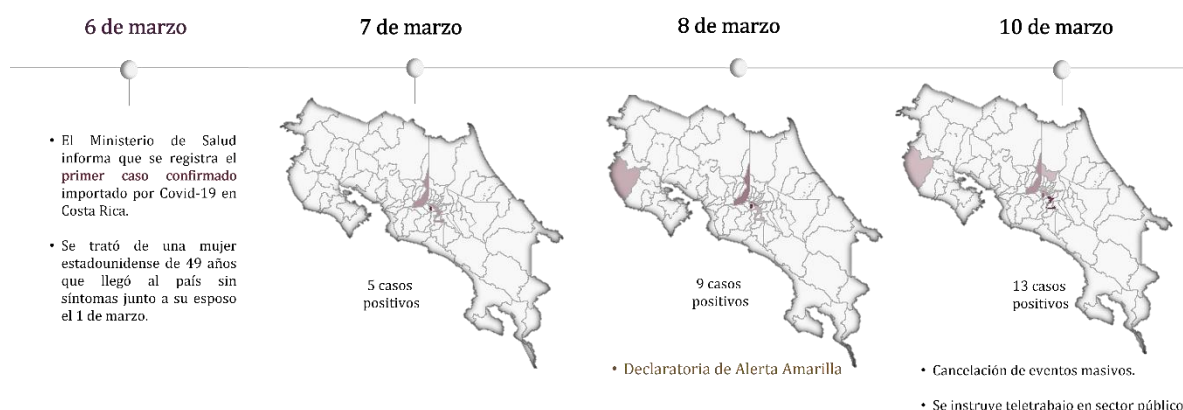
Inicio de las medidas sanitarias para la contención del COVID-19 en Costa Rica

Con la declaratoria de alerta amarilla en el territorio nacional, se emprende el proceso que daría pie a una respuesta multisectorial e interinstitucional que permitiera garantizar el fortalecimiento de la vigilancia, la preparación, fortalecimiento y expansión de los servicios de salud, la prevención de la propagación y el mantenimiento de los servicios esenciales en el país.

Esta declaratoria, impulsó la movilización inicial de recursos de manera interinstitucional y facultó la activación de distintas mesas operativas, como lo fueron: la Mesa Salud, la Mesa Seguridad, la Mesa de Gestión Municipal, la Mesa de Servicios Básicos, la Mesa de Asistencia Humanitaria en el Exterior, la Mesa de Infraestructura Productiva, la Mesa de Protección Social, la Mesa de Educación, la Mesa de Seguridad Alimentaria y la Mesa de Comercio Exterior entre otras (12; 15).

Para el 10 de marzo del 2020, con un total de 13 casos positivos detectados en las provincias de San José, Heredia, Guanacaste y Alajuela, se implementan las primeras intervenciones dirigidas a fomentar el distanciamiento físico y reducir la necesidad de movilización de las personas. Se decreta, por lo tanto, la suspensión de todas las actividades de concentración masiva, incluidas conciertos, espectáculos públicos, campos feriales, actividades taurinas, actividades ecuestres, eventos deportivos (competitivos y/o recreativos), festejos populares, ferias y turnos comunitarios, así como actividades de entretenimiento en centros comerciales. Se suspendieron, además, todas las actividades realizadas en sitios de reunión pública tales como: salas de eventos, centros de conferencias, Teatro Popular Melico Salazar y Teatro Nacional. Además, mediante la directriz N0 073-S-MTSS, se decreta el teletrabajo en todo el sector público (12).

Figura 6. Evolución de los casos confirmados por COVID-19 en Costa Rica, 6 de marzo al 10 de marzo 2020.



Fuente: Datos, Ministerio de Salud. Mapas: Elaboración propia.

En los días venideros, y con la confirmación de nuevos casos, Costa Rica implementa de forma paulatina nuevas intervenciones que permitieran disminuir aún más el contacto y la movilidad de los habitantes en el territorio nacional. Para el 12 de marzo del 2020 se indica la reducción del 50% de la capacidad aprobada para espacios de reunión pública y la suspensión de viajes al extranjero para



empleados públicos. Entre el 12 y el 13 de marzo se anuncia, además, el cierre preventivo de 344 centros educativos alrededor del país. Estos primeros cierres escolares obedecieron a la falta de condiciones necesarias de abastecimiento de agua en los centros educativos (253 centros educativos) y a la ubicación en áreas de influencia de escuelas cerradas por órdenes sanitarias (91 centros educativos) (16).

Además, en seguimiento a las recomendaciones brindadas por la OMS de utilizar canales bidireccionales para compartir información pública y comunitaria, como líneas directas (15), se activa la línea 1322, un número de consulta en el que la población costarricense pudiera informarse sobre síntomas, zonas afectadas, denuncias de mal manejo de casos o incumplimiento de órdenes sanitarias, entre otras (12). Se utilizan, además, recursos de comunicación mediante redes sociales, comunicados de prensa entre otros. Para el 15 de marzo, y ante la continua detección de casos, el Ministerio de Salud anunciaba el cierre total de bares, discotecas, casinos y del Parque Nacional de Diversiones.

El 16 de marzo, mediante el Decreto NO 42227-MIP-S, la Junta Directiva de la Comisión Nacional de Emergencias declara estado de Emergencia Nacional, con el objetivo de tomar las medidas presupuestarias y administrativas necesarias de una forma ágil y así asegurar la continuidad de los servicios. Junto con ese decreto, las autoridades sanitarias del país anunciaron:

- La suspensión de las lecciones en los centros educativos públicos y privados y centros de formación del INA, del 17 de marzo al 4 de abril.
- El cierre de fronteras a partir del 18 de marzo del 2020, en el que solo se permitía el ingreso de costarricenses y residentes al país. El decreto aplicó para la vía de ingreso marítima, aérea y terrestre. A su vez, se indicó el aislamiento de 14 días para los costarricenses y residentes que ingresaran al territorio nacional.

En días posteriores, se notificó el cierre de piscinas, balnearios, escuelas de natación, gimnasios y la suspensión de actividades y deportes de contacto. Además, se comunicó el cierre de cines, teatros y la disminución en las visitas a centros comerciales con aforos del 50%.

El 23 de marzo del 2020, con un total de 158 casos positivos en 30 cantones de las siete provincias del país, se anuncia el cierre de playas, de templos y cultos religiosos, la pérdida del estatus migratorio a toda persona que saliera del país, así como, por primera vez, la indicación de restricciones a la circulación vehicular. En la [Figura 7](#), se observa el resumen de las principales medidas de salud pública tomadas durante el mes de marzo 2020.



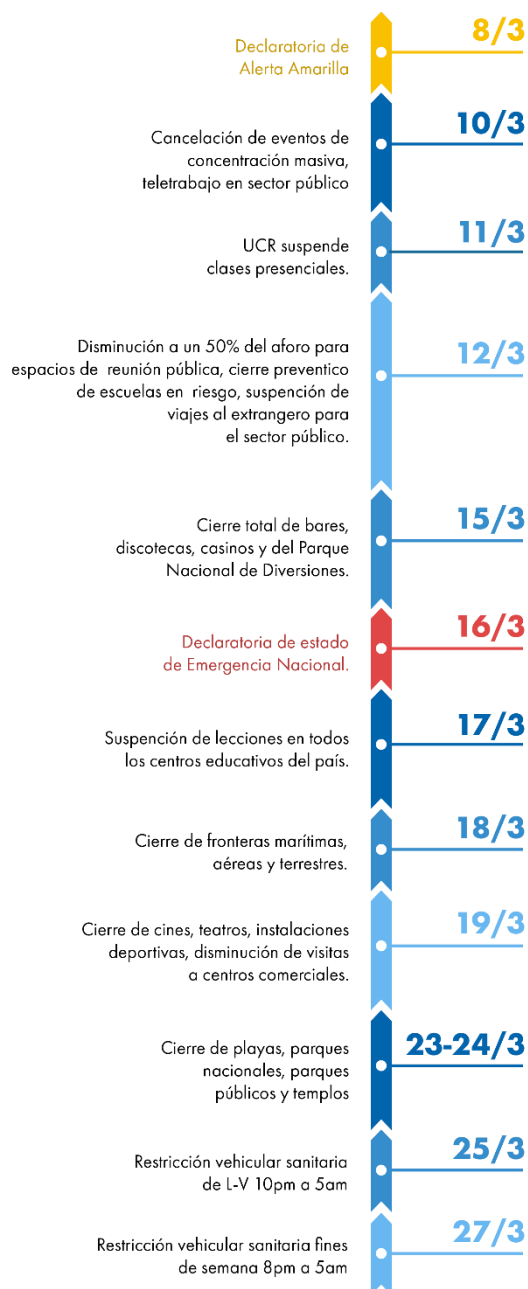
Capacidad diagnóstica y de servicio de salud

En línea con las recomendaciones brindadas por la OMS sobre la importancia de incrementar la capacidad de testeo en los países (17), el 18 de marzo del 2020, en un trabajo conjunto entre el Ministerio de Salud y la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), se amplió la capacidad para procesar la prueba molecular diagnóstica (PCR-RT) para la detección del virus SARS-CoV-2 a tres hospitales nacionales: Hospital México, Hospital San Juan de Dios y Hospital Nacional de Niños, sumando de esta manera sus laboratorios a la capacidad instalada para el diagnóstico de COVID-19 que, a la fecha, se encontraba solamente en los laboratorios de Inciensa. A finales de marzo 2020, el país contaba con una capacidad para procesar 550 pruebas diagnósticas diarias y se encontraba trabajando en la habilitación de laboratorios privados para realizar las pruebas de detección molecular.

En lo que corresponde a la capacidad de servicios de salud, desde el primer mes de circulación de COVID-19 en el país, la CCSS inició con la reconversión del Centro Nacional de Rehabilitación (CENARE) en un centro enfocado en la atención de pacientes COVID-19. Este centro, llegaría a aumentar la capacidad de atención de esta patología mediante la habilitación de 88 camas para pacientes con complicaciones leves a moderadas derivadas de la infección por el virus SARS-CoV-2 (18)

A su vez, se iniciaron gestiones para las compras de equipo de protección personal, respiradores mecánicos y equipos de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). Desde la academia, la Universidad de Costa Rica también inició con la investigación y desarrollo de respiradores de manera que pudieran utilizarse como insumo en caso de desabastecimiento de los recursos disponibles (19)

Figura 7. Principales medidas de salud pública implementadas durante el mes de marzo 2020.





Inicio de la colaboración CIMPA – Ministerio de Salud

El 11 de marzo, 2020, 5 días después de ser detectado el primer caso de COVID-19 en el país, el equipo de modelación EpiMEC se reunió con el entonces director de vigilancia epidemiológica, el Dr. Rodrigo Marín para discutir acerca del apoyo y las herramientas que el equipo podría proporcionar. El mismo día, en horas de la tarde, se le presentó al ministro de Salud, Dr. Daniel Salas los alcances y el apoyo que los modelos matemáticos podrían dar para atender la emergencia a la que se enfrentaría el país.



Foto: Equipo EpiMEC

Izquierda: Registro del encuentro con el Dr. Rodrigo Marín y parte de su equipo en las oficinas de vigilancia epidemiológica del Ministerio de Salud. Derecha: Reunión con el Ministerio de Salud Dr. Daniel Salas y su equipo asesor.



Foto tomada durante la visita de la delegación gubernamental a la UCR, encabezada por el presidente Carlos Alvarado. el evento que se con el objetivo de presentar al presidente y su equipo los proyectos de investigación de la UCR para combatir el COVID-19.

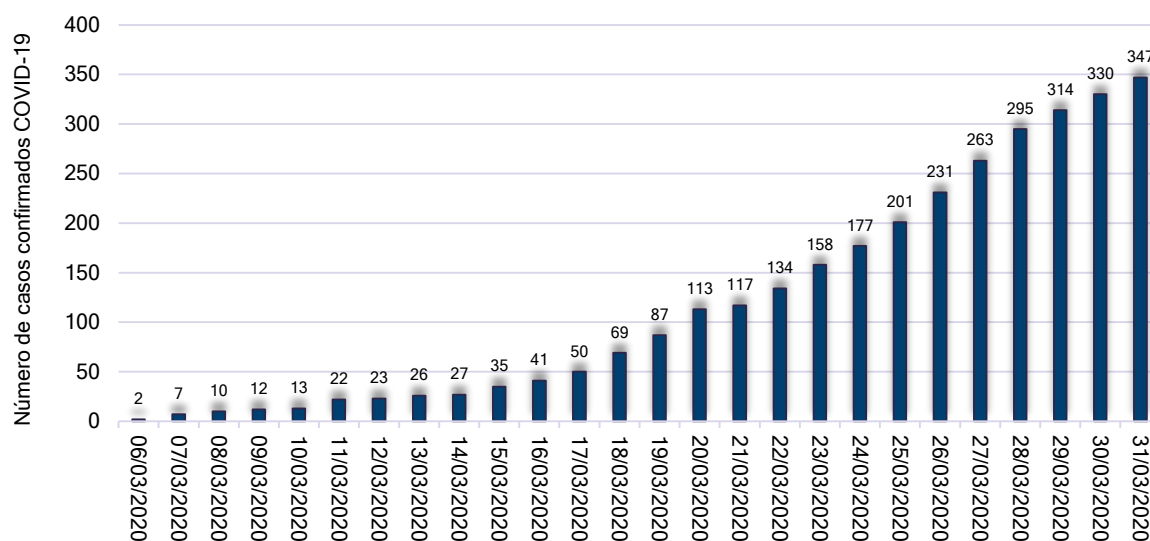


Situación epidemiológica

En lo que respecta a la situación epidemiológica, durante los primeros 25 días de circulación del virus SARS-CoV-2 en Costa Rica, el Ministerio de Salud notificó un total de 347 casos confirmados, lo que correspondía a una tasa de incidencia acumulada de 6.7 casos por cada 100 mil habitantes. Estos primeros días se caracterizaron por un lento crecimiento en el número de casos, con una tendencia menor al 2% diario. Este lento incremento fue crucial para que la capacidad de expansión hospitalaria con la que contaba el país al momento y la cantidad de pruebas no fuera superada.

Del total de pacientes detectados, el 89% se presentó en población adulta, el 7% en adultos mayores y el 4% en menores de edad. Además, se descartaron 3 498 casos sospechosos, 4 pacientes cumplieron los criterios para ser clasificados como recuperados y se notificaron 2 fallecimientos relacionados con la enfermedad (12)

Figura 8. Situación Epidemiológica COVID-19 al 31 de marzo 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica.

Tabla 2. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de marzo del 2020.

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de marzo 2020	
Acumulados	347
Recuperados	4
Hospitalizados Salón	7
Hospitalizados UCI	8
Fallecimientos	2

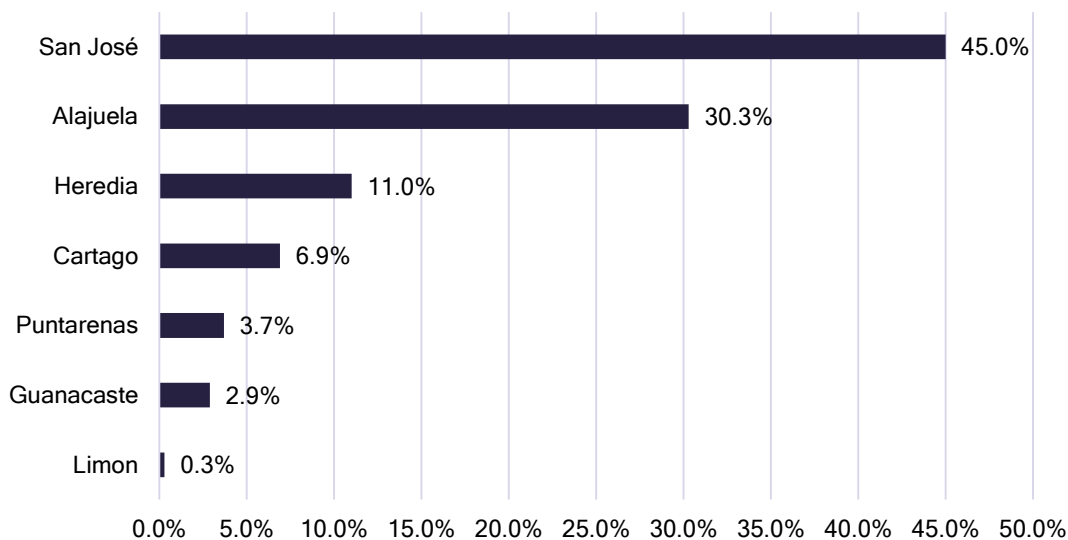
Respecto a la utilización de los servicios hospitalarios, al 31 de marzo del 2020, el país reportaba 7 personas hospitalizadas en camas moderadas de salón y 8 personas hospitalizadas en una Unidad de Cuidado Intensivo (UCI).

Fuente: Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica.



En cuanto a la distribución geográfica de los casos detectados, para el 22 de marzo del 2020 el país reportaba casos positivos en las 7 provincias del territorio nacional. Las provincias más afectadas al 31 de marzo eran: San José con un 45% de los casos detectados; seguida de Alajuela, con el 30.3% y Heredia con el 11.0%. (*Figura 9*)

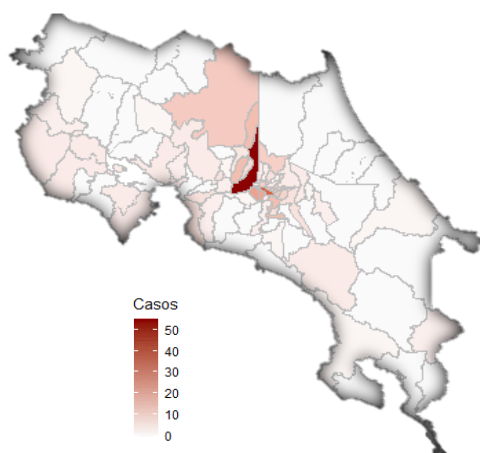
Figura 9. Porcentaje de casos positivos según provincia de residencia.



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa

A nivel cantonal, y tal como se observa en la *Figura 10*, fue el cantón de Alajuela el que agrupó la mayor cantidad de casos, con un 16.7% del total; seguido de San José, con un 10.4%, y Santa Ana, con un 6.3% de los casos reportados.

Figura 10. Distribución cantonal de los casos COVID- 19 en Costa Rica al 31 de marzo 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica.



Modelos matemáticos

Posterior a la declaratoria de emergencia nacional y la necesidad de implementar medidas dirigidas a mitigar la transmisión del virus SARS-CoV-2 basados en evidencia, el Ministerio de Salud, con el acompañamiento técnico de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), inicia los primeros análisis que permiten simular el impacto que distintos escenarios de la transmisión del virus SARS-CoV-2 tendría en el sistema hospitalario y de salud en el país.

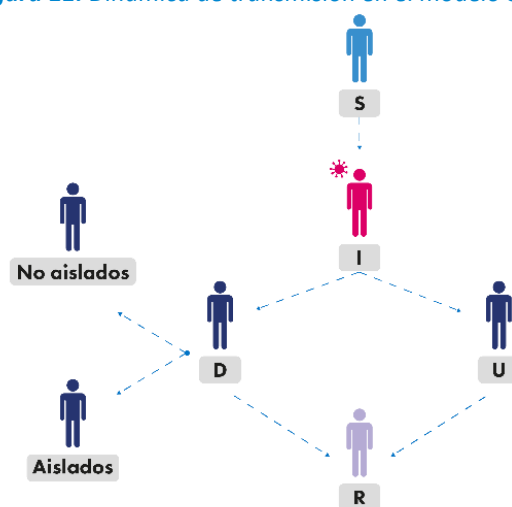
Los primeros análisis fueron realizados a partir de proyecciones elaboradas por la Dirección de Vigilancia Epidemiológica del Ministerio de Salud, con especificaciones aportadas por la OPS/OMS, así como con el apoyo bibliográfico de proyecciones realizadas por el Imperial College COVID-19 Response Team y el Chinese Center for Diseases Control and Prevention. Estas primeras proyecciones evidenciaban un crecimiento importante en el número de casos que sobrepasaban ampliamente la capacidad hospitalaria con la que contaba el país al momento. Ante estos resultados, y lo evidenciado en otros países alrededor del mundo, el ministro de Salud conforma una Mesa de Situación de Servicios de Salud, cuya función radicaría en la actualización del impacto en los servicios de salud y el desarrollo de estrategias de respuesta y contingencia adecuadas a los recursos nacionales (20)

Ante la necesidad de un trabajo interdisciplinario que permitiera el desarrollo de modelos robustos adaptados a la realidad nacional y a los constantes cambios de medidas de mitigación y control, el 11 de marzo del 2020 inicia la colaboración con el Centro de Investigación de Matemática Pura y Aplicada de la Universidad de Costa Rica (CIMPA) en el desarrollo de modelos matemáticos para estudiar la dinámica de transmisión del virus SARS-CoV2 en el territorio nacional, con el fin de proporcionar información útil e incluirse como una de las herramientas utilizadas en la toma de decisiones por parte de los tomadores de decisiones del país.

Modelo SIDUR

Inicialmente, para el estudio de la dinámica de transmisión de este nuevo patógeno en Costa Rica, se propuso un modelo tipo SEIR modificado. Para el desarrollo de este, es necesario tener en cuenta los diferentes estados epidemiológicos por los cuales un individuo puede transitar (*Figura 11*). Al 6 de marzo de 2020, fecha en la que se registra el primer caso positivo para COVID-19 en Costa Rica, se sabía que una persona que ha sido infectada entra en un periodo de incubación del virus; al final de este periodo, las personas pueden llegar a ser infecciosas. De allí, un porcentaje de personas permanece asintomático y el resto puede desarrollar síntomas leves o graves. Tanto las personas sintomáticas como las asintomáticas pueden transmitir el virus durante 14 días, aproximadamente.

Figura 11. Dinámica de transmisión en el modelo SIDUR





Ecuación 1. Modelo SIDUR

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \frac{S}{N} (I + U + \rho D)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{S}{N} (I + U + \rho D) - vI$$

$$\frac{dD}{dt} = v_1 I - \gamma D$$

$$\frac{dU}{dt} = v_2 I - \gamma U$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma D + \gamma U$$

Teniendo en cuenta lo anterior, para el desarrollo del modelo, se divide la población en 5 estados epidemiológicos diferentes: personas que son susceptibles de enfermarse (S); personas que han contraído el virus, personas infectadas (I); personas que han sido diagnosticadas positivas (D); personas no diagnosticadas, bien porque no desarrollan síntomas o porque no han sido testeadas por el sistema de salud (se usa la letra U para referir a este compartimento por la palabra en inglés unreported); y personas recuperadas (R). Se asume que las personas diagnosticadas positivas para COVID-19 se ponen en aislamiento. Sin embargo; no todas las personas siguen las recomendaciones de cuarentena, por lo que se considera que un 33% no sigue las recomendaciones y son agentes activos en la propagación del virus (21)). Teniendo en

cuenta lo reportado en la literatura (22; 23) se asume que el 80% de casos logran ser diagnosticados y un 20% no son capturados por el sistema de salud.

En la **Tabla 3**, se describen los supuestos para los parámetros que se tomaron inicialmente. Este planteamiento lleva al sistema de ecuaciones diferenciales desplegado en la **Ecuación 1**.

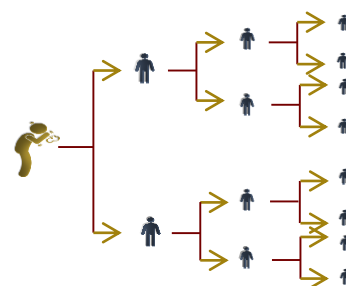
Tabla 3. Parámetros del modelo SIDUR

Parámetro	Descripción	Valor	Ref.
N	Tamaño de la población de Costa Rica	5.111.238	(39)
η	Porcentaje de personas infecciosas reportadas	75%	Sup.
v	Tiempo promedio de incubación del virus	7	(24)
$1/\gamma$	Tiempo promedio en el que una persona puede ser infecciosa después de presentar síntomas	17	(24)
$v_1 = v\eta$	Ritmo al cual una persona, en el periodo de incubación, se vuelve sintomática		
$v_2 = (1 - \eta)v$	Ritmo al cual una persona, en periodo de incubación, entra al estado de los no reportados		
ρ	Personas diagnosticadas positivo que no siguen recomendaciones de aislamiento	10%	Sup.
β	Tasa de transmisión (se estimó con los modelos iniciales)	2,1	Est.

Número reproductivo básico

El Número Reproductivo Básico o R_0 , representa el promedio de casos secundarios que se esperan al poner una persona infecciosa en una población completamente susceptible. Este valor se utiliza como parámetro umbral en la biología matemática, donde un valor de $R_0 < 1$ implica que la enfermedad probablemente desaparezca; mientras que $R_0 > 1$ implica que la enfermedad persistirá.

Figura 12. Representación gráfica del R_0





El valor de R_0 permite tener una idea de la fuerza de invasión de un patógeno y se calcula al inicio de una epidemia. Existen varios métodos para su cálculo (16). Para el propósito de este trabajo, se usa el método de la matriz de próxima generación (the next-generation matrix method) (26) y se implementa a continuación. Inicialmente se identifican los estados infecciosos del sistema, que para el sistema representado en la **Ecuación 1** vienen dados por los representados en la **Ecuación 2**.

Ecuación 2

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{S}{N} (I + U + \rho D) - \nu I$$

$$\frac{dD}{dt} = \nu_1 I - \gamma D$$

$$\frac{dU}{dt} = \nu_2 I - \gamma U$$

$$F = \begin{bmatrix} \beta & \beta\rho & \beta \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} \nu & 0 & 0 \\ -\nu_1 & \gamma & 0 \\ -\nu_2 & 0 & \gamma \end{bmatrix} \quad V^{-1} = \begin{bmatrix} 1/\nu & 0 & 0 \\ \nu_1/\nu\gamma & 1/\gamma & 0 \\ \nu_2/\nu\gamma & 0 & 1/\gamma \end{bmatrix}$$

La matriz de próxima generación está dada por

$$FV^{-1} = \begin{bmatrix} \beta + \frac{\beta\rho\nu_1}{\gamma\nu} + \frac{\beta\nu_2}{\gamma\nu} & \frac{\beta\rho}{\gamma} & \frac{\beta}{\gamma} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Los eigenvalores de la matriz FV^{-1} son 0 y

$$R_0 = \frac{\beta}{\nu} + \frac{\beta\rho\nu_1}{\gamma\nu} + \frac{\beta\nu_2}{\gamma\nu}$$

siendo esta última expresión una representación para el cálculo de R_0 . Aquí, $\frac{\nu_1}{\gamma}$ corresponde a la fracción de personas que se mueven del compartimento I a D , y $\frac{\nu_2}{\gamma}$ corresponde a la fracción de personas que dejan el compartimento I para avanzar al compartimento U .

Estimación de parámetros

Dada la información disponible sobre la enfermedad al momento, se fijó el valor de los parámetros descritos en (27) y se usó un método bayesiano para la estimación de la tasa de transmisión β , el valor de R_0 y la población susceptible inicial.

Método de aproximación bayesiana

Este método es conocido como ABC por su nombre en inglés Approximate Bayesian Computation. El método busca aproximar la distribución posterior de los parámetros a través de algoritmos secuenciales, utilizando esquemas de muestreo como el muestreo de rechazo, MCMC o muestreo secuencial de Monte Carlo. Para una mejor descripción del método y los algoritmos, se remite al lector a (28), en donde podrá encontrar los detalles requeridos para su implementación.

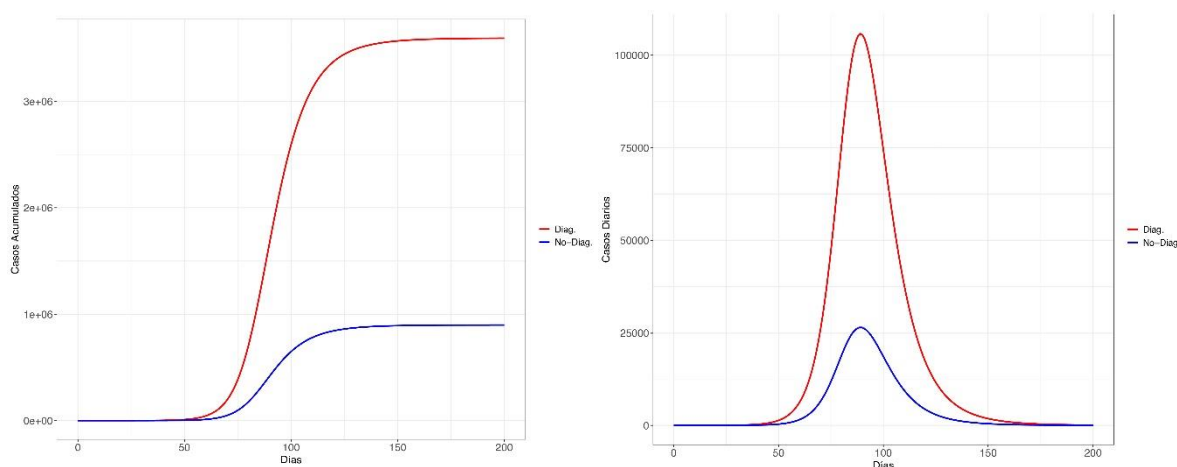


La población susceptible inicial, al igual que el parámetro β (tasa de transmisión), se obtienen a través de la minimización de la suma de las diferencias al cuadrado entre el total de casos acumulados por día y el número de casos esperados según el modelo (Ecuación 1). Se usa un algoritmo genético (29; 30) y un método cuasi-Newton L-BFGS-B (31) para hacer una primera búsqueda en el espacio de parámetros. Luego, se usan estos valores como condiciones iniciales en un esquema de muestreo de rechazo para el ABC (28; 32) usando un paquete de R (33). Las distribuciones a priori para los parámetros se asumieron uniformes. Este método fue implementado anteriormente en un estudio de Zika y Dengue (34).

Resultados

Con la información disponible al 13 de marzo del 2020, se realizó un ajuste del modelo tomando como tiempo inicial el 29 de febrero 2020, día en el que se asume el inicio de síntomas de los pacientes. Con este primer ajuste, se obtiene una tasa de transmisión de $\beta = 0,2309$, población susceptible inicial de 4 741 154 y un $R_0 = 3,11$. Estos valores se reemplazan en el modelo y se resuelve el sistema de ecuaciones diferenciales. Los resultados muestran que, bajo estas condiciones, el pico de la epidemia se daría a finales de mayo, principios de junio, con un total de 1 969 603 casos acumulados y un tamaño final de la epidemia de 4 494 130 (Figura 13), contexto que superaría ampliamente la capacidad de atención de los servicios de salud del país.

Figura 13. Proyecciones del modelo SIRDUR.



Las trayectorias corresponden a las infecciones diagnosticados (rojo), no diagnosticados (azul). Panel izquierdo corresponde a las infecciones acumuladas.

La distribución posterior de R_0 se presenta en la Figura 14. El valor oscila alrededor de 3, valor que ha sido reportado en trabajos previos (35).



Figura 14. Panel Izquierdo: Ajuste del modelo SIDUR a los casos positivos confirmados a la fecha. Panel Derecho: Distribución posterior de R_0

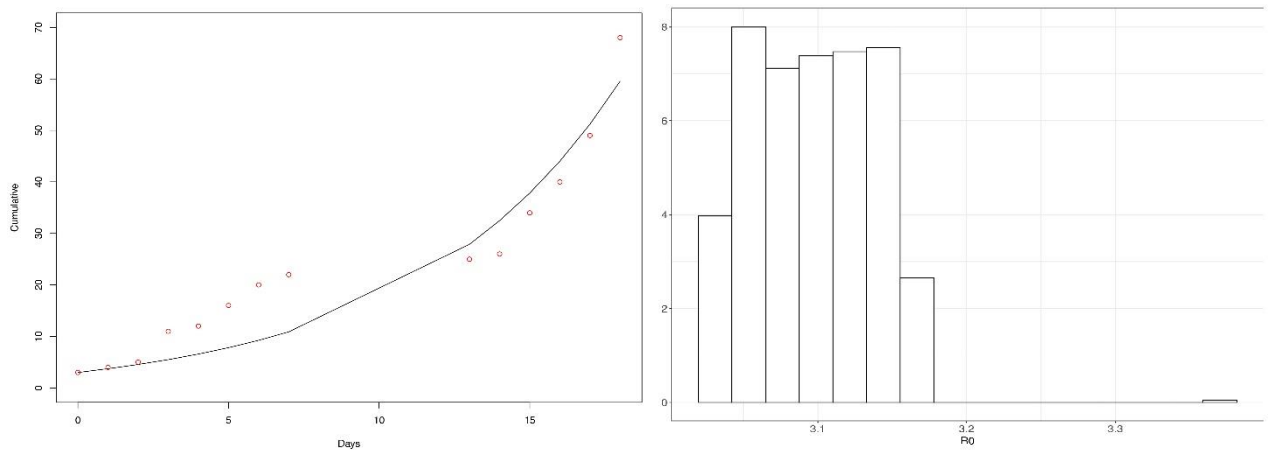
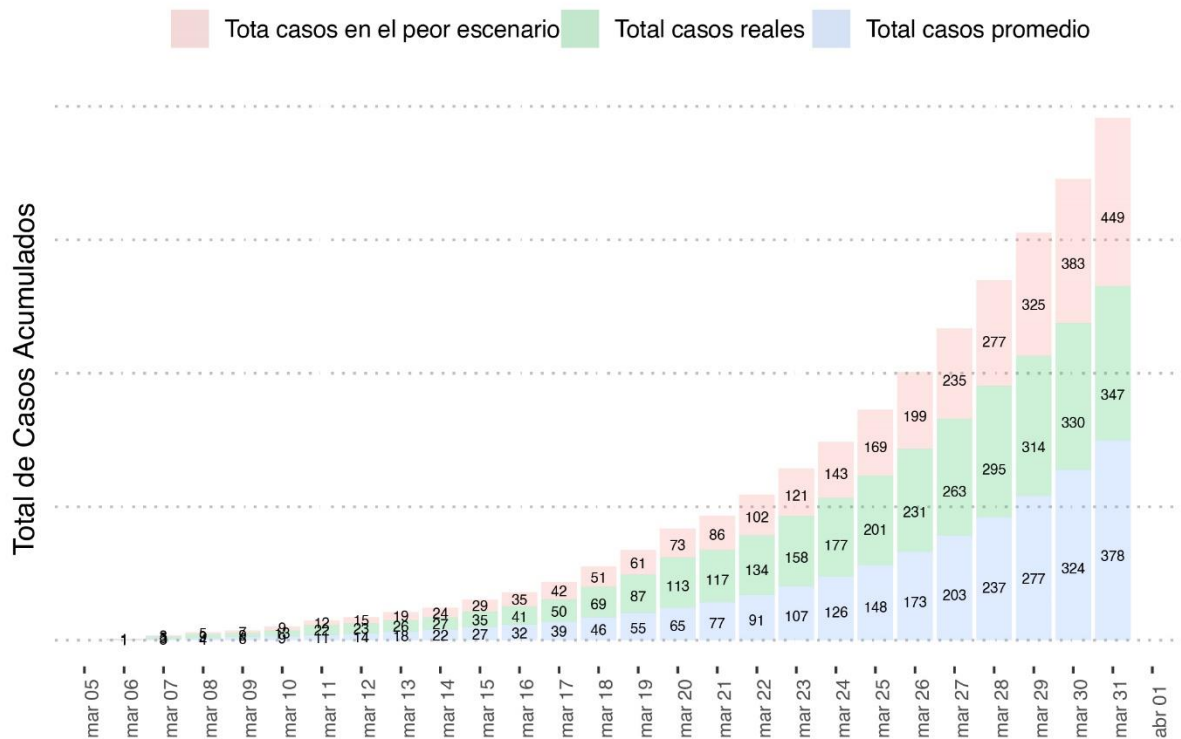


Figura 15. Proyección del modelo SIDUR en el que se presentan el peor y el mejor escenario esperados según los resultados del ajuste del modelo.



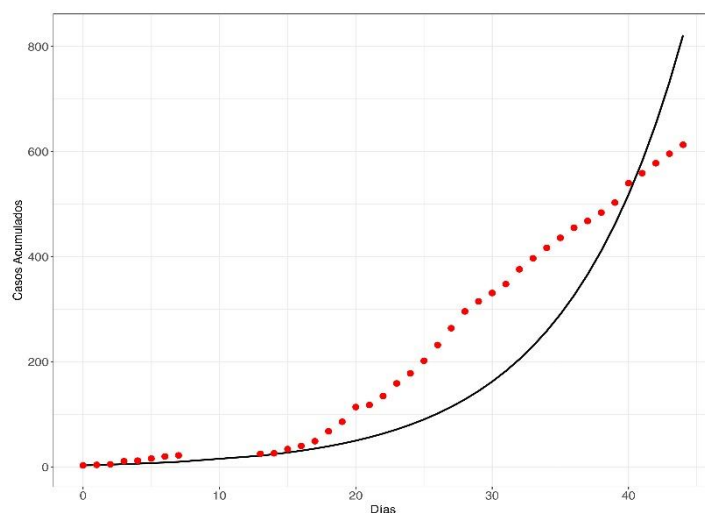
Durante los primeros días de apoyo a las autoridades sanitarias, el equipo de investigación del CIMPA recalculaba los parámetros con información diaria de casos detectados y se proyectaba nuevamente. En esta fase inicial el modelo mostraba un buen ajuste; sin embargo, el gobierno de Costa Rica tomó medidas de control rápidamente y logró una contención del crecimiento exponencial de la epidemia



y las proyecciones del modelo SIDUR empezaron a alejarse de los datos reales (**Figura 16**). Los datos reales empezaron a tener un crecimiento menos acelerado al que se hace referencia con crecimiento “subexponencial”.

Las medidas sanitarias implementadas en marzo modifican el comportamiento social y, por lo tanto, la dinámica de transmisión de la enfermedad, situación que conduce a realizar los primeros cambios en las hipótesis de modelación. Una situación similar fue evidenciada en algunas regiones de China, en ciudades que tomaron medidas de forma temprana (36).

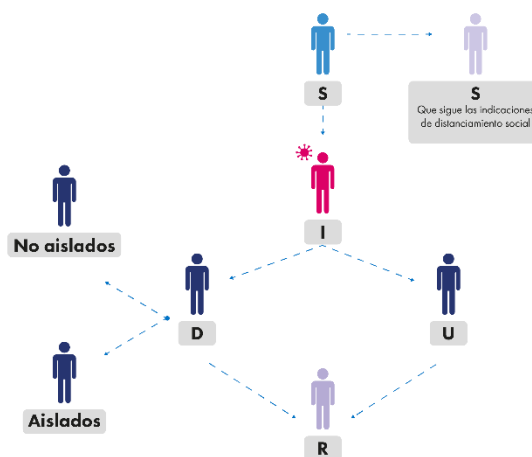
Figura 16. Proyección del modelo SIDUR. En rojo casos positivos confirmados para COVID-19.



Modelo Subexponencial

La dinámica de propagación de todo patógeno emergente se encuentra acompañada de grandes incertidumbres, no solo sobre sus principales características epidemiológicas y clínicas, sino también por la respuesta que puedan tener los gobiernos y las poblaciones ante la emergencia sanitaria. Por lo que cuando se utilizan técnicas de modelación se vuelve necesario replantear y mejorar de forma constante los modelos e hipótesis utilizados de manera que lo modelado pueda funcionar como un insumo para los tomadores de decisiones.

Figura 17. Dinámica de transmisión en el modelo subexponencial



Es en este contexto, y tomando como base el modelo tipo SIR propuesto inicialmente, (**Ecuación 1**) y los parámetros de la **Tabla 3**, se define un



nuevo compartimento C , que corresponde a las personas que se ponen en cuarentena o que se aíslan, ya sea de forma voluntaria o por las medidas impuestas por las autoridades nacionales.

Las ecuaciones del sistema están dadas por (*Ecuación 3*):

Ecuación 3: Modelo Subexponencial

$$\frac{dS}{dt} = -\beta \frac{S}{N} (I + U + \rho D) - \kappa S$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{S}{N} (I + U + \rho D) - \nu I$$

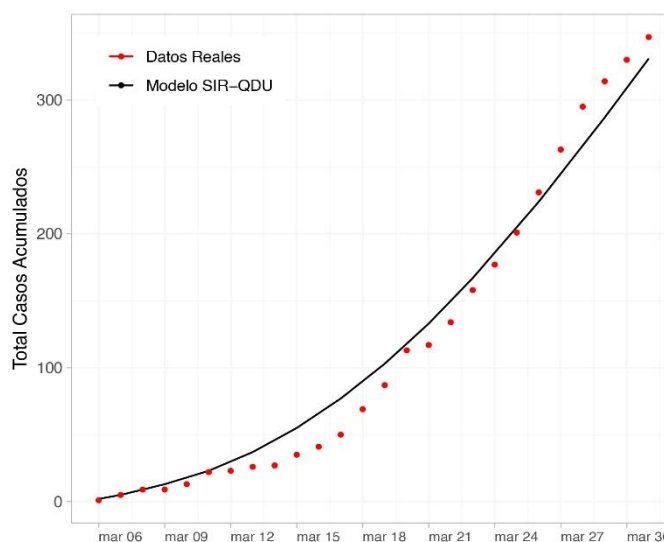
$$\frac{dC}{dt} = \kappa S$$

$$\frac{dD}{dt} = \nu_1 I - \gamma D$$

$$\frac{dU}{dt} = \nu_2 I - \gamma U$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma D + \gamma U$$

Figura 18. Ajuste del modelo subexponencial a los datos reales



Con las modificaciones realizadas en el modelo se logra capturar nuevamente la tendencia de los datos (*Figura 18*). Sin embargo, para inicios de abril, producto del cambio en las dinámicas sociales y de movimiento, se vuelve necesario un cambio en la técnica de modelación.

Si bien los modelos determinísticos y subexponencial dejaron de ser funcionales rápidamente, ellos permitieron informar a las autoridades sanitarias acerca de la posible dinámica de transmisión que el virus SARS-CoV-2 podría tener si no se implementaban medidas de contención y mitigación. Esto debido a mostraban un crecimiento exponencial que superaba rápidamente la capacidad de respuesta de los servicios de salud en el país.

Estos primeros resultados llevaron a la consolidación de un equipo de trabajo interdisciplinario e interinstitucional en el que participaban, además de los integrantes del equipo del CIMPA (equipo EpiMEC), personal del Ministerio de Salud y la Organización Panamericana de la Salud. El equipo se encargó de modelar la dinámica de transmisión del virus en el contexto del país, además de interpretar y analizar los resultados de las proyecciones teniendo en cuenta la situación nacional. Dichos análisis se entregaban a la mesa de situación quienes, a la luz de otros análisis complementarios se encargaban de emitir recomendaciones a los tomadores de decisiones. Los insumos aquí suministrados llevaron a la planeación de estrategias de contingencia y de respuesta que fueron fundamentales en los meses venideros, sobre todo, en aquellos que presentaron un importante crecimiento en el número de casos y uso de los servicios de salud (20).

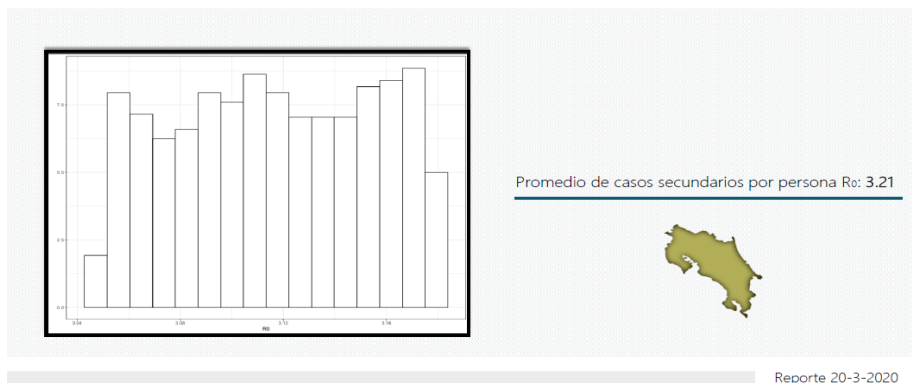


Proyecciones

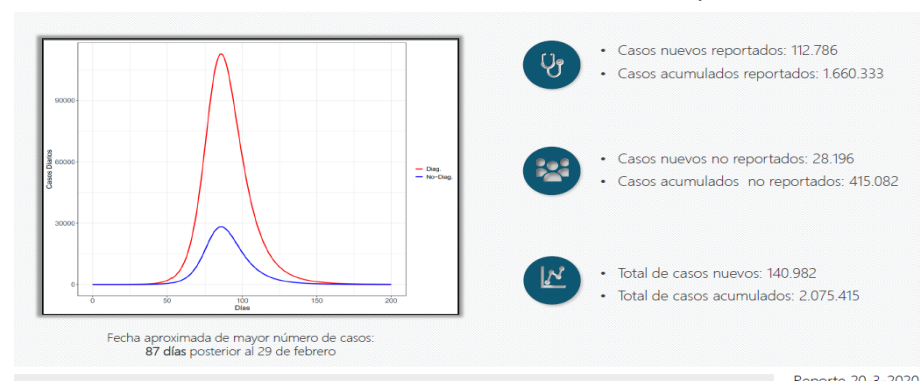
Con el fin de hacer un seguimiento al progreso y proyección de los casos de COVID-19, los parámetros se actualizaban diariamente con los datos nuevos reportados y se presentaba un reporte a las autoridades de salud pública con las proyecciones de casos, la distribución para R_0 y un mapa con la distribución geográfica de los datos reales reportados. A continuación, se incluyen los reportes por día.

Marzo 20, 2020

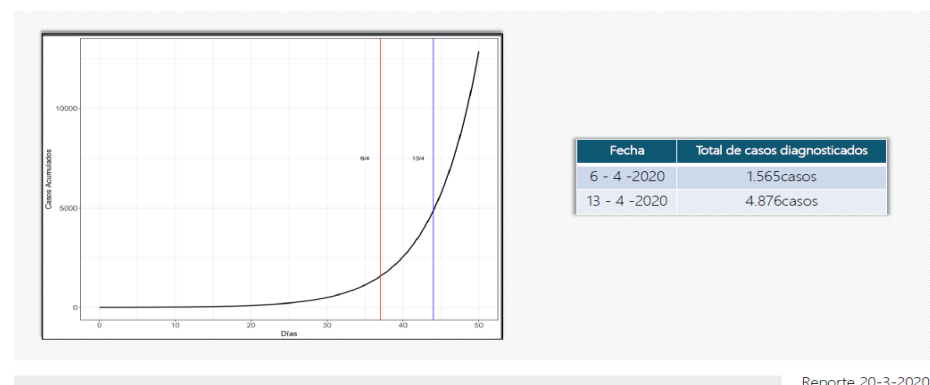
Modelo Matemático Diario COVID-19



Casos nuevos por día



Proyección de casos



Marzo 21, 2020



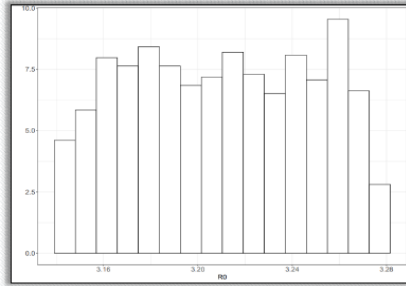
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

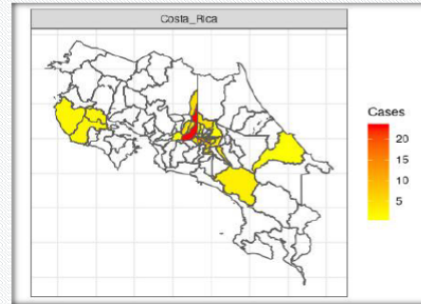
EMat
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 3.22

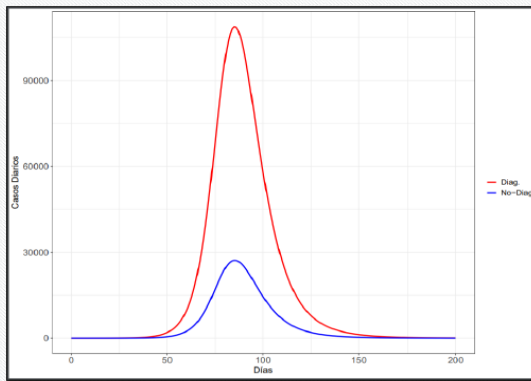


* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país



Reporte 21-3-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
86 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 108.745
- Casos acumulados reportados: 1.538.031



- Casos nuevos no reportados: 27.186
- Casos acumulados no reportados: 384.507

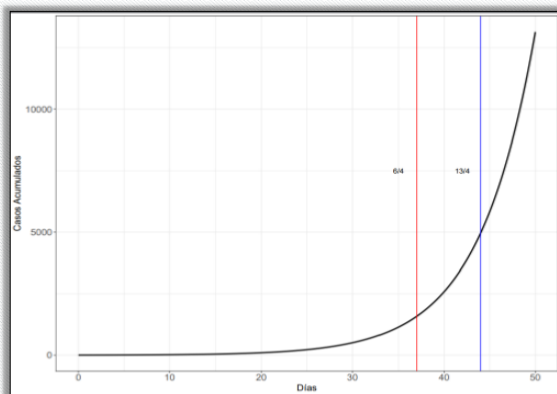


- Total de casos nuevos: 135.931
- Total de casos acumulados: 1.922.538

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país

Reporte 21-3-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	1.587 casos
13 - 4 - 2020	4.962 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país

Reporte 21-3-2020

Marzo 22, 2020



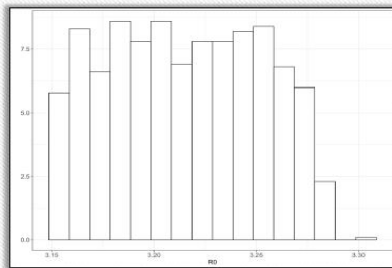
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

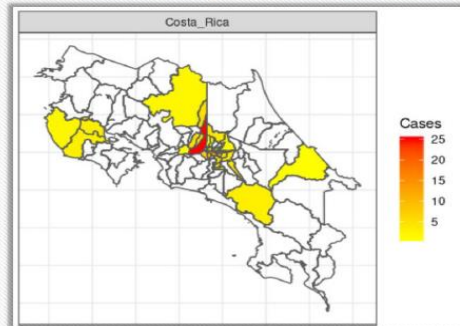
EMat
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R0: 3.21



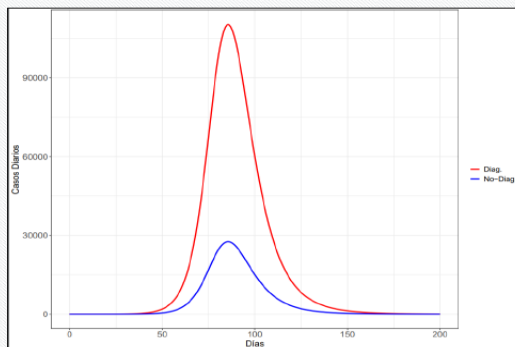
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los datos del día de hoy

Reporte 22-3-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
87 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 110.244
- Casos acumulados reportados: 1.642.362



- Casos nuevos no reportados: 27.561
- Casos acumulados no reportados: 410.590

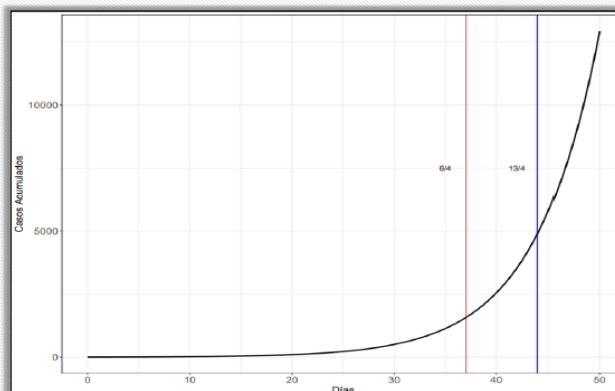


- Total de casos nuevos: 137.805
- Total de casos acumulados: 2.052.952

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país

Reporte 22-3-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	1.568 casos
13 - 4 - 2020	4.890 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país

Reporte 22-3-2020

Marzo 24, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA

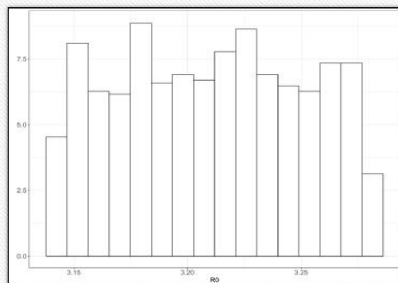
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat

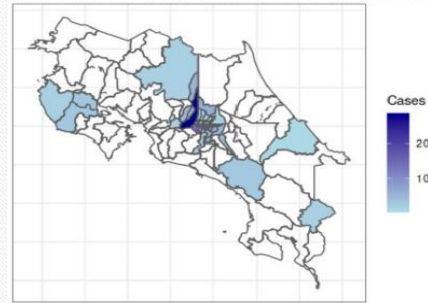
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 3.2



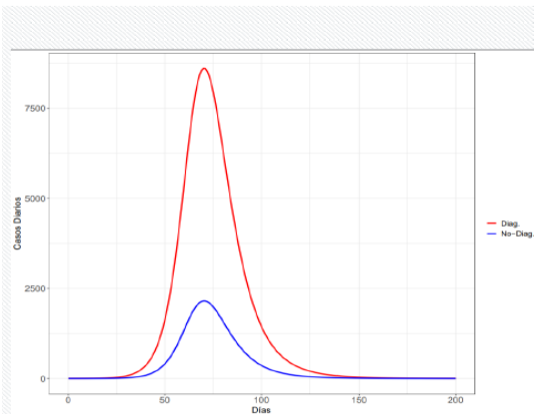
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 19 casos del 24-3-2020.

Reporte 24-3-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
71 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 8.608
- Casos acumulados reportados: 121.783



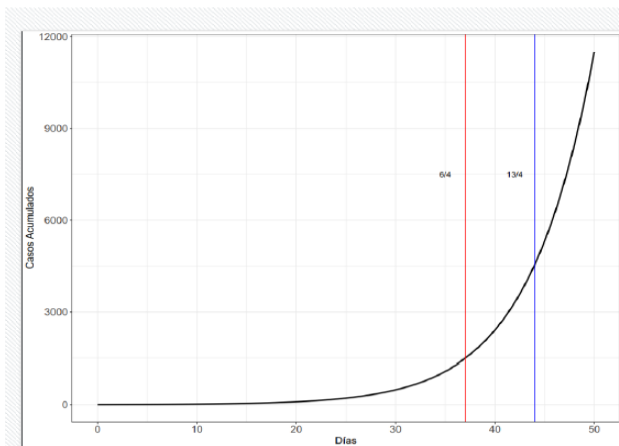
- Casos nuevos no reportados: 2.152
- Casos acumulados no reportados: 30.445



- Total de casos nuevos: 10.760
- Total de casos acumulados: 152.228

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	1.496 casos
13 - 4 - 2020	4.550 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 24-3-2020

Marzo 25, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA

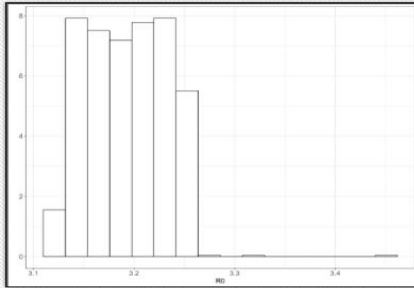
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat

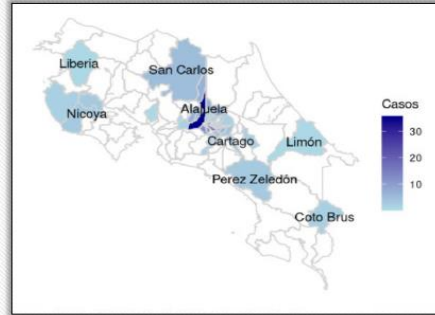
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 3.18



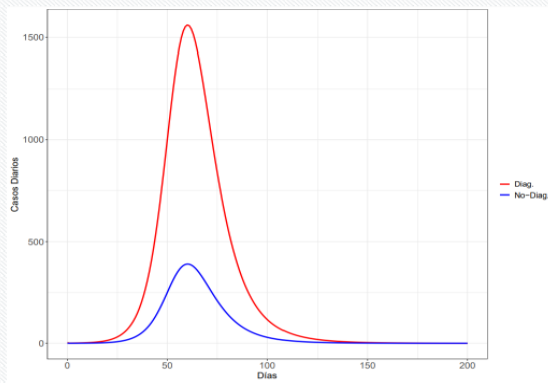
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 24 casos del 25-3-2020.

Reporte 25-3-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
61 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 1.560
- Casos acumulados reportados: 22.522



- Casos nuevos no reportados: 390
- Casos acumulados no reportados: 5.630

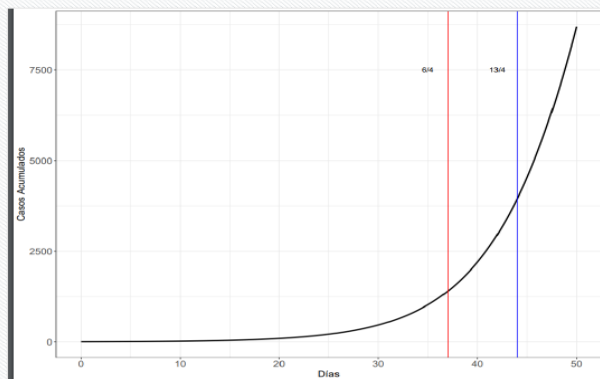


- Total de casos nuevos: 1.950
- Total de casos acumulados: 28.152

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 25-3-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	1.398 casos
13 - 4 - 2020	3.946 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 25-3-2020

Marzo 26, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA

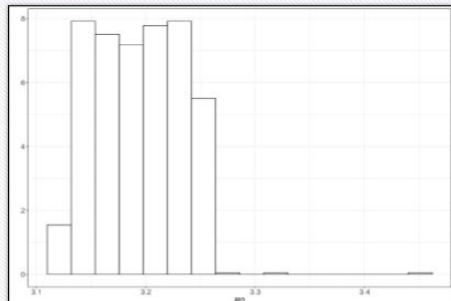
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat

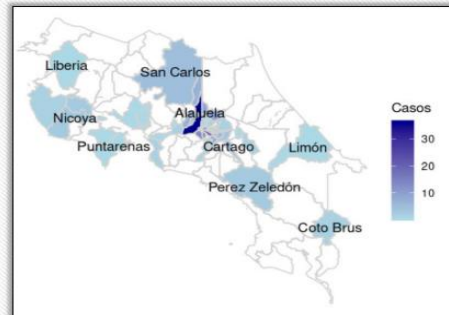
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vázquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 3.17



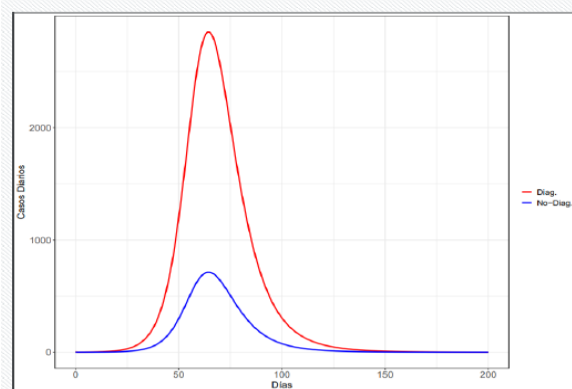
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 30 casos del 26-3-2020.

Reporte 26-3-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
65 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 2.853
- Casos acumulados reportados: 40.765



- Casos nuevos no reportados: 713
- Casos acumulados no reportados: 10.190

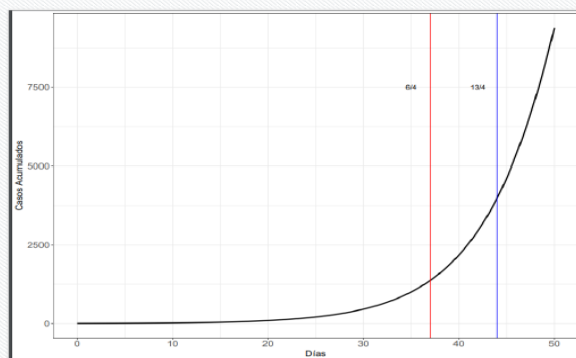


- Total de casos nuevos: 3.566
- Total de casos acumulados: 50.955

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 26-3-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	1.372 casos
13 - 4 - 2020	3.993 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 26-3-2020



Marzo 27, 2020



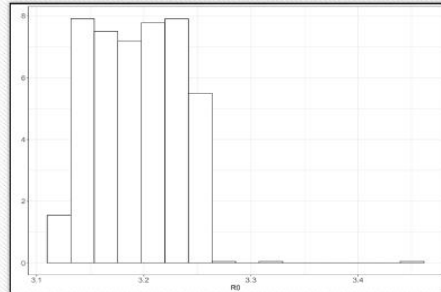
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

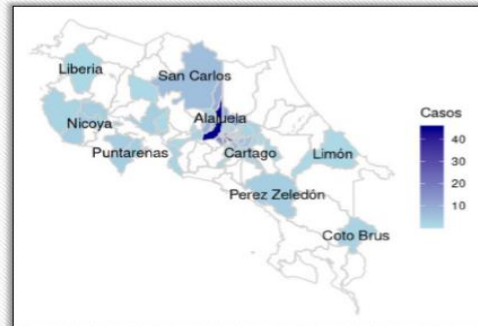
EMat
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sánchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 3.15



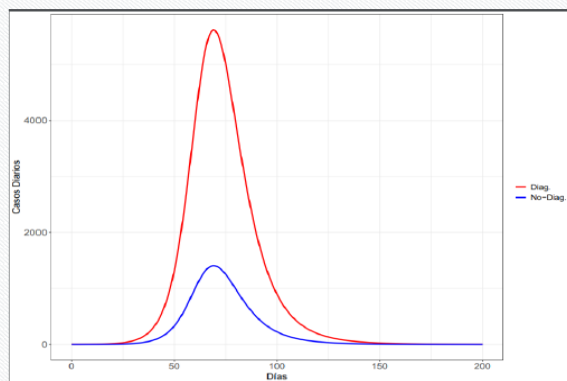
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 32 casos del 27-3-2020.

Reporte 27-3-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
70 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 5.620
- Casos acumulados reportados: 82.057



- Casos nuevos no reportados: 1.405
- Casos acumulados no reportados: 20.513

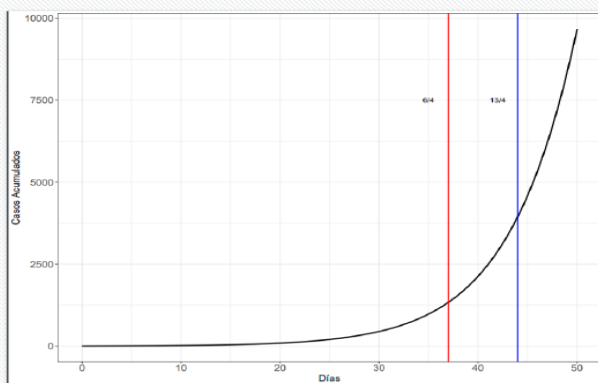


- Total de casos nuevos: 7.025
- Total de casos acumulados: 102.570

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 27-3-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	1.336 casos
13 - 4 - 2020	3.945 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 27-3-2020

Marzo 31, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA

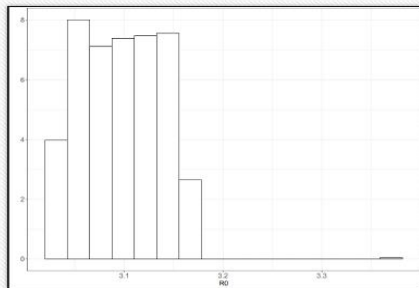
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat

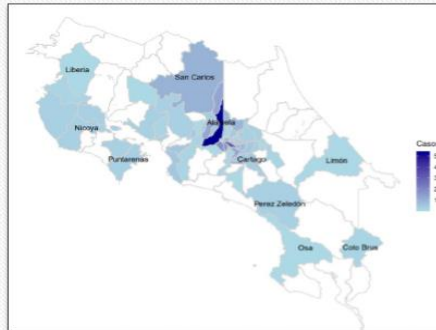
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vázquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 3.04



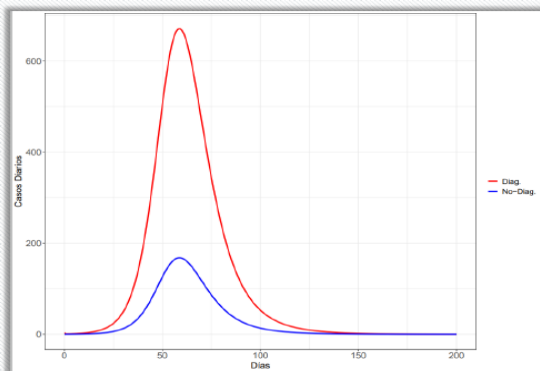
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 17 casos del 31-3-2020.

Reporte 31-3-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
60 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 671
- Casos acumulados reportados: 10.616



- Casos nuevos no reportados: 168
- Casos acumulados no reportados: 2.653



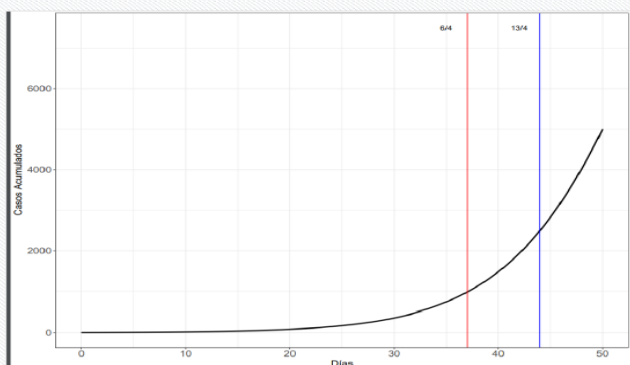
- Total de casos nuevos: 839
- Total de casos acumulados: 13.269

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 5.844

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 31-3-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	979 casos
13 - 4 - 2020	2.499 casos

Fecha	Total de casos activos
6 - 4 - 2020	655 casos
13 - 4 - 2020	1.634 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 31-3-2020



ABRIL

2020



Abril 2020

Contexto país

Durante el mes de abril, y en una situación epidemiológica de lento crecimiento de casos, las autoridades sanitarias del país mantenían un importante trabajo en la identificación y aislamiento de los nexos epidemiológicos, así como una lucha contra el tiempo para fortalecer e incrementar la capacidad de diagnóstico y de servicios de salud.

Según datos de la CCSS, para el 4 abril del 2020, el país contaba con un total de 140 camas en UCI para la atención tanto de pacientes COVID-19 como para pacientes con otras patologías, alcanzando una ocupación del 80% de camas UCI en la primera semana de abril (112 de las 140 camas UCI se encontraban ocupadas) (12)

En este contexto de capacidad y ocupación hospitalaria, el Ministerio de Salud de Costa Rica anuncia el mayor cierre de actividades y restricción de movilidad que se ha impuesto en el territorio nacional. Esta estrategia fue posible tomando los días festivos asociados a la celebración de Semana Santa para disminuir al máximo la circulación de personas, mediante restricciones vehiculares, así como el cierre de actividades comerciales y laborales. Del 3 al 7 de abril, se amplió la restricción vehicular nocturna en todo el territorio nacional, desde las 5:00 p.m. a las 5:00 a.m.; también, se restringió el transporte público de larga distancia (mayores a 75km) y se indicó el cierre de establecimientos con atención al público. A partir del 8 de abril y hasta el 12 de abril, salvo excepciones, se suspendió la circulación de vehículos y el transporte público en todo el territorio nacional.

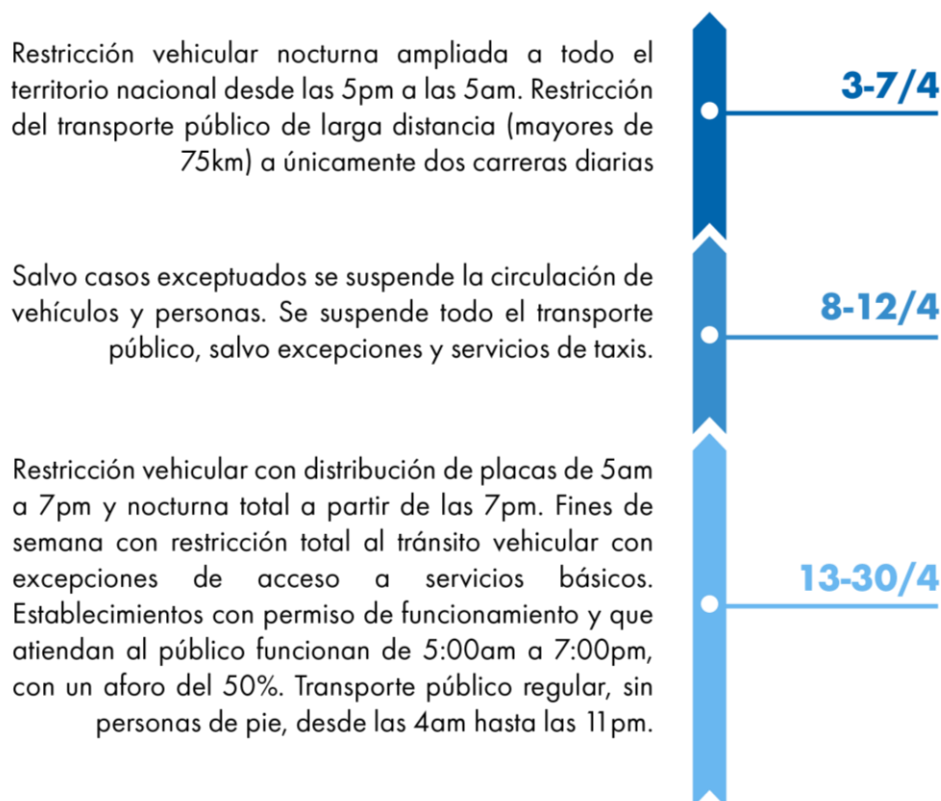
Posterior a la Semana Santa, se indicó que, para los días restantes del mes, regiría en el país la restricción vehicular nocturna de 7:00 p.m. a 5:00 a.m., una restricción vehicular diurna con distribución de placas de 5:00 a.m. a 7:00 p.m., y fines de semana con restricción total al tránsito vehicular y cierre de establecimientos con atención al público a las 7:00 p.m. entre semana, con un cierre total durante fines de semana, con la excepción de servicios a domicilio y autoservicio.

Además de las medidas sanitarias implementadas durante este periodo, específicamente el 16 de abril del 2020, el ministro de salud, anuncia el envío de un proyecto de ley a la Asamblea Legislativa que permitiera la notificación de órdenes sanitarias de manera digital, lo cual representó un avance importante en la lucha contra esta emergencia sanitaria.

A su vez, y debido a la afectación económica que las medidas de cierre significaban al país, el 9 de abril, el Gobierno de la República, mediante el Decreto No. 42305-MTSS-MDHIS y sus reformas, habilitó el PROGRAMA PROTEGER. Este programa permitió brindar a personas trabajadoras despedidas, con reducción de jornada laboral o con contrato suspendido, así como trabajadores independientes, informales y temporales afectados por COVID-19, un subsidio económico que sirviera como apoyo a miles de familias en situación económica vulnerable. En la [Figura 19](#), se muestran las medidas de cierres implementadas durante el mes de abril 2020.



Figura 19. Medidas sanitarias implementadas en abril 2020



Fuente: datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica. Diagrama: elaboración propia.

Incremento en la capacidad hospitalaria

En cuanto a los esfuerzos realizados para aumentar la capacidad hospitalaria, el 2 de abril, solo 27 días luego de haberse detectado el primer caso positivo en Costa Rica, la CCSS habilitó la fase de atención de pacientes en el Centro Especializado de Atención de Pacientes con COVID-19 (CEACO). Para su habilitación, se requirieron dos semanas, durante las cuales se realizó una transformación completa al Cenare, inversión en equipos médicos, y se dio capacitación a los funcionarios que serían parte de la atención de este centro médico, el cual contaría con 1350 trabajadores de distintas disciplinas, laborando en tres turnos para la atención de 88 pacientes con complicaciones leves a moderadas producto del Covid-19 (12)

Inicio de vigilancia centinela

Para la detección de pacientes, se activa la vigilancia centinela en sitios estratégicos del territorio nacional, en aquellos sitios del país donde se encuentran establecidos Protocolo de Vigilancia de Influenza y otras virosis respiratorias. Estos sitios corresponden a establecimientos de salud seleccionados con base en criterios epidemiológicos, sociales y demográficos, en los cuales se indicó la realización de un mínimo de 15 muestras por semana (10 para enfermedad tipo influenza (ETI) y 5



en pacientes con Infección Respiratoria Aguda (IRAS)), y el muestre de todas las Infecciones Respiratorias Agudas Graves (IRAG).

Para el 19 de abril, con un total de 660 casos confirmados en 59 cantones del territorio nacional, el Ministerio de Salud informaba que las 141 pruebas realizadas a ese momento en las 14 unidades centinela habían dado negativo.

Figura 20. Ubicación de los laboratorios habilitados, sitios y unidades centinela al 9 de abril 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica

La **Figura 20** muestra la ubicación de los 4 sitios centinela, 14 unidades centinela y laboratorios habilitados al mes de abril 2021 .

1 Una unidad centinela se define como un establecimiento de salud seleccionado con base en criterios epidemiológicos específicos. La unidad está conformada por un hospital y una o dos áreas de salud que atienden un área definida, suministra información tanto a nivel hospitalario como comunitario y cuenta con base poblacional. Por su parte, un sitio centinela corresponde a un establecimiento de salud seleccionado con base en criterios epidemiológicos específicos, con el fin de captar casos con condiciones especiales, los cuales son de interés para la vigilancia nacional e internacional, pero que no tiene una base poblacional. Por ejemplo: sitios que permiten captar casos de áreas con alta migración, hospitales especializados para monitorear grupos de edad específicos, establecimientos de salud cuya área de atracción tiene alta densidad poblacional, entre otros.



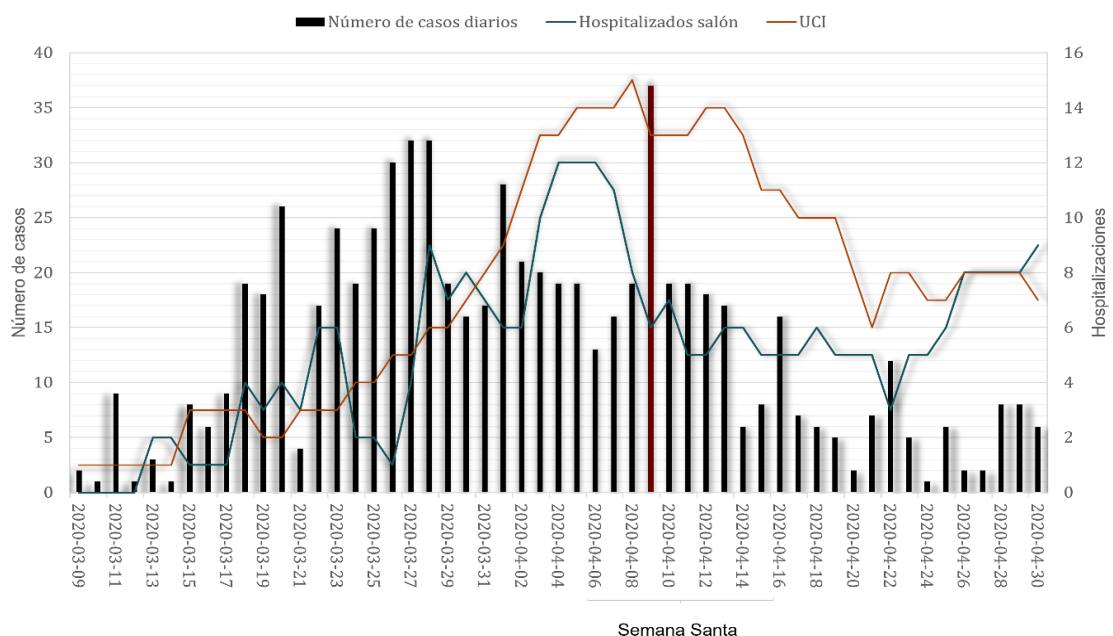
Situación epidemiológica

Al 30 de abril del 2020, el Ministerio de Salud reportaba un total de 719 casos confirmados por COVID-19 a nivel nacional, para una tasa de incidencia acumulada de 14 casos por cada 100 mil habitantes. Del total de casos confirmados, el 51.7% (372 casos), fueron notificados durante el mes de abril. Por distribución de grupo etario, el 89.4% correspondían a adultos, 5.3% a adultos mayores y 5.3% a menores de edad. Se contabilizaban además un total de 8 688 casos descartados, 6 fallecimientos y 16 personas hospitalizadas, 9 de las cuales se encontraba en UCI.

La tendencia de crecimiento aproximada durante este mes fue del 3%, situación que fue fundamental para no superar la capacidad de atención hospitalaria que, durante los primeros meses, tal y como se describe anteriormente, a pesar de la habitación del CEACO, era escasa, sobre todo para la atención de pacientes en una Unidad de Cuidados Intensivos.

Como se observa en la **Figura 21**, el 9 de abril es la fecha en la que el país reportaba la mayor cantidad de casos nuevos hasta ese momento, con un total de 37 casos positivos. Sin embargo, posteriormente el país empieza a observar una disminución sostenida tanto en la incidencia de casos como en la ocupación hospitalaria.

Figura 21. Situación Epidemiológica COVID-19 del 6 de marzo al 30 de abril del 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica.

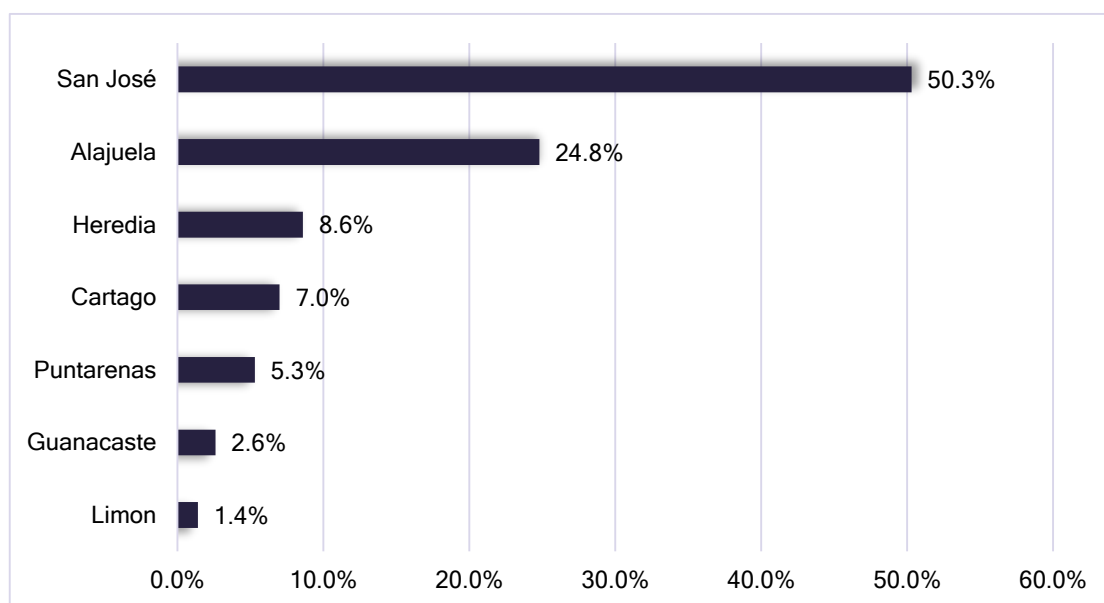


Tabla 4. Resumen de la situación epidemiológica COVID-19 al 30 de abril 2020

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de abril 2020	
Acumulados	719
Recuperados	338
Hospitalizados en salón	7
Hospitalizados UCI	9
Fallecimientos	6

En lo que respecta a la distribución geográfica de los casos confirmados, durante abril el país reportaba pacientes en 59 cantones de las siete provincias. El 50.3% de los casos a esa fecha se reportaron en provincia de San José; el 24.8% en Alajuela y el 8.6% en Heredia.

Figura 22. Porcentaje de casos según provincia de residencia al 30 de abril 2020



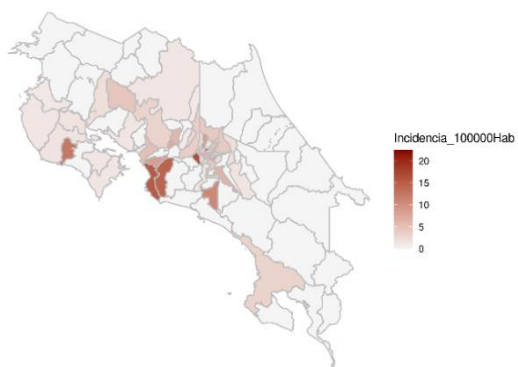
Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica.

Como se observa en los mapas de la **Figura 23**, la mayor cantidad de casos nuevos durante las primeras semanas del mes de abril se reportaban en cantones ubicados en el Gran Área Metropolitana. Sin embargo, para las tres últimas semanas se evidencia un incremento en regiones costeras, principalmente en la zona del Pacífico del país. Para la semana 18, la mayor incidencia de casos se reporta en la provincia de Guanacaste, en el cantón de Bagaces.

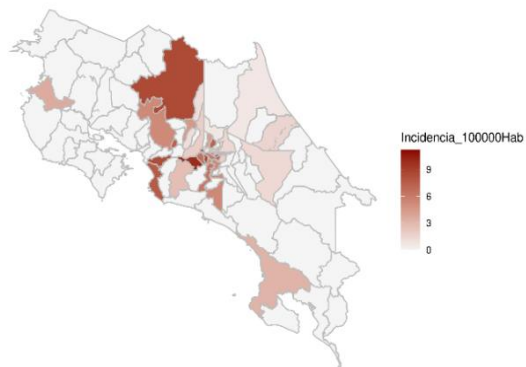


Figura 23. Distribución geográfica de la incidencia de casos COVID-19 durante abril 2020

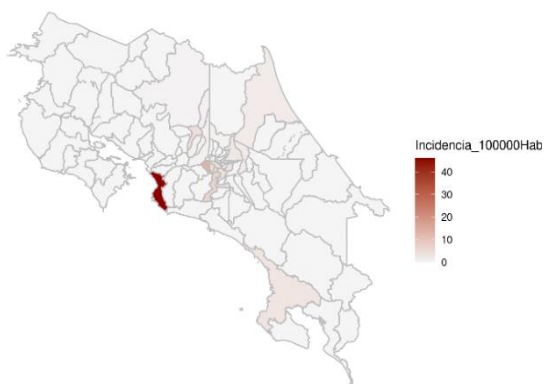
Semana 14 : 03/29/2020 - 04/04/2020



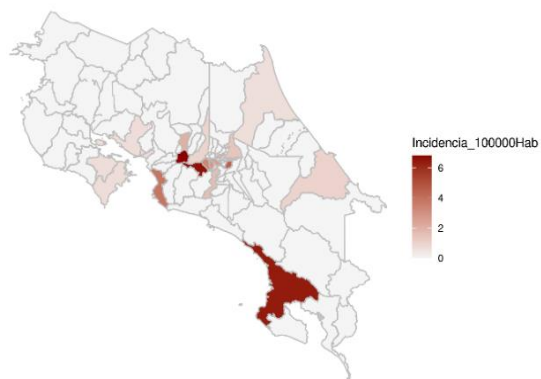
Semana 15 : 04/05/2020 - 04/11/2020



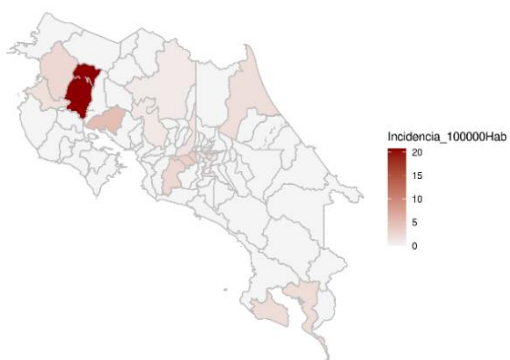
Semana 16 : 04/12/2020 - 04/18/2020



Semana 17 : 04/19/2020 - 04/25/2020



Semana 18 : 04/26/2020 - 05/02/2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica.



Modelos matemáticos

Para inicios de abril, producto de cambios en el movimiento poblacional, en las redes de contacto, el comportamiento social y las limitaciones propias del modelo hacen que el modelo subexponencial deje de ser funcional. Se vuelve necesario, por lo tanto, un cambio en la técnica de modelación.



Modelo de redes

A continuación, se describe el modelo de redes. Aunque se explican la mayoría de los detalles base que la versión más actual contempla (versión a octubre del 2021), muchos de estos supuestos no fueron desarrollados en la primera versión del modelo propuesto en abril del 2020, sino que se fueron desarrollando a medida que surgían necesidades con la evolución de la pandemia.

En este capítulo se hace una descripción completa del modelo, pero a lo largo de este reporte se irán presentando y explicando los cambios que poco a poco se fueron incorporando para llegar a la versión presentada aquí.

Al inicio de una pandemia, los modelos clásicos de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (tipo SIR) permiten analizar de forma exploratoria escenarios determinísticos de lo que podría esperarse bajo supuestos poco flexibles y sin medidas de control. Esto incluye una posible estimación de la tasa de transmisión o “velocidad inicial de propagación” del virus en un estado inicial en el cual no se asumen cambios en distanciamiento social ni regulaciones gubernamentales.

En una pandemia, la propagación del virus, las redes de contacto social, las políticas públicas y el comportamiento individual y colectivo, cambian constantemente en el tiempo. Por lo que, para un mejor estudio de la dinámica de transmisión del virus, se hace necesario desarrollar un modelo que permita un análisis más detallado y flexible ante la diversidad de factores que afectan la dinámica de transmisión. Uno de los mayores retos en este tipo de modelos es incorporar variaciones en el comportamiento humano, modificado tanto por voluntad propia como por las restricciones sanitarias.

Luego de extensos análisis y comparaciones con diferentes enfoques y estudios, se implementó un modelo de redes (multi-capas, temporal y estocástico), el cual ha ido adecuándose y adaptándose conforme la enfermedad evoluciona. A continuación, se detallan algunos aspectos importantes del modelo. No se pretende dar una exposición completa de este tipo de modelos, pues han sido estudiados y es un área activa de investigación: (referencias).

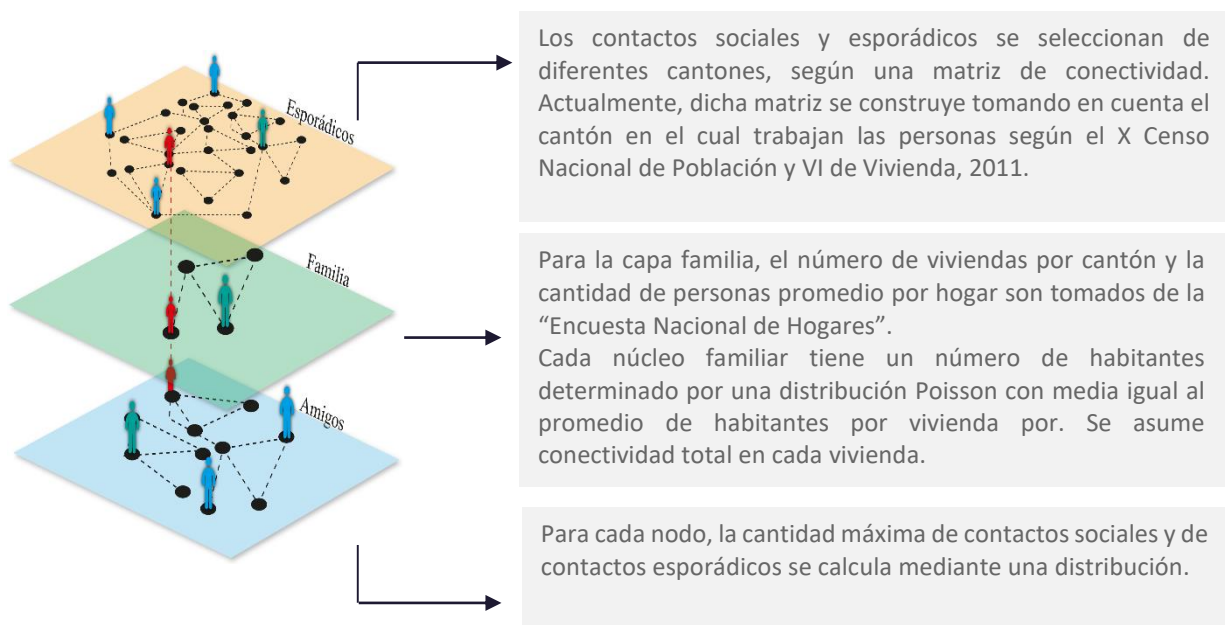
Generalidades sobre la red

Los modelos de redes permiten considerar la propagación de una epidemia en una red social (dirigida o no). Matemáticamente, su representación es a través de un grafo $G(V, E)$, con V un conjunto de vértices y $E \subset V \times V$ un conjunto de aristas o enlaces entre vértices. En el modelo, cada uno de los nodos representa a un individuo de la población. Dados dos nodos $n_i, n_j \in V$, la arista $e_{ij} = (n_i, n_j) \in E$ representa conectividad entre dichos nodos o individuos. El grafo queda determinado mediante una



matriz de adyacencia A , cuyas entradas a_{ij} determinan la conectividad entre nodos (usualmente 1 si hay contacto o 0 en caso contrario). En este tipo de representación, es posible incluir “dirección” en los contactos y pesos en las aristas para diferenciar entre diversos tipos de relaciones en la población. El grado de cada nodo corresponde al número de vecinos o contactos de ese nodo. Si bien hay quienes utilizan modelos basados en agentes para este tipo de representaciones, el modelo de red es más eficiente, ya que evita tener que conocer la ubicación de cada agente y solo requiere contabilizar el número de contactos entre personas de la red.

Figura 24. Representación gráfica de las tres capas de contactos en el modelo de redes.



En este modelo, el número de nodos en el gráfico es igual a la población total de Costa Rica. Un borde conecta dos nodos en un día específico si tienen contacto. Se intenta imitar cómo los contactos de un nodo (individuo) cambian con el tiempo al modificarse su número de bordes (conexiones con vecinos) a diario. Para diferenciar tipos de contactos en la población, consideramos una red temporal multicapa (31). Además, consideramos tres capas como se muestra en la **Figura 24**, cada capa se genera aleatoriamente y representa un tipo diferente de contacto entre individuos. Estas capas son:

1. Red en el hogar (personas que viven en la misma casa)
2. Red social (contactos conocidos como amigos y colegas)
3. Red esporádica (extraños que puede encontrar en períodos en los que visita ubicaciones aleatorias).

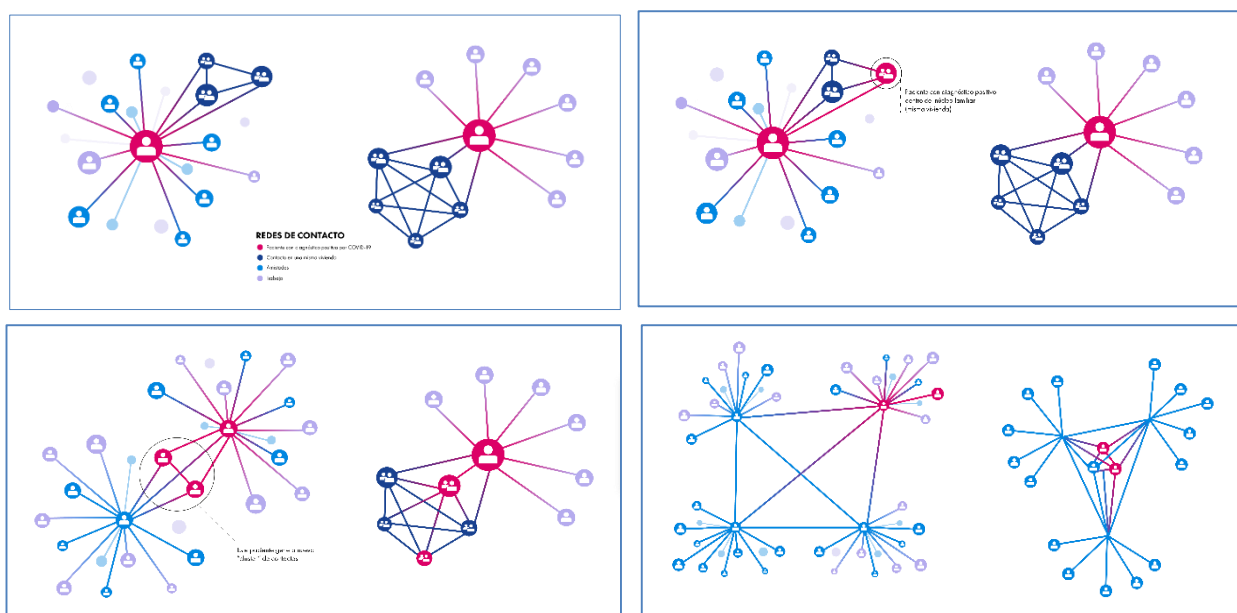
Las redes están conectadas por bordes intracapa (enlaces en una capa) y bordes entre capas (enlaces entre capas). Las capas uno y dos son fijas para cada simulación, mientras que, la capa tres puede cambiar cada día ya que un individuo no tiene control sobre encuentros esporádicos. Cada nodo tiene dos tipos de atributos:



1. Parámetros fijos, como cantones, miembros del hogar, grupo de edad (0-18 años), adultos (19-64 años) y personas mayores (+65 años)), grado y conectividad gráfica para la capa dos.
2. Atributos variables, como conectividad para la capa tres, estado epidemiológico, número de días en el estado epidemiológico actual, número de interacciones con contactos sociales por día, uso de medidas de protección personal y comportamiento de autocuidado.

El primero se define al comienzo de cada simulación y el segundo puede tomar valores aleatorios cada día. Para obtener detalles de implementación ver (37)

Figura 25. Representación esquemática del modelo de redes



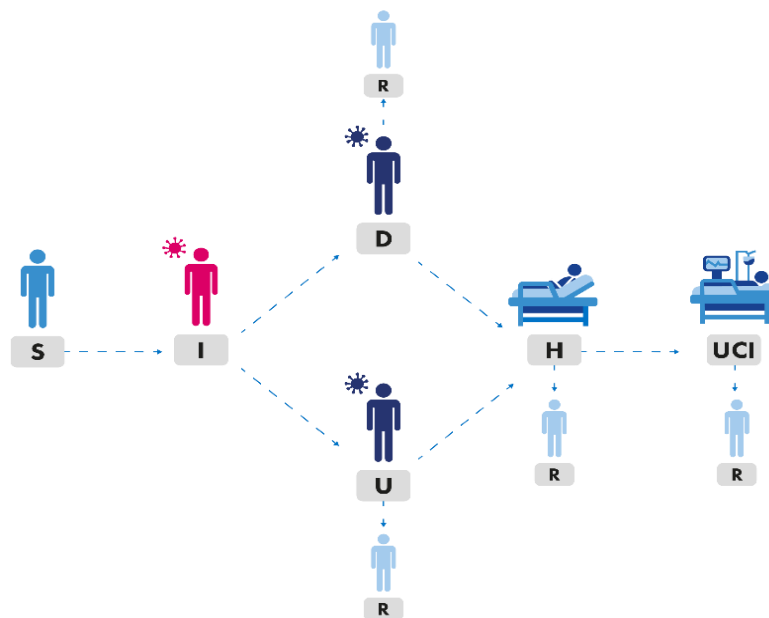
Los esquemas muestran cómo se van generando las redes de contacto cada vez que un individuo se infecta. Los nodos rojos representan los individuos infectados, el azul oscuro la red familiar, el azul claro representa la red de amigos o compañeros de trabajo y las líneas y nodos lila corresponde a los contactos esporádicos.



Modelo de transmisión del SARS-CoV-2

La dinámica clásica tipo SEIR se incorpora al modelo de red multicapa para describir el proceso de transmisión del virus SARS-CoV-2, incluyendo ahora la dinámica hospitalaria. La población se divide según el estado epidemiológico. El primer compartimento corresponde a individuos susceptibles, cuando una persona se infecta pasan a una etapa de latencia en la que eventualmente se vuelven infecciosos (no diagnosticados o diagnosticados). Las personas podrían potencialmente recuperarse, requerir una cama de hospital, requerir cuidados intensivos o morir, ver la [Figura 26](#).

Figura 26. Dinámica de transmisión del virus SARS-CoV-2



La probabilidad de infección de un individuo depende de sus interacciones diarias con sus contactos infecciosos (nodos). Si la probabilidad de que el nodo j infecte un nodo i susceptible en un día dado es β_{ij} , entonces la probabilidad de infección p_i para el nodo i es dado por

$$p_i = 1 - \prod_{j \neq i} (1 - \beta_{ij})$$

El índice j incluye todos los índices de nodos que pueden infectar al nodo i ese día en particular.

El valor β_{ij} puede depender de atributos como la capa, el estado epidemiológico, la movilidad, el uso de medidas de protección personal y comportamiento de autocuidado, del tiempo de exposición, el entorno entre otros factores. De esta forma, se imitaron las diferentes medidas de salud establecidas ajustando el valor de p_i

$$p_i = 1 - \prod_{j \neq i} (1 - c_j \beta_{ij})^Y \quad (4)$$



El valor de c_j corresponde a un porcentaje de reducción que depende de la capa, uso de medidas de protección personal, y movilidad humana en la interacción entre los nodos i y j , respectivamente, y $\gamma \in (0,1]$ es un parámetro de calibración estimado para cada simulación en una ventana de siete días usando un método de bisección estándar. Se minimiza el error cuadrático entre los casos observados y pronosticados. Luego, se fija el valor de γ para todas las simulaciones.

Datos

A continuación, se describen los datos requeridos para el modelo y sus fuentes.

- Rastreo de contactos. Las condiciones iniciales del modelo se basan en el rastreo de contactos proporcionado por el Ministerio de Salud (Base de nexos epidemiológicos). Estos datos permitieron crear una red de contactos más realista en las primeras etapas de la pandemia (38) Información sobre hogares. El número de hogares por cantón y el número promedio de individuos por hogar se tomó de la “Encuesta Nacional de Hogares” (39) realizada por la Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en 2018. En este modelo, el número de habitantes de cada hogar se determina mediante una distribución de Poisson, con una media igual al número medio de habitantes por hogar por cantón. Se asume la conectividad total en cada hogar sin reducción de la probabilidad de infección ($c_j = 1$).

Tabla 5. Parámetros de la red.

Tipo de contacto	Intervalo	Parámetros infección	c_j
Contactos en la red de esporádicos	[0, 20]	Contactos esporádicos	0.5000
Contactos en la red de contactos sociales	[5, 30]	MP	0.1476
Contactos sociales por día (GAM)	[5, 25]	DS	0.1238
Contactos sociales por día fuera del GAM	[5, 15]	MP and DS	0.0182

(Izquierda) Distribución del grado de cada nodo en la capa de contactos sociales y esporádicos; GAM representa el Gran Área Metropolitana. (Derecho) Parámetros de infección en la Ecuación (1). MP y DS son abreviaciones para medidas de protección y movilidad humana, respectiva.

El grado de los nodos en las capas dos y tres se calcula utilizando una distribución uniforme en un intervalo dado (40) ver valores en la Tabla 3. El número de contactos en la capa de los contactos sociales es fijo, pero las interacciones diarias corresponden a subconjunto de estos.

Matriz de movilidad. Las posibles conexiones entre nodos en diferentes cantones se seleccionan de acuerdo con una matriz de conectividad que proporciona el lugar de residencia y el lugar de trabajo, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Hogares” (39). Conexiones entre dos individuos de dos cantones diferentes solo puede existir si existe dicha conexión en la matriz de movilidad.

Individuos no detectados. Los individuos asintomáticos y pre-sintomáticos desempeñan un papel esencial en la propagación del virus (41; 42). Sin embargo, la proporción de individuos infectados asintomáticos y la tasa de transmisión del virus para estos individuos permanece desconocida (43; 44). La literatura científica ha reportado diferentes porcentajes alrededor del mundo (45; 46). Con base en esta información y la capacidad de testeo del país, se asume que el 25% de las personas infectadas



no eran detectadas. Este porcentaje da cuenta de los individuos asintomáticos y de las personas con síntomas leves que no son capturadas por el sistema. Para mediados del 2020, Costa Rica realizaba 3.3 tests en promedio por 10 000 habitantes, con una tasa de positividad del 25%. La recomendación de la OMS, para ese momento, era tener una tasa de positividad de 5% o inferior por al menos para la reapertura (47).

Medidas de protección. Estudios anteriores (48; 49; 50) han demostrado que la incorporación de medidas de protección personal adecuadas y la restricción de la movilidad humana reducen la probabilidad de infección. Si la interacción entre dos nodos implica el uso de medidas de protección personal, entonces se reduce la probabilidad β_{ij} de acuerdo con los valores en la [Tabla 5](#).

En el modelo se incorporan dos parámetros; el primero da cuenta del porcentaje de personas que usan mascarilla, se lavan las manos, entre otras medidas de protección (MP); y el segundo, representa el porcentaje de individuos que circulan y su impacto en la interacción humana (representado como DS para Distanciamiento Social). Este se ve afectado por las restricciones de salud pública y los eventuales cambios en el comportamiento social. Para simular los diferentes niveles de restricciones o el levantamiento de medidas, se reduce o aumenta el valor de este parámetro, respectivamente. Además, se disminuye el número de conexiones (bordes) entre nodos en diferentes cantones para simular la restricción de movilidad entre ubicaciones específicas.

Parámetros epidemiológicos. Los parámetros relacionados con las transiciones hospitalarias se calculan con base en las estadísticas del país y son proporcionadas por la CCSS. La tasa de transmisión del virus se estimó inicialmente con métodos bayesianos y el resto de los parámetros son tomados de la literatura

Tabla 6. Parámetros de la dinámica de transmisión

Parámetro	Descripción	Valor	Ref.
N	Tamaño de la población de Costa Rica	5.111.238	(39)
η	Porcentaje de personas infecciosas reportadas	75%	Sup.
v	Tiempo promedio de incubación del virus	7	(24)
$1/\gamma$	Tiempo promedio en el que una persona puede ser infecciosa después de presentar síntomas	17	(24)
$v_1 = v\eta$	Ritmo al cual una persona, en el periodo de incubación, se vuelve sintomática		
$v_2 = (1 - \eta)v$	Ritmo al cual una persona, en periodo de incubación, entra al estado de los no reportados		
ρ	Personas diagnosticadas positivo que no siguen recomendaciones de aislamiento	10%	Sup.
φ_1	Tasa a la que un diagnosticado requiere hospitalización	0,75/5	
φ_2	Tasa a la que una persona no diagnosticada requiere hospitalización	0,01/5	Sup.
θ	Tasa a la que una persona hospitalizada requiere UCI	0,32/4	(51)
$1/\gamma_h$	Promedio de días que una persona permanece hospitalizada (en salón)	1/11	(51)
$1/\gamma_U$	Promedio de días que una persona permanece en UCI	1/12	(51)
μ_h	Tasa de mortalidad en hospitalización	0,02/11	(51)
μ_U	Tasa de mortalidad en UCI	0,08/12	(51)
β	Tasa de transmisión (se estimó con los modelos iniciales)	2,1	Est.



Los valores de la **Tabla 6** corresponden a los valores iniciales en el modelo de redes y en los modelos tipo SIR. Los supuestos y parámetros del modelo son revisados y actualizados constantemente, según la información que se reporta a nivel internacional y la evolución de la pandemia en el país. Algunos de ellos son supuestos (Sup.) porque se carecía de referencias o información para sustentarlos. La tasa de transmisión fue estimada (Est.) al inicio de la pandemia con un método bayesiano.

Algunos resultados

Inicialmente, se busca calibrar el parámetro **CoefFriend** y, para ello, se usan los datos reportados por cantón al día 11 de marzo del 2020 como condición inicial del modelo (este es el primer día en el que los datos son reportados con esta especificación geográfica por el ministerio de salud) y se incorpora un coeficiente, llamado **Coefficiente de amistad (CoefFriend)**, con el cual se buscaba capturar el distanciamiento social en el grupo de amigos en particular.

De manera experimental se toman diferentes valores como se muestra en la **Figura 27**.

Figura 27. Dependencia del Coeficiente de Amistad: 100 simulaciones con diferentes valores para CoefFriend

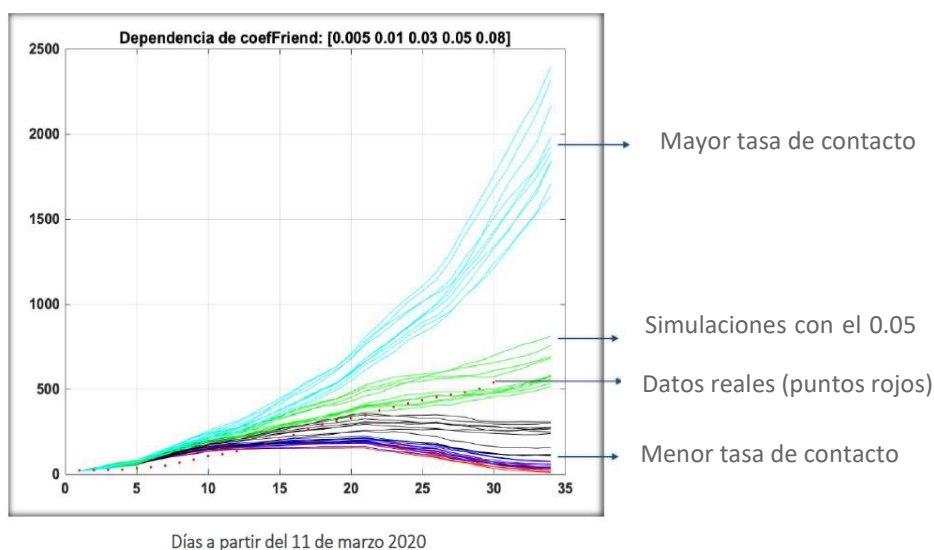
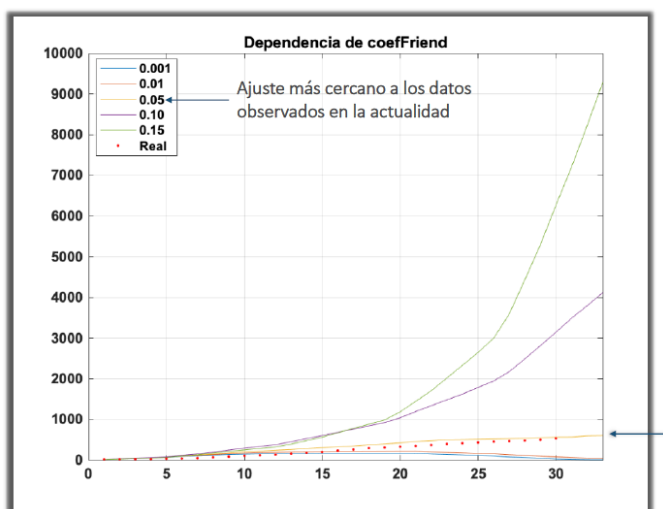


Figura 28. Promedios de las 100 simulaciones.

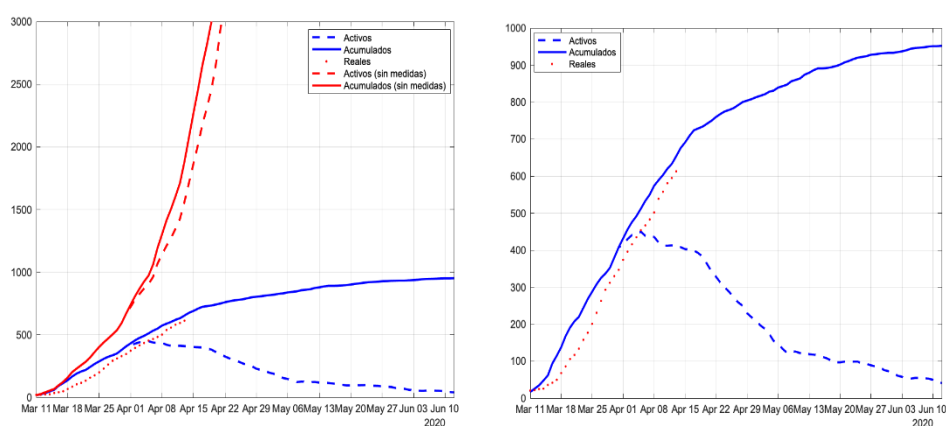




Con el ejercicio anterior, se determina un valor para CoefFriend con el cual las trayectorias del modelo se acercan a los datos reales reportados. Esto da una noción de qué valores deben suponerse si se quieren simular escenarios de mayor apertura. Inicialmente, el modelo no contaba con los parámetros de distanciamiento social (SD) ni con el parámetro que da cuenta del uso de protección personal (MP) y, en su lugar, el CoefFriend era el parámetro calibrado para simular escenario de apertura o cierre.

Se hace un primer ejercicio con el que se busca ver el efecto de las medidas de control tomadas en el país. Para ello, se asume un valor para CoefFriend superior al que ajusta las proyecciones a los datos reales actuales reportados. La **Figura 29** muestra los resultados. Se presenta la proyección para casos activos (línea punteada), los casos acumulados (línea sólida) y los datos reales reportados al 13 de abril del 2020 (puntos rojos).

Figura 29. Proyecciones para casos activos y acumulados al 13 de abril del 2020

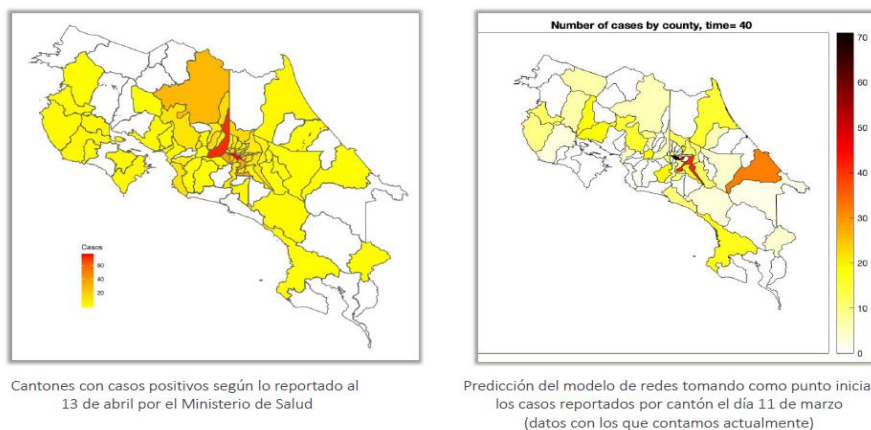


Izquierda: Curva sin medidas (rojo), y comportamiento actual (línea azul). Derecha: Datos reales al 13 de abril del 2020 (puntos rojos), casos acumulados (línea azul continua) y casos activos (línea punteada).

Proyección cantonal

Una de las ventajas que ofrece el modelo de redes es que, además de las proyecciones nacionales, se puede obtener información a nivel cantonal.

Figura 30. Casos Reales y proyectados por cantón.

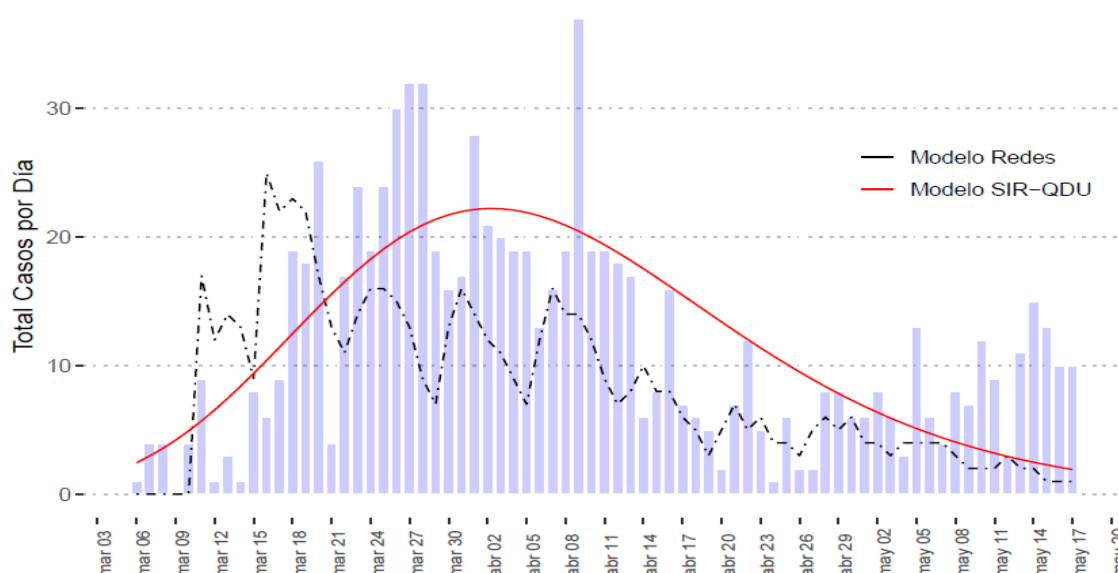




Comparación de las proyecciones del modelo de redes y el modelo subexponencial

Durante el mes de abril se hacía un seguimiento de la dinámica del virus tanto con el modelo subexponencial (denotado como SIR-QDU en la [Figura 11](#)) como con el modelo de redes, que para estas fechas se encontraba en proceso de calibración.

Figura 31. Modelo sub-exponencial vs. Modelo de redes.



Las barras azules corresponden al total de casos reales por día.

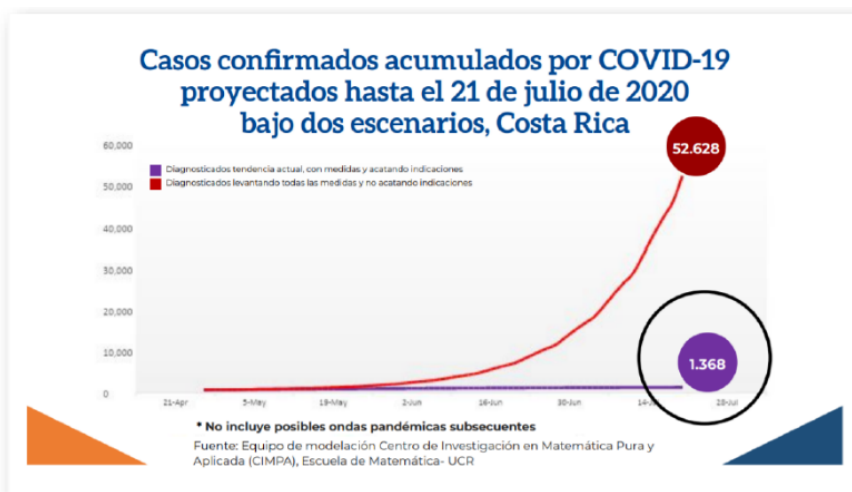
Como consecuencia de las medidas preventivas tomadas por el gobierno, la propagación del virus fue controlado rápidamente y para finales de abril el número de casos reportados había disminuido, dándose una primer pequeña ola de infecciones como se muestra en la [Figura 31](#). Tanto el modelo subexponencial como el modelo de redes capturaban la dinámica observada a la fecha. Dada la poca flexibilidad del modelo subexponencial para la incorporación de medidas de cierre y apertura, se hace una transición al modelo de redes.

Proyecciones presentadas en conferencia de prensa el 27 de abril del 2020

El 27 de abril, y ante el contexto de una próxima apertura de algunas de las actividades que habían sido cerradas durante el mes de abril, el Ministro de Salud, durante la conferencia de prensa de ese día, presenta por primera vez las proyecciones del modelo de redes que se venían trabajando



En estas proyecciones fueron simulados dos escenarios en el que se consideraba un comportamiento social y de movilización similar al que se observaba a la fecha y otro de mayor apertura. Se buscaba transmitir a la población la importancia de mantener las medidas de autocuidado y distanciamiento social para evitar el crecimiento acelerado de las infecciones.

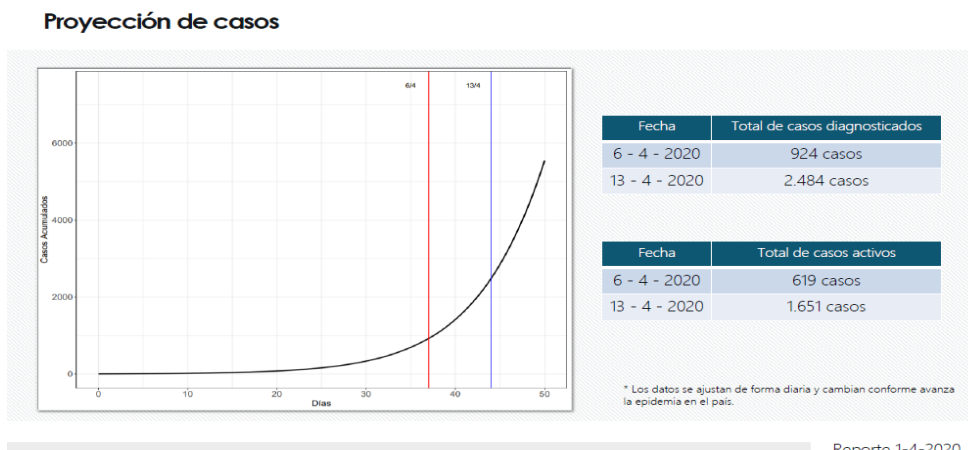
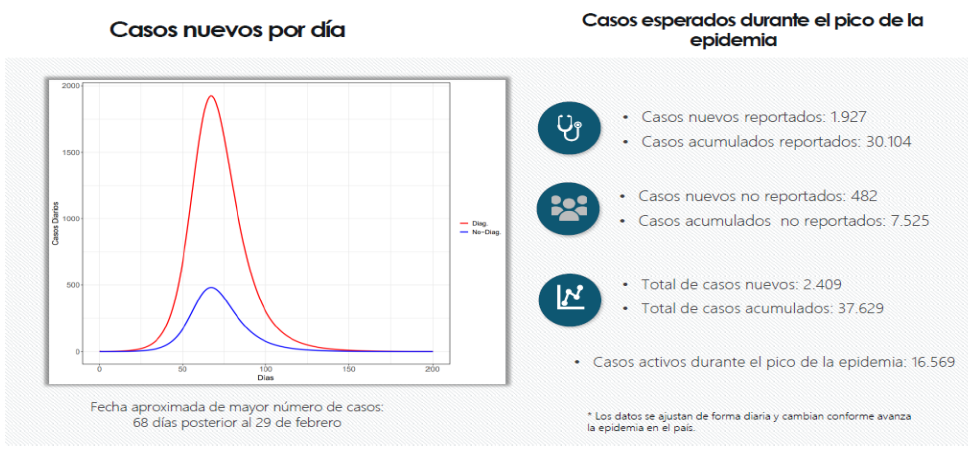
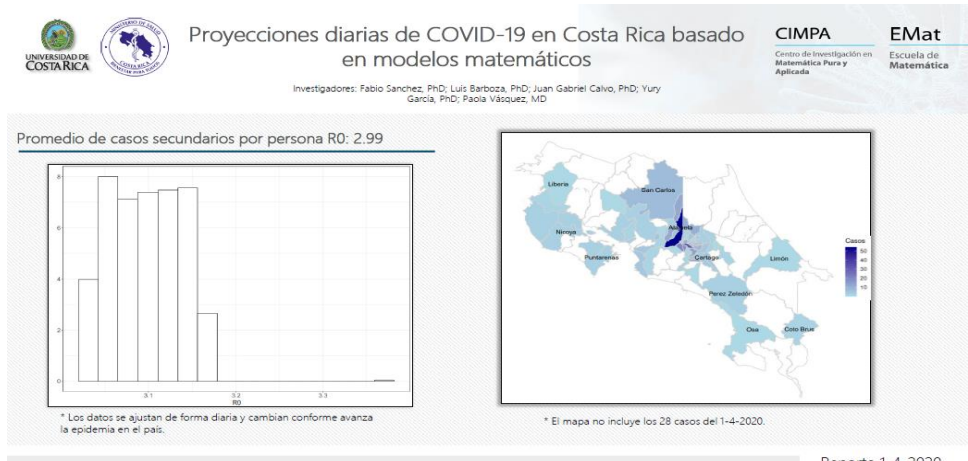




Proyecciones

Los reportes que se presentan a continuación corresponden a las proyecciones realizadas con el modelo subexponencial. Paralelo al trabajo que se hacía con este modelo se fue desarrollando el modelo de redes.

Abril 1, 2020



Abril 2, 2020



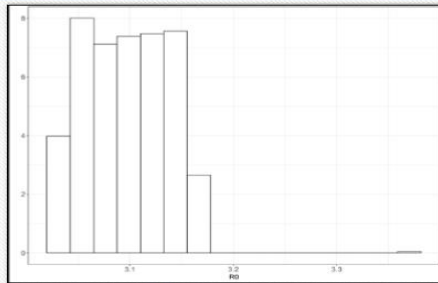
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

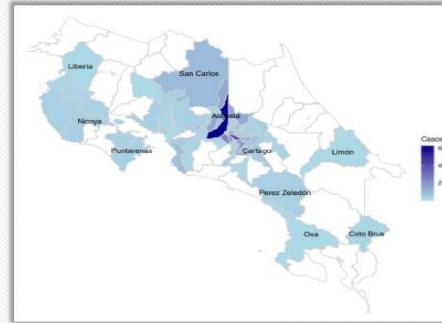
EMat
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.96



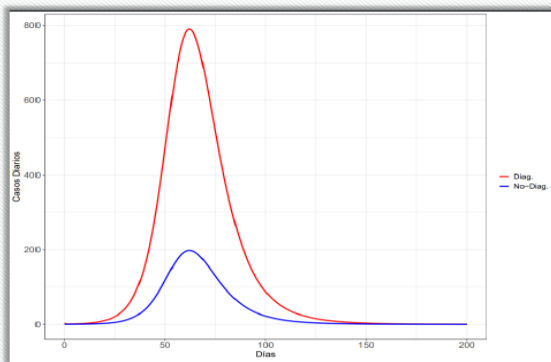
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 21 casos del 2-4-2020.

Reporte 2-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
63 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 791
- Casos acumulados reportados: 12.644



- Casos nuevos no reportados: 198
- Casos acumulados no reportados: 3.160



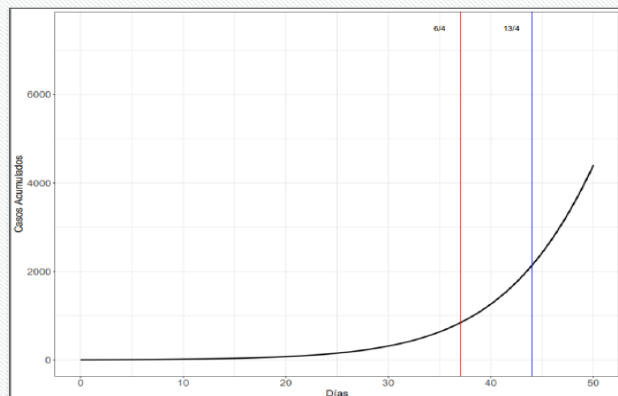
- Total de casos nuevos: 989
- Total de casos acumulados: 15.804

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 6.891

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 2-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	840 casos
13 - 4 - 2020	2.138 casos

Fecha	Total de casos activos
6 - 4 - 2020	557 casos
13 - 4 - 2020	1.396 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 2-4-2020

Abril 3, 2020



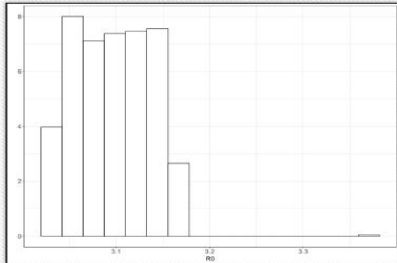
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

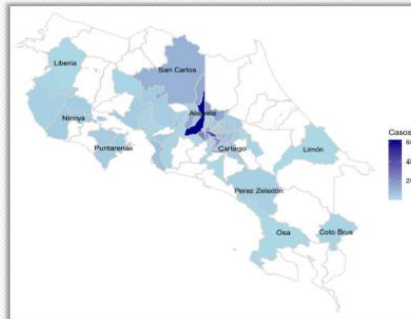
EMat
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sánchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vázquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.94



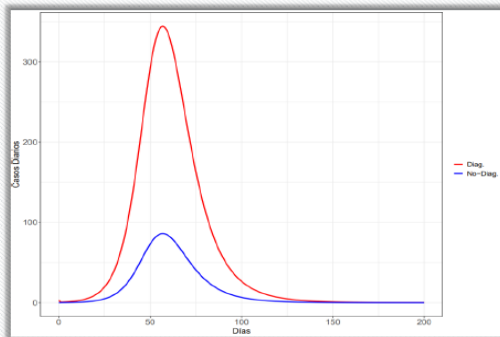
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 20 casos del 3-4-2020.

Reporte 3-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
58 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 344
- Casos acumulados reportados: 5.613



- Casos nuevos no reportados: 86
- Casos acumulados no reportados: 1.402



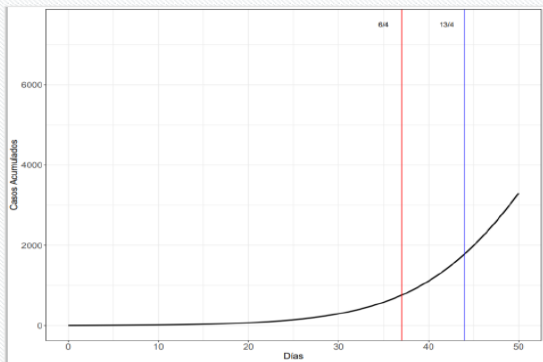
- Total de casos nuevos: 430
- Total de casos acumulados: 7.015

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 3.035

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 3-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	760 casos
13 - 4 - 2020	1.786 casos

Fecha	Total de casos activos
6 - 4 - 2020	497 casos
13 - 4 - 2020	1.133 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 3-4-2020

Abril 4, 2020



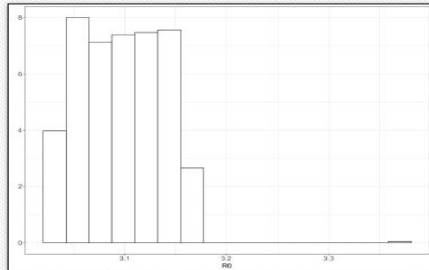
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en
Matemática Pura y
Aplicada

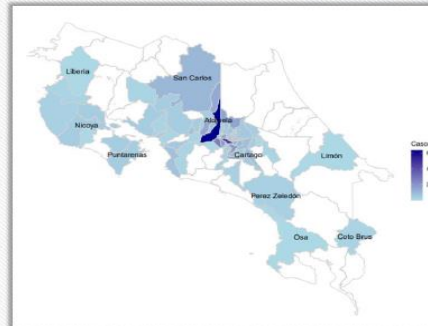
EMat
Escuela de
Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury Garcia, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.88



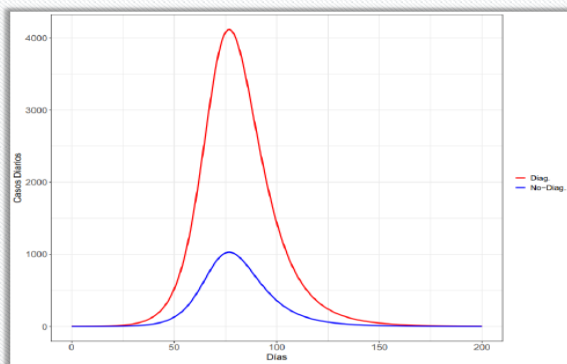
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 19 casos del 4-4-2020.

Reporte 4-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
78 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 4.118
- Casos acumulados reportados: 69.666



- Casos nuevos no reportados: 1.029
- Casos acumulados no reportados: 17.416



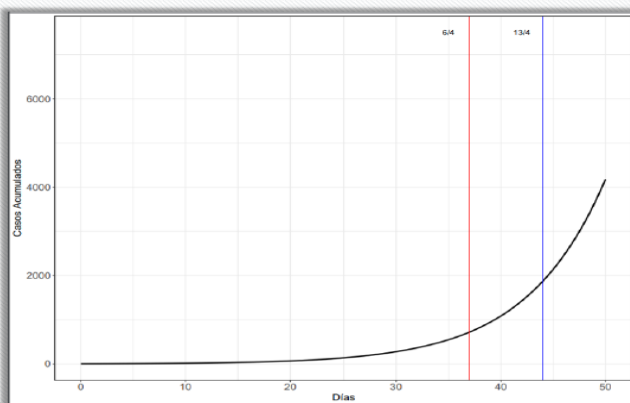
- Total de casos nuevos: 5.147
- Total de casos acumulados: 87.082

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 37.005

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 4-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	719 casos
13 - 4 - 2020	1.869 casos

Fecha	Total de casos activos
6 - 4 - 2020	474 casos
13 - 4 - 2020	1.228 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 4-4-2020

Abril 5, 2020



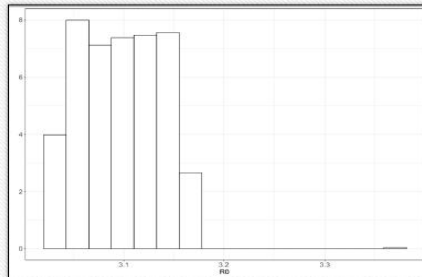
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

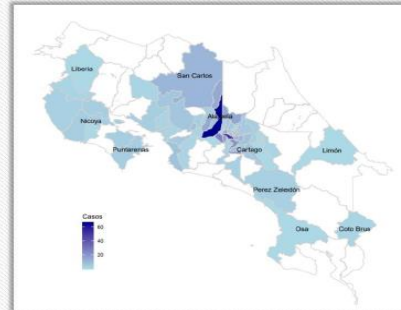
EMat
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.84



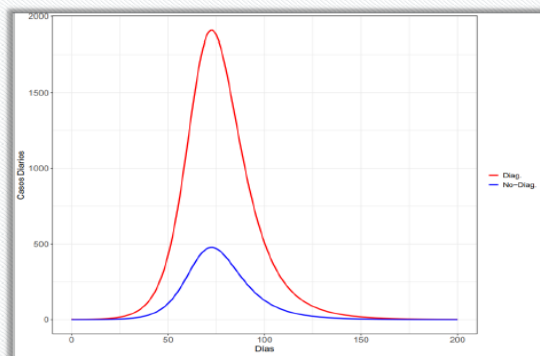
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 19 casos del 5-4-2020.

Reporte 5-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
74 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 1.908
- Casos acumulados reportados: 33.292



- Casos nuevos no reportados: 477
- Casos acumulados no reportados: 8.322



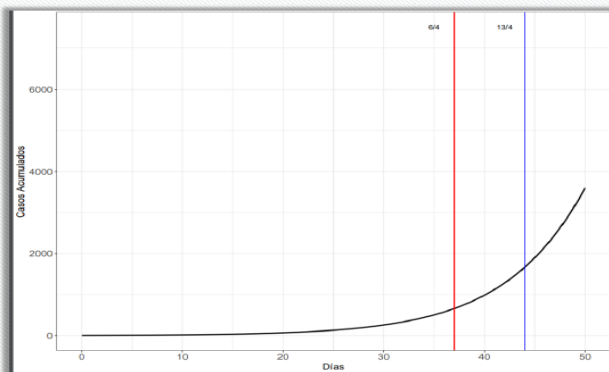
- Total de casos nuevos: 2.385
- Total de casos acumulados: 41.614

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 17.448

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 5-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
6 - 4 - 2020	660 casos
13 - 4 - 2020	1.668 casos

Fecha	Total de casos activos
6 - 4 - 2020	431 casos
13 - 4 - 2020	1.084 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 5-4-2020

Abril 6, 2020



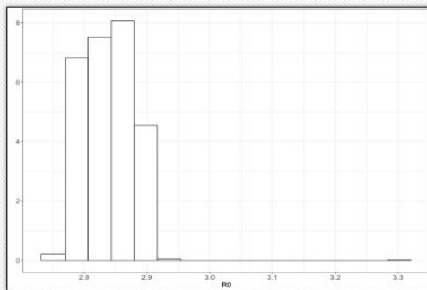
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

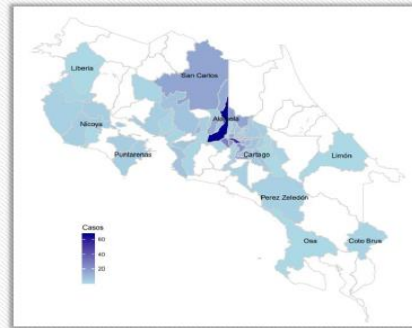
EMat
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vázquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.8



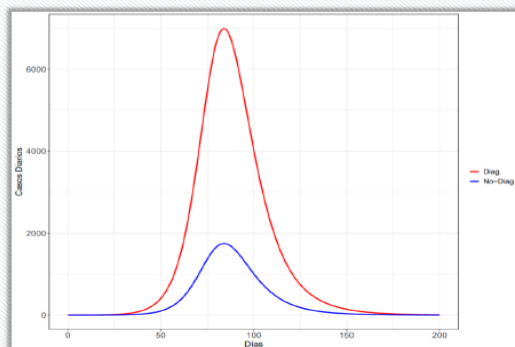
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 13 casos del 6-4-2020.

Reporte 6-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
85 días posterior al 29 de febrero

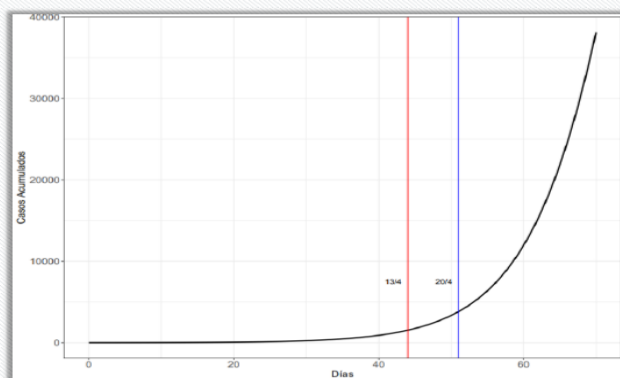
Casos esperados durante el pico de la epidemia

- Casos nuevos reportados: 6.996
- Casos acumulados reportados: 121.238
- Casos nuevos no reportados: 1.749
- Casos acumulados no reportados: 30.309
- Total de casos nuevos: 8.745
- Total de casos acumulados: 151.547
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 63.418

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 6-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
13- 4 - 2020	1.527 casos
20 - 4 - 2020	3.808 casos

Fecha	Total de casos activos
13- 4 - 2020	395 casos
20- 4 - 2020	990 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 6-4-2020

Abril 7, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA

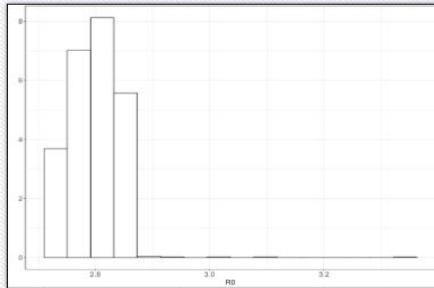
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat

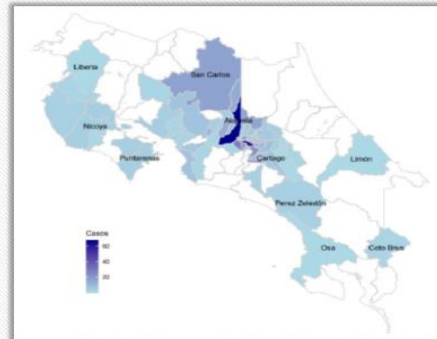
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.77



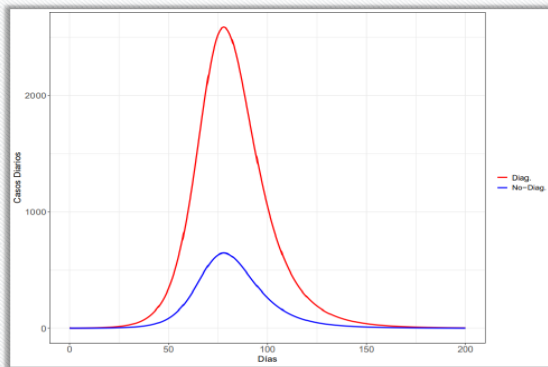
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 16 casos del 7-4-2020.

Reporte 7-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
79 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 2.589
- Casos acumulados reportados: 45.679



- Casos nuevos no reportados: 647
- Casos acumulados no reportados: 11.419



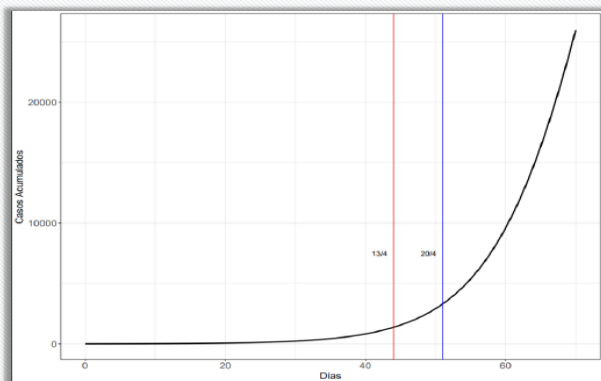
- Total de casos nuevos: 3.236
- Total de casos acumulados: 57.098

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 23.666

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 7-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
13- 4 - 2020	1.369 casos
20 - 4 - 2020	3.299 casos

Fecha	Total de casos activos
13- 4 - 2020	360 casos
20- 4 - 2020	880 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 7-4-2020

Abril 8, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA

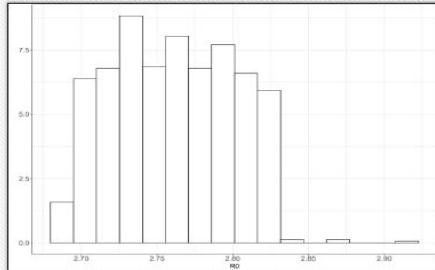
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat

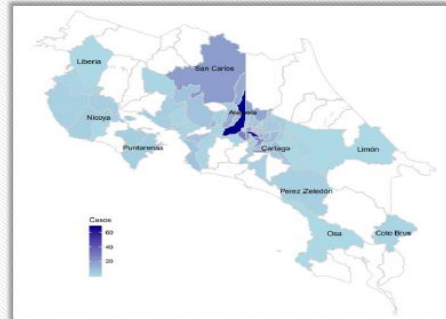
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.79



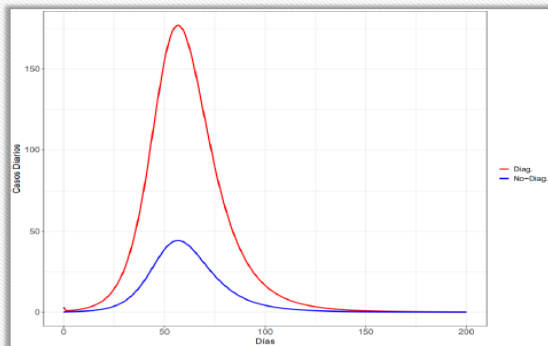
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 19 casos del 8-4-2020.

Reporte 8-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos: 58 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 177
- Casos acumulados reportados: 3.139



- Casos nuevos no reportados: 44
- Casos acumulados no reportados: 784



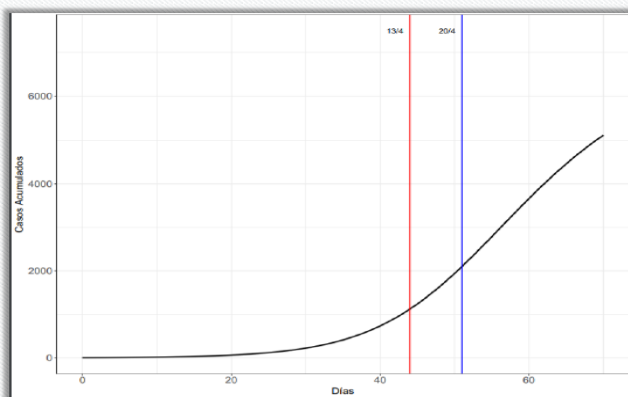
- Total de casos nuevos: 221
- Total de casos acumulados: 3.923

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 1.627

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 8-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
13- 4 - 2020	1.121 casos
20 - 4 - 2020	2.101 casos

Fecha	Total de casos activos
13- 4 - 2020	329 casos
20 - 4 - 2020	684 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 8-4-2020

Abril 9, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA

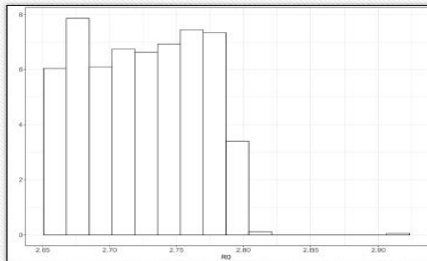
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat

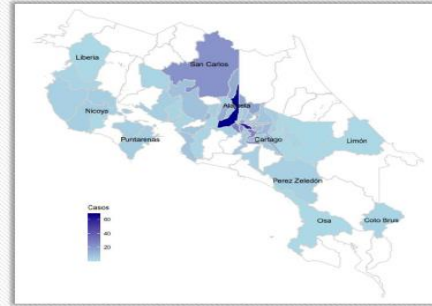
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.7



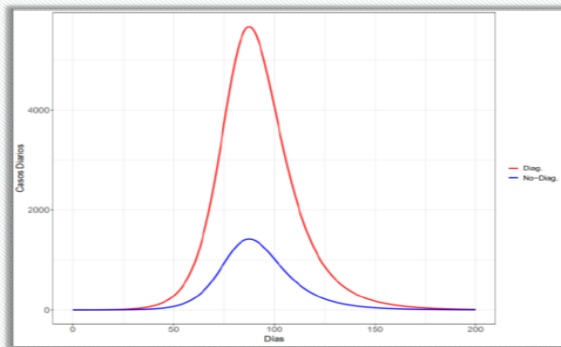
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



* El mapa no incluye los 37 casos del 9-4-2020.

Reporte 9-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
88 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 5.666
- Casos acumulados reportados: 101.046



- Casos nuevos no reportados: 1.416
- Casos acumulados no reportados: 25.261



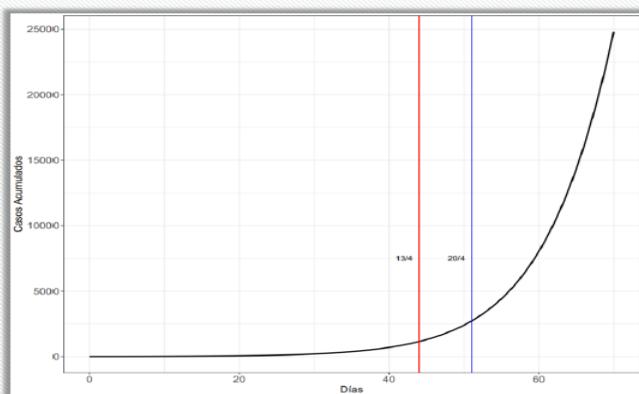
- Total de casos nuevos: 7.082
- Total de casos acumulados: 126.307

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 51.773

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 9-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
13- 4 - 2020	1.143 casos
20 - 4 - 2020	2.709casos

Fecha	Total de casos activos
13- 4 - 2020	305 casos
20- 4 - 2020	726 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 9-4-2020

Abril 10, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA

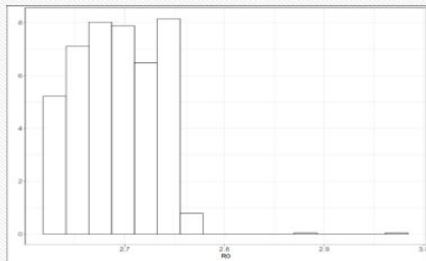
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat

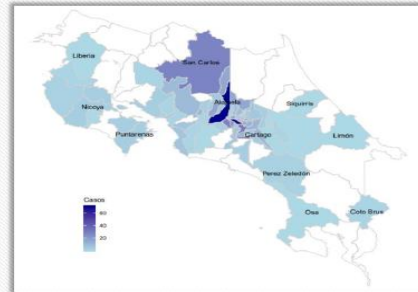
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vázquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.67

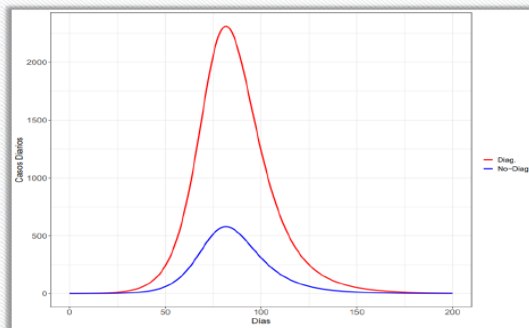


* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



Reporte 10-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
83 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 2.312
- Casos acumulados reportados: 43.800



- Casos nuevos no reportados: 578
- Casos acumulados no reportados: 10.949



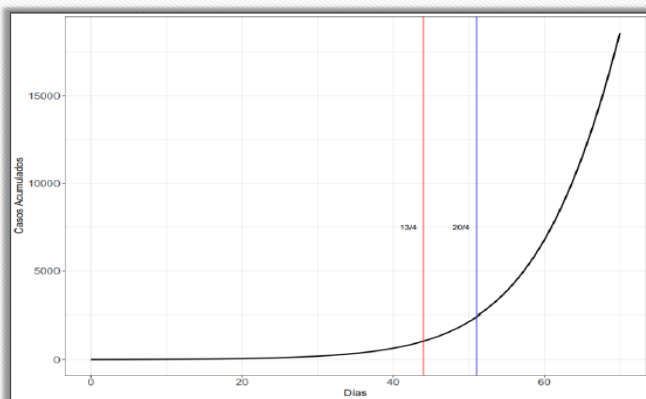
- Total de casos nuevos: 2.890
- Total de casos acumulados: 54.749

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 21.917

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 10-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
13- 4 - 2020	1.047 casos
20 - 4 - 2020	2.418casos

Fecha	Total de casos activos
13- 4 - 2020	283 casos
20- 4 - 2020	660 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 10-4-2020

Abril 11, 2020



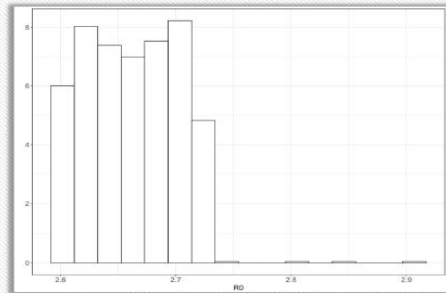
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

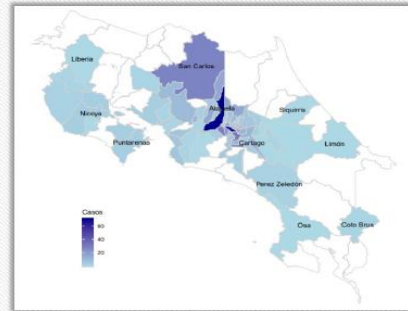
EMat
Escuela de Matemática

Investigadores: Fabio Sánchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vázquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.67



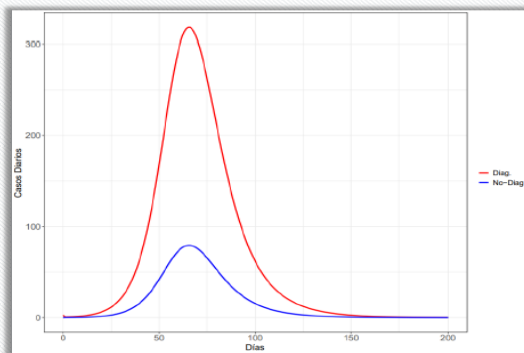
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



*El mapa no incluye los 19 casos del 11-4-2020.

Reporte 11-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
67 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 318
- Casos acumulados reportados: 6.048



- Casos nuevos no reportados: 79
- Casos acumulados no reportados: 1.511



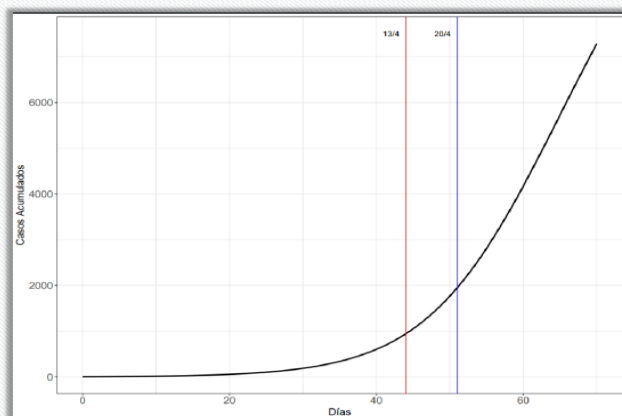
- Total de casos nuevos: 397
- Total de casos acumulados: 7.559

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 3.020

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 11-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
13- 4 - 2020	943 casos
20 - 4 - 2020	1.950 casos

Fecha	Total de casos activos
13- 4 - 2020	267 casos
20- 4 - 2020	581 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 11-4-2020

Abril 12, 2020



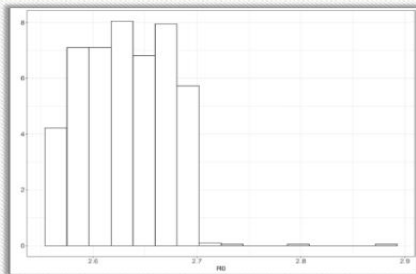
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vázquez, MD

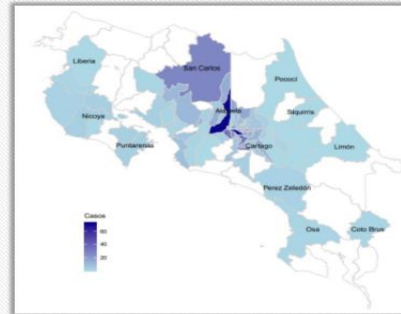
CIMPA
Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

EMat
Escuela de Matemática

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.63



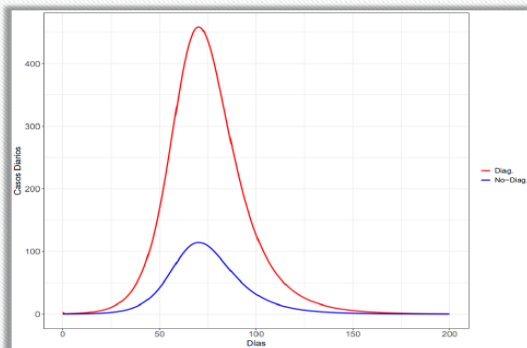
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



*El mapa no incluye los 18 casos del 12-4-2020.

Reporte 12-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
71 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 458
- Casos acumulados reportados: 8.605



- Casos nuevos no reportados: 115
- Casos acumulados no reportados: 2.150



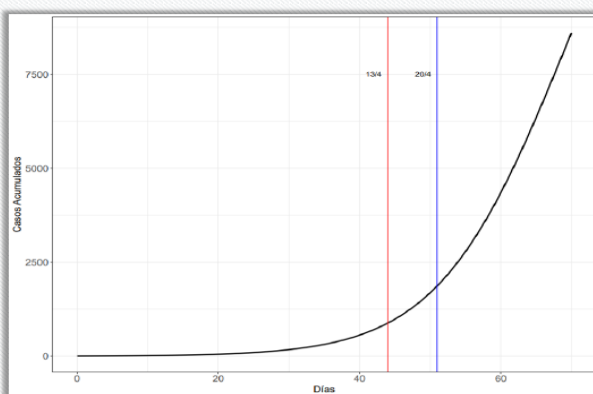
- Total de casos nuevos: 573
- Total de casos acumulados: 10.755

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 4.297

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 12-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
13- 4 - 2020	881 casos
20 - 4 - 2020	1.872 casos

Fecha	Total de casos activos
13- 4 - 2020	247 casos
20- 4 - 2020	543 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 12-4-2020

Abril 13, 2020



Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

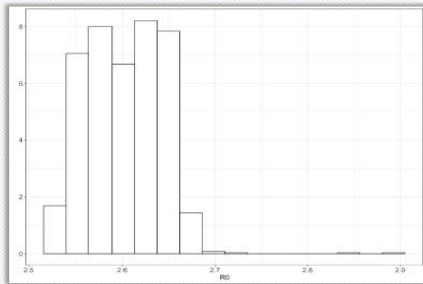
CIMPA

Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada

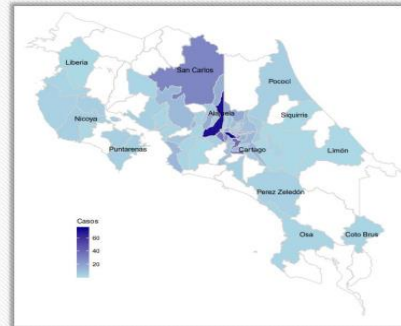
EMat

Escuela de Matemática

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.58

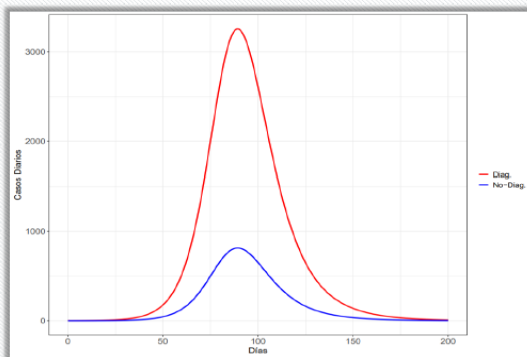


* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



Reporte 13-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
90 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 3.256
- Casos acumulados reportados: 62.687



- Casos nuevos no reportados: 814
- Casos acumulados no reportados: 15.671



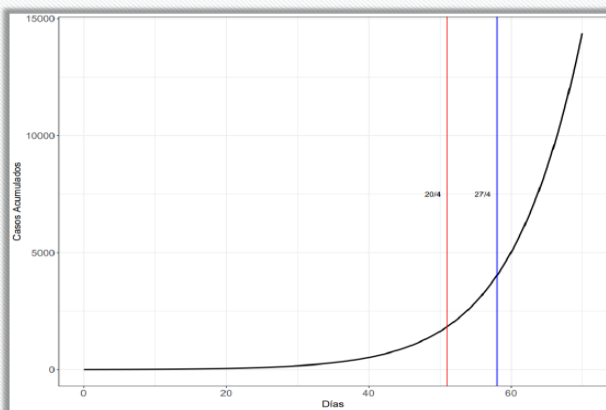
- Total de casos nuevos: 4.070
- Total de casos acumulados: 78.358

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 30.851

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 13-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
20- 4 - 2020	1.830 casos
27 - 4 - 2020	4.023 casos

Fecha	Total de casos activos
20- 4 - 2020	227 casos
20- 4 - 2020	508 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 13-4-2020

Abril 14, 2020



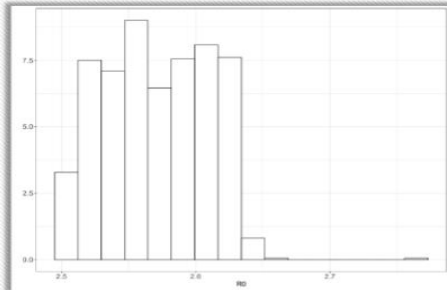
Proyecciones diarias de COVID-19 en Costa Rica basado en modelos matemáticos

CIMPA
Centro de Investigación en
Matemática Pura y
Aplicada

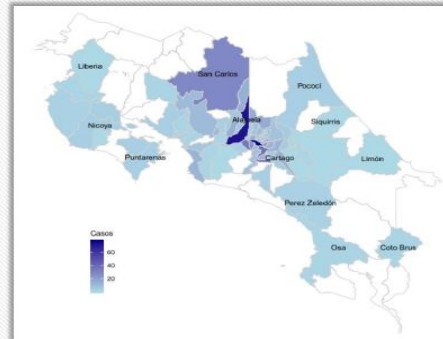
EMat
Escuela de
Matemática

Investigadores: Fabio Sanchez, PhD; Luis Barboza, PhD; Juan Gabriel Calvo, PhD; Yury García, PhD; Paola Vásquez, MD

Promedio de casos secundarios por persona R_0 : 2.55

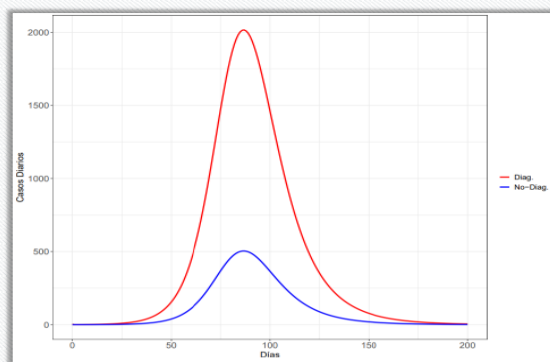


* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.



Reporte 14-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
88 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 2.016
- Casos acumulados reportados: 40.660



- Casos nuevos no reportados: 504
- Casos acumulados no reportados: 10.164



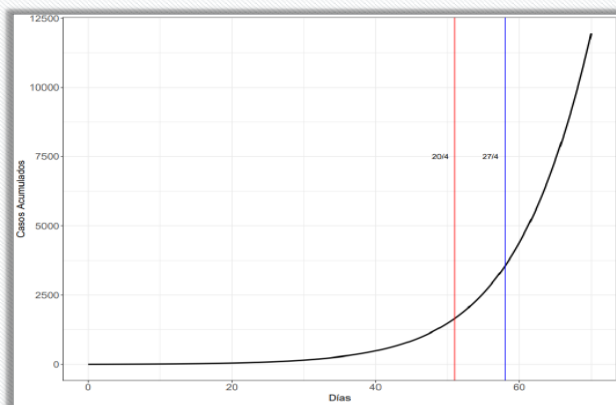
- Total de casos nuevos: 2.520
- Total de casos acumulados: 50.824

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 19.611

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 14-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
20- 4 - 2020	1.657 casos
27 - 4 - 2020	3.556 casos

Fecha	Total de casos activos
20- 4 - 2020	212 casos
20- 4 - 2020	465 casos

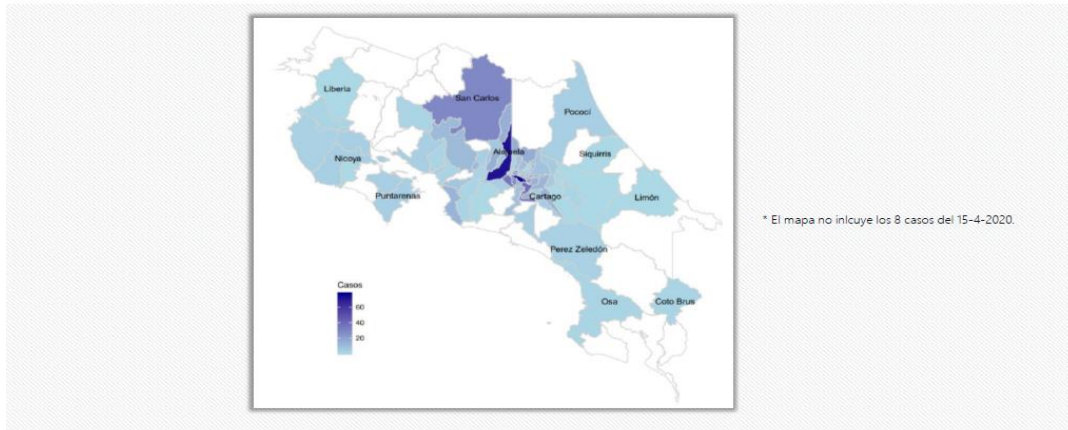
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 14-4-2020



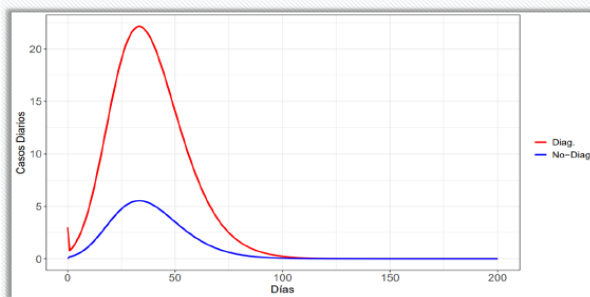
Abril 15, 2020. Proyecciones con Modelo Subexponencial

Cantones con casos reportados



Reporte 15-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
34 días posterior al 29 de febrero

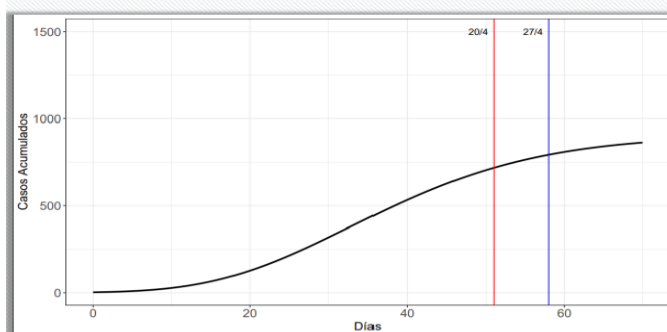
Casos esperados durante el pico de la epidemia

- Casos nuevos reportados: 22
- Casos acumulados reportados: 384
- Casos nuevos no reportados: 6
- Casos acumulados no reportados: 95
- Total de casos nuevos: 28
- Total de casos acumulados: 479
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 205

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 15-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
20- 4 - 2020	718 casos
27 - 4 - 2020	793 casos

Fecha	Total de casos activos
20- 4 - 2020	230 casos
20- 4 - 2020	248 casos

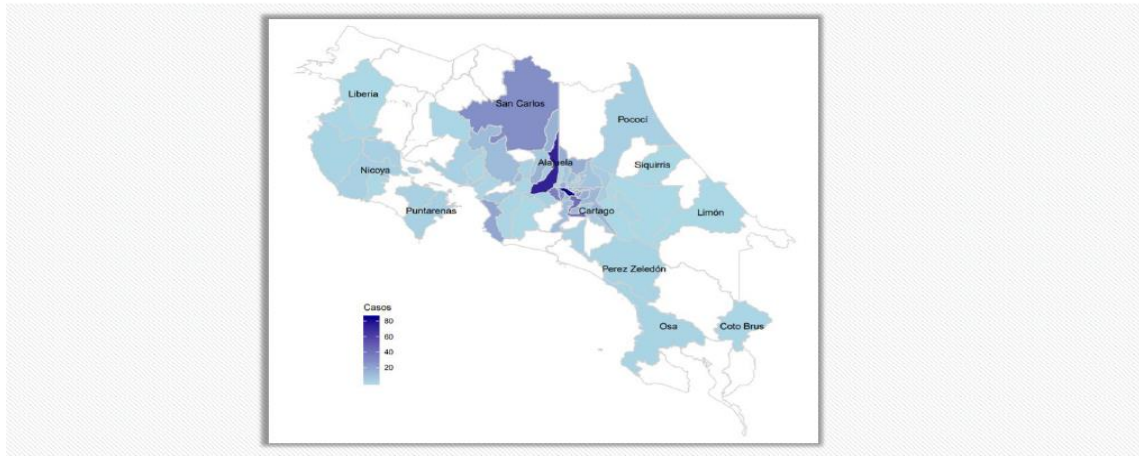
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 15-4-2020

Abril 16, 2020

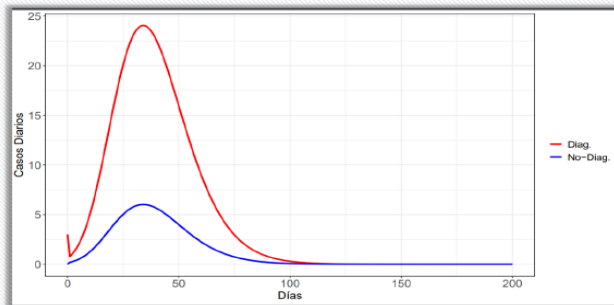


Cantones con casos reportados



Reporte 16-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
35 días posterior al 29 de febrero

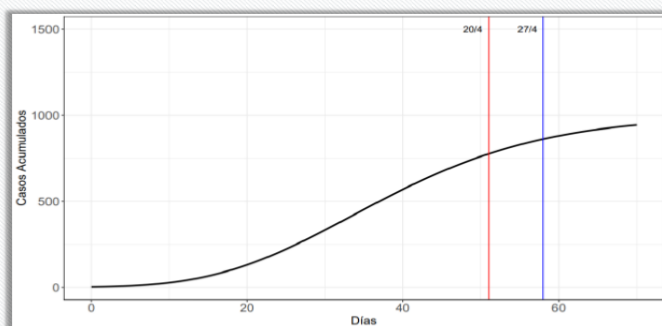
Casos esperados durante el pico de la epidemia

- Casos nuevos reportados: 24
- Casos acumulados reportados: 429
- Casos nuevos no reportados: 6
- Casos acumulados no reportados: 106
- Total de casos nuevos: 30
- Total de casos acumulados: 535
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 227

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 16-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
20- 4 - 2020	776 casos
27 - 4 - 2020	862 casos

Fecha	Total de casos activos
20- 4 - 2020	247 casos
20- 4 - 2020	270 casos

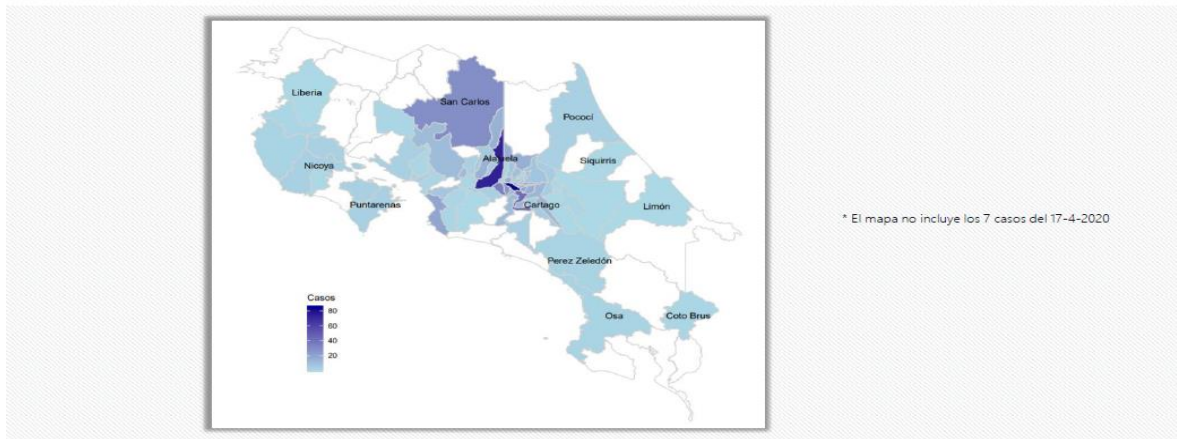
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 16-4-2020



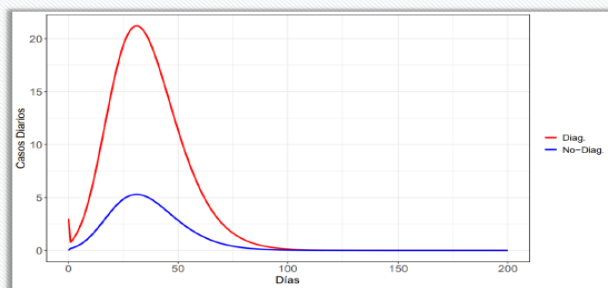
Abril 17, 2020

Cantones con casos reportados









Reporte 17-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
32 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia

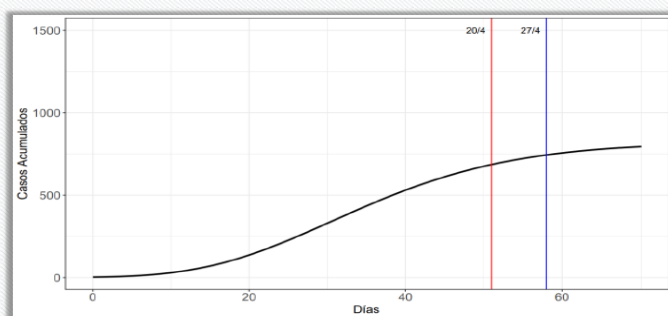
-  • Casos nuevos reportados: 21
-  • Casos acumulados reportados: 351
-  • Casos nuevos no reportados: 5
-  • Casos acumulados no reportados: 87
-  • Total de casos nuevos: 26
-  • Total de casos acumulados: 438

• Casos activos durante el pico de la epidemia: 193

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 17-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
20- 4 - 2020	686 casos
27 - 4 - 2020	744 casos

Fecha	Total de casos activos
20- 4 - 2020	226 casos
20- 4 - 2020	232 casos

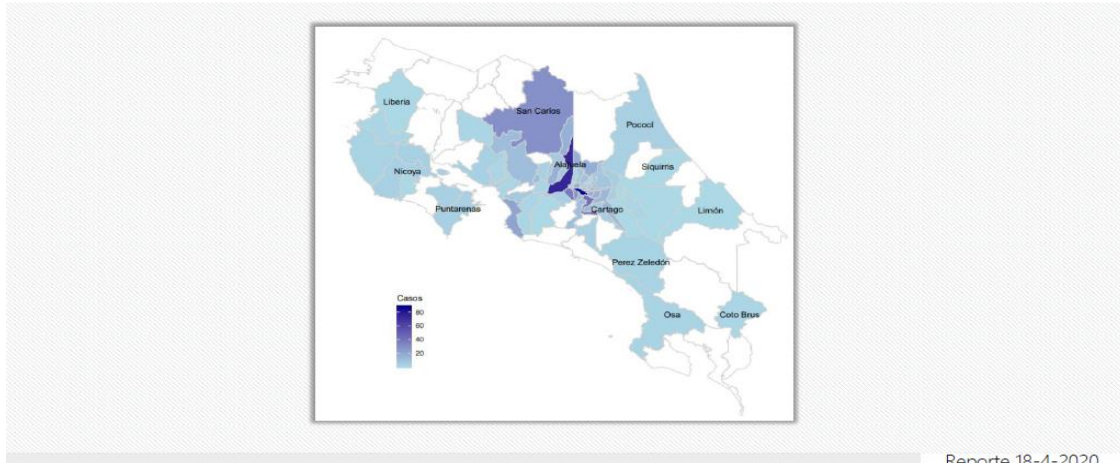
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 17-4-2020



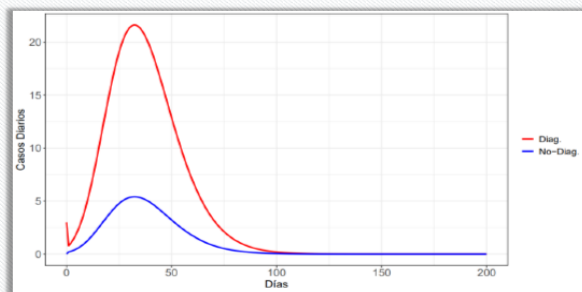
Abril 18, 2020

Cantones con casos reportados



Reporte 18-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
33 días posterior al 29 de febrero

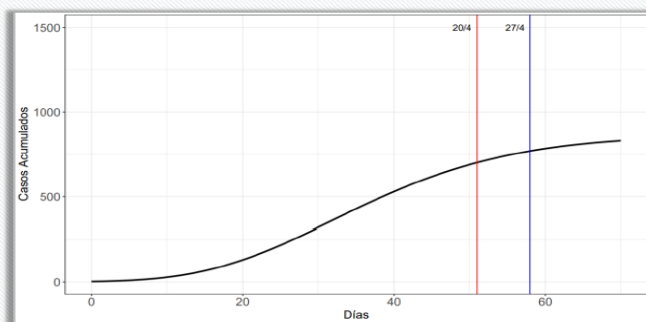
Casos esperados durante el pico de la epidemia

- Casos nuevos reportados: 22
- Casos acumulados reportados: 364
- Casos nuevos no reportados: 5
- Casos acumulados no reportados: 90
- Total de casos nuevos: 27
- Total de casos acumulados: 454
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 198

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 18-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
20- 4 - 2020	702 casos
27 - 4 - 2020	769 casos

Fecha	Total de casos activos
20- 4 - 2020	228 casos
20- 4 - 2020	241 casos

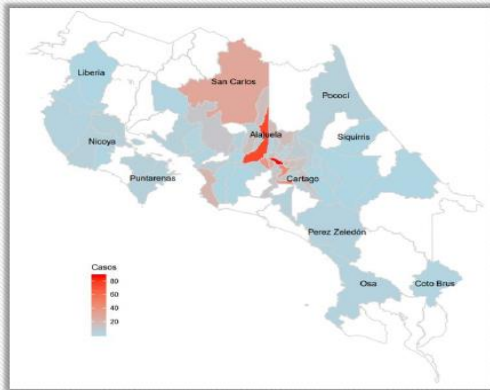
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 18-4-2020

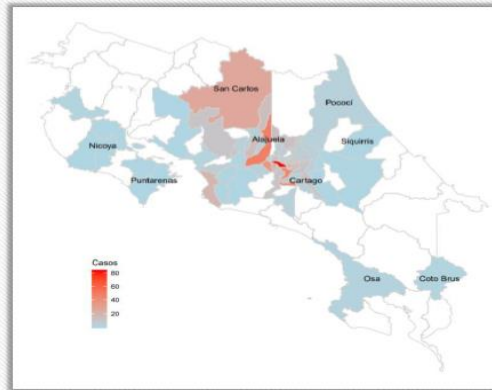
Abril 19, 2020



Casos acumulados



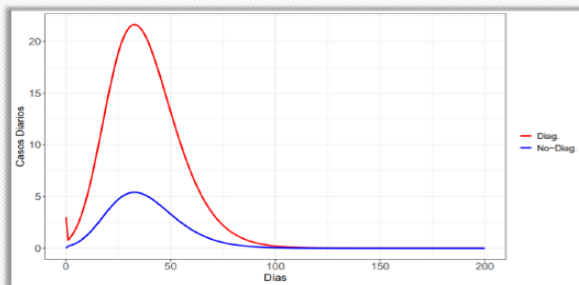
Casos activos



* Los mapas no incluyen los casos del 19-4-2020

Reporte 19-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
34 días posterior al 29 de febrero

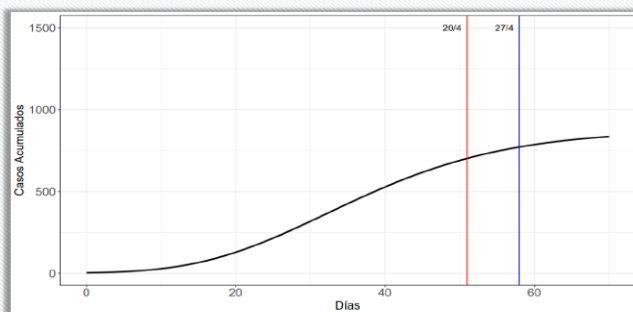
Casos esperados durante el pico de la epidemia

- Casos nuevos reportados: 22
- Casos acumulados reportados: 382
- Casos nuevos no reportados: 5
- Casos acumulados no reportados: 95
- Total de casos nuevos: 27
- Total de casos acumulados: 477
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 204

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 19-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
20- 4 - 2020	702 casos
27 - 4 - 2020	772 casos

Fecha	Total de casos activos
20- 4 - 2020	227 casos
20- 4 - 2020	241 casos

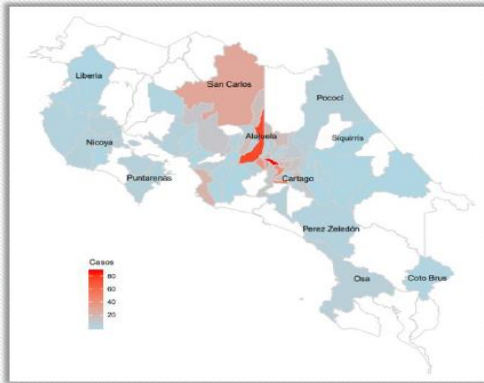
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 19-4-2020

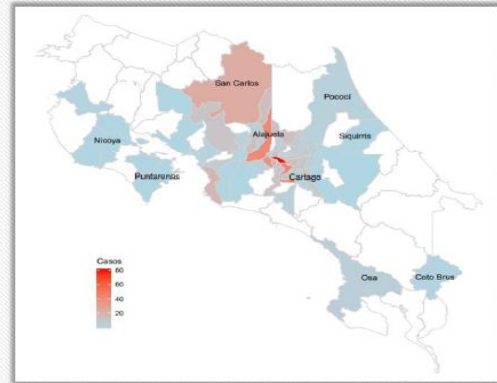


Abril 20, 2020

Casos acumulados



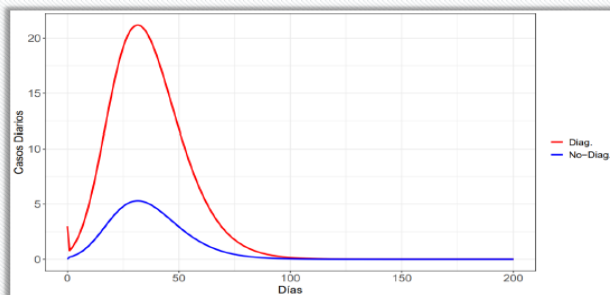
Casos activos



* Los mapas no incluyen los casos del 20-4-2020







Reporte 20-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
33 días posterior al 29 de febrero

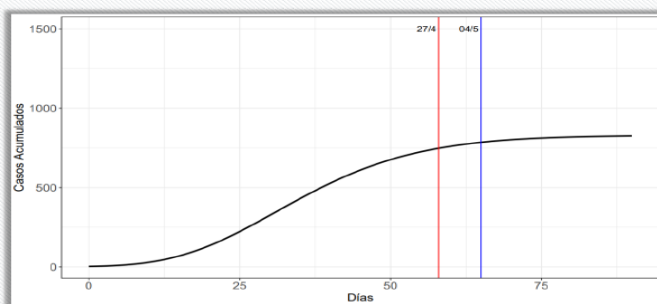
Casos esperados durante el pico de la epidemia

-  • Casos nuevos reportados: 21
-  • Casos acumulados reportados: 367
-  • Casos nuevos no reportados: 5
-  • Casos acumulados no reportados: 91
-  • Total de casos nuevos: 26
-  • Total de casos acumulados: 458
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 198

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 20-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
27- 4 - 2020	748 casos
04 - 5 - 2020	785 casos

Fecha	Total de casos activos
27- 4 - 2020	182 casos
04- 5 - 2020	141 casos

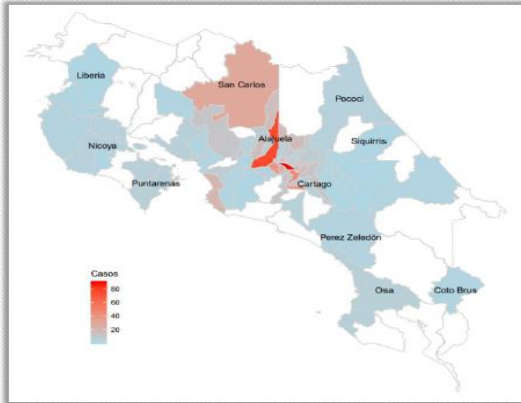
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 20-4-2020

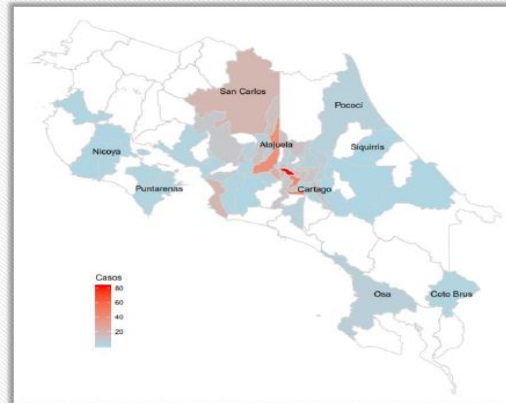
Abril 21, 2020



Casos acumulados

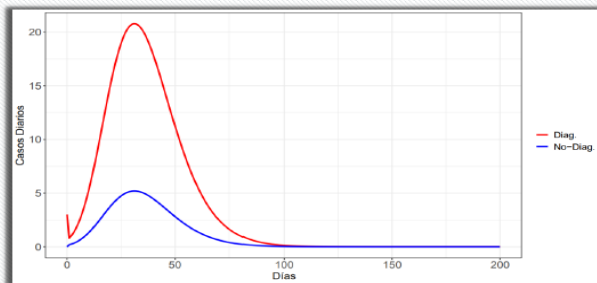


Casos activos









Reporte 21-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
32 días posterior al 29 de febrero

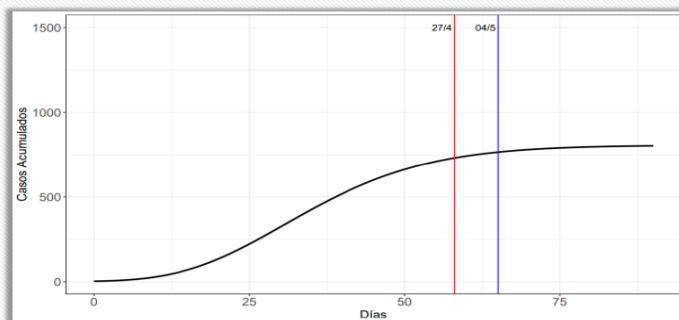
Casos esperados durante el pico de la epidemia

-  • Casos nuevos reportados: 21
-  • Casos acumulados reportados: 344
-  • Casos nuevos no reportados: 5
-  • Casos acumulados no reportados: 85
-  • Total de casos nuevos: 26
-  • Total de casos acumulados: 429
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 189

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 21-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
27- 4 – 2020	731 casos
04 - 5 – 2020	766 casos

Fecha	Total de casos activos
27- 4 - 2020	175 casos
04- 5 - 2020	135 casos

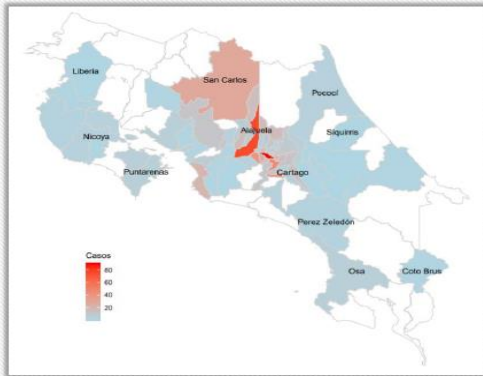
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 21-4-2020

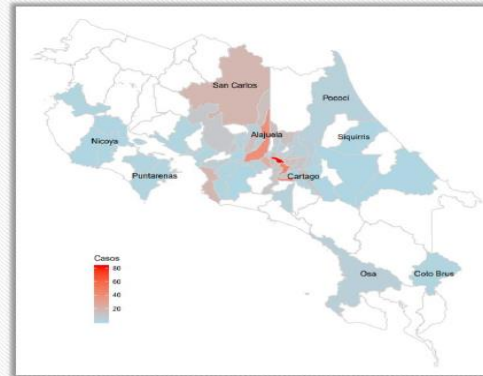


Abril 22, 2020

Casos acumulados



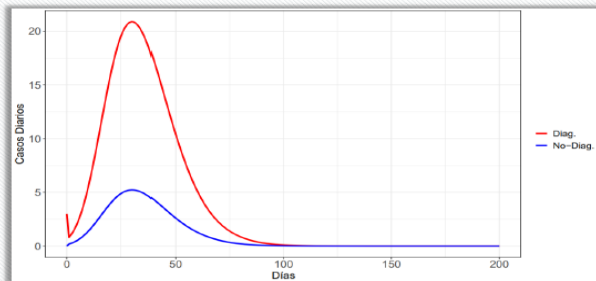
Casos activos



* Los mapas no incluyen los casos del 22-4-2020

Reporte 22-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
31 días posterior al 29 de febrero

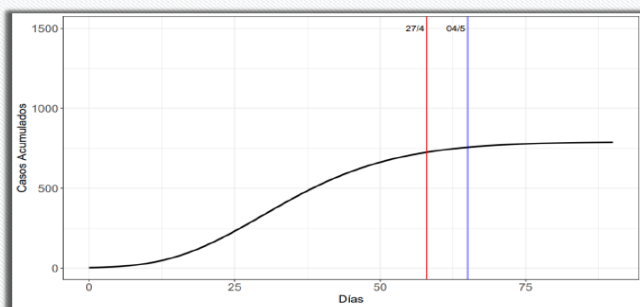
Casos esperados durante el pico de la epidemia

- Casos nuevos reportados: 21
- Casos acumulados reportados: 334
- Casos nuevos no reportados: 5
- Casos acumulados no reportados: 83
- Total de casos nuevos: 26
- Total de casos acumulados: 417
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 186

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 22-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
27- 4 - 2020	725 casos
04 - 5 - 2020	756 casos

Fecha	Total de casos activos
27- 4 - 2020	168 casos
04- 5 - 2020	128 casos

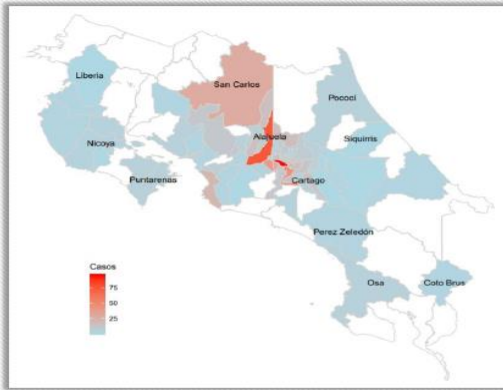
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 22-4-2020

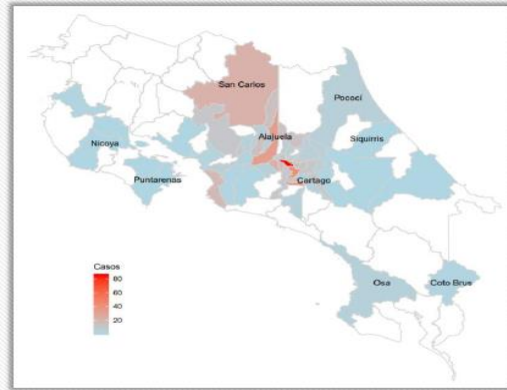


Abril 23, 2020

Casos acumulados



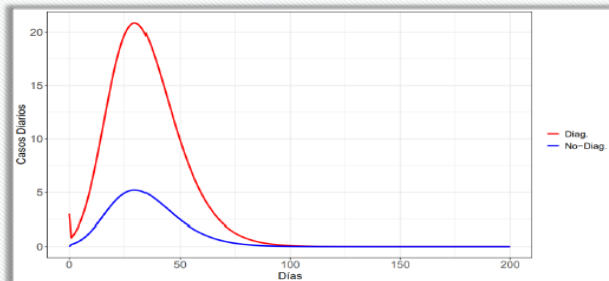
Casos activos



* Los mapas no incluyen los casos del 23-4-2020

Reporte 23-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
31 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia



- Casos nuevos reportados: 21
- Casos acumulados reportados: 339



- Casos nuevos no reportados: 5
- Casos acumulados no reportados: 84



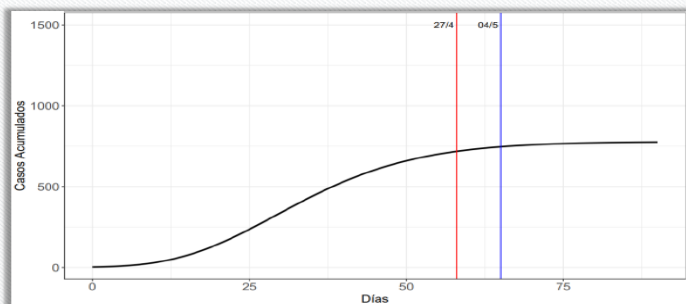
- Total de casos nuevos: 26
- Total de casos acumulados: 423

- Casos activos durante el pico de la epidemia: 189

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 23-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
27- 4 - 2020	718 casos
04- 5 - 2020	747 casos

Fecha	Total de casos activos
27- 4 - 2020	162 casos
04- 5 - 2020	122 casos

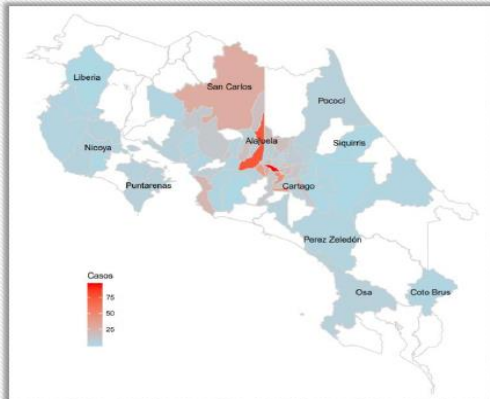
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 23-4-2020

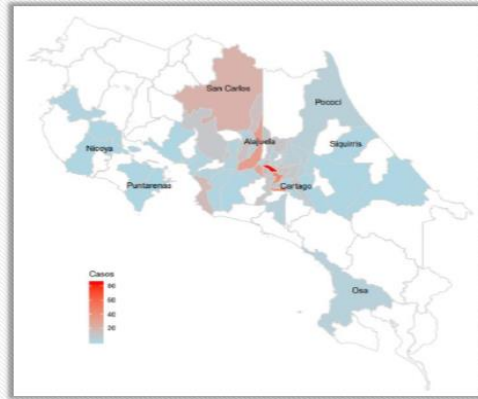


Abril 24, 2020

Casos acumulados



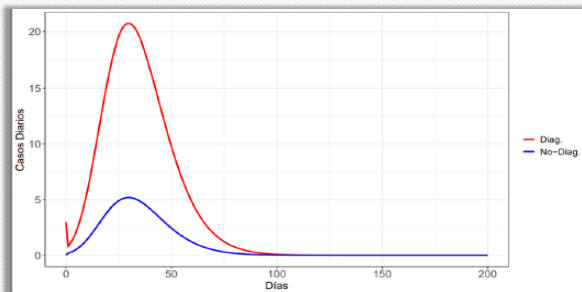
Casos activos



* Los mapas no incluyen el caso del 24-4-2020

Reporte 24-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
31 días posterior al 29 de febrero

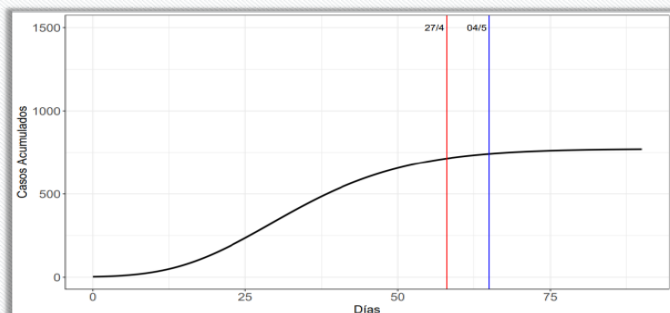
Casos esperados durante el pico de la epidemia

- Casos nuevos reportados: 21
- Casos acumulados reportados: 338
- Casos nuevos no reportados: 5
- Casos acumulados no reportados: 84
- Total de casos nuevos: 26
- Total de casos acumulados: 422
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 188

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 24-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
27- 4 – 2020	714 casos
04 - 5 – 2020	742 casos

Fecha	Total de casos activos
27- 4 – 2020	161 casos
04- 5 – 2020	121 casos

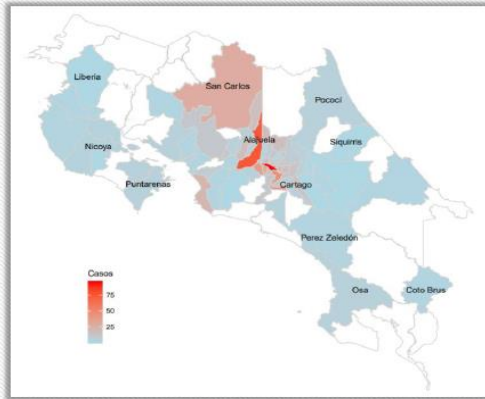
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 24-4-2020

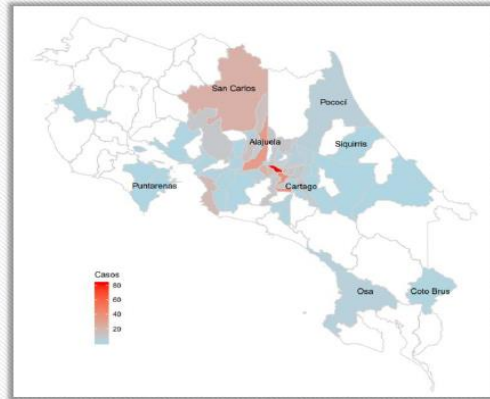


Abril 25, 2020

Casos acumulados



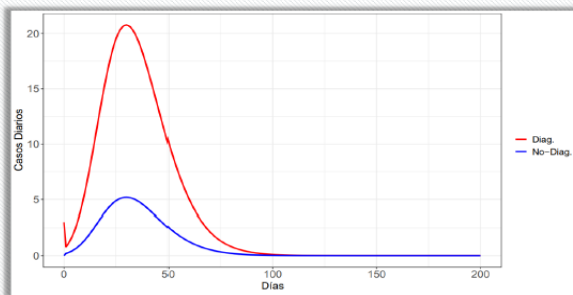
Casos activos



* Los mapas no incluyen los 6 casos y recuperados del 25-4-2020







Reporte 25-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
31 días posterior al 29 de febrero

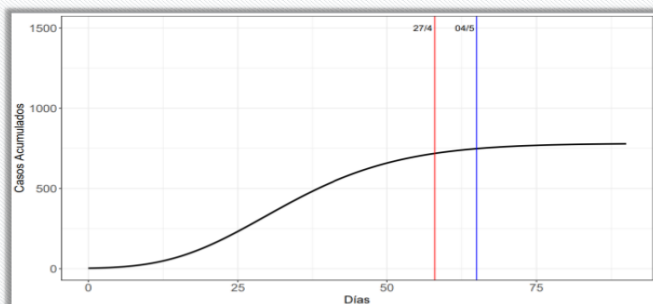
Casos esperados durante el pico de la epidemia

-  • Casos nuevos reportados: 21
-  • Casos acumulados reportados: 335
-  • Casos nuevos no reportados: 5
-  • Casos acumulados no reportados: 83
-  • Total de casos nuevos: 26
-  • Total de casos acumulados: 418
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 187

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 25-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
27- 4 - 2020	719 casos
04 - 5 - 2020	748 casos

Fecha	Total de casos activos
27- 4 - 2020	165 casos
04- 5 - 2020	125 casos

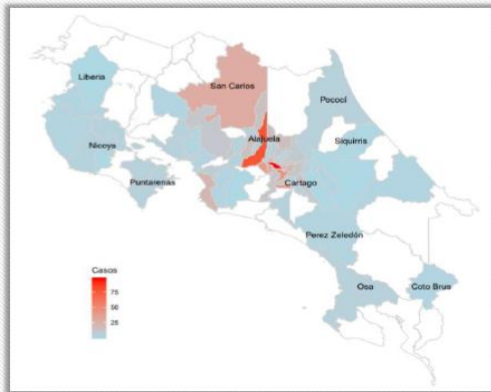
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 25-4-2020

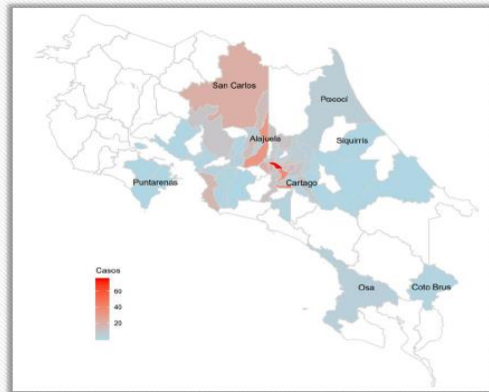


Abril 26, 2020

Casos acumulados



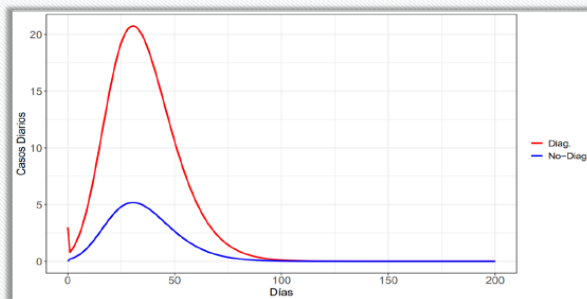
Casos activos



* Los mapas no incluyen los 6 casos y recuperados del 25-4-2020







Reporte 26-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
32 días posterior al 29 de febrero

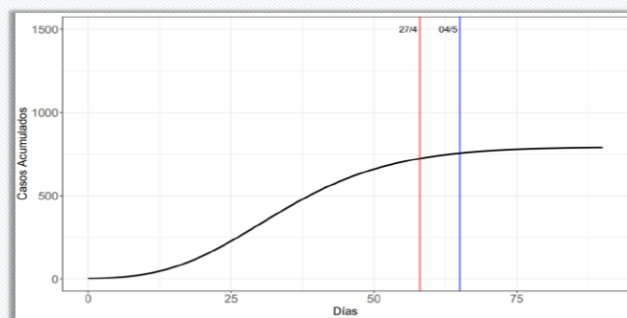
Casos esperados durante el pico de la epidemia

-  • Casos nuevos reportados: 21
-  • Casos acumulados reportados: 350
-  • Casos nuevos no reportados: 5
-  • Casos acumulados no reportados: 87
-  • Total de casos nuevos: 26
-  • Total de casos acumulados: 437
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 191

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 26-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
27- 4 - 2020	724 casos
04- 5 - 2020	756 casos

Fecha	Total de casos activos
27- 4 - 2020	169 casos
04- 5 - 2020	129 casos

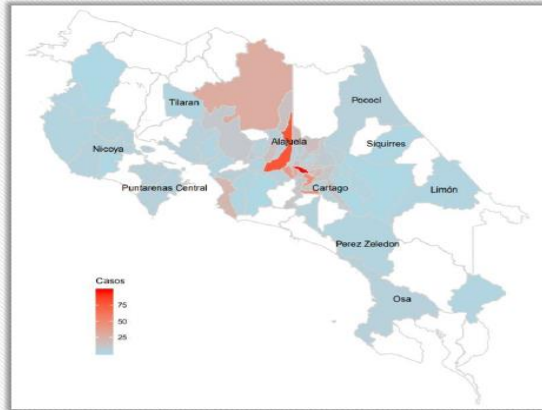
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 26-4-2020

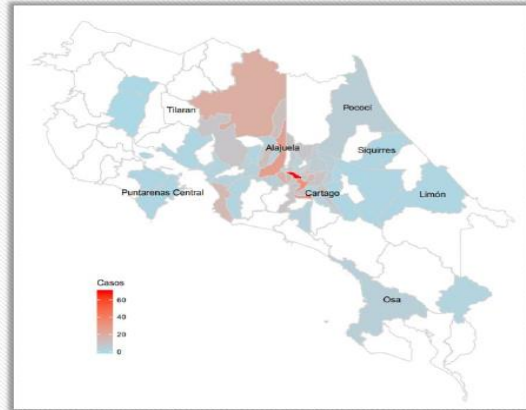


Abril 27, 2020

Casos acumulados

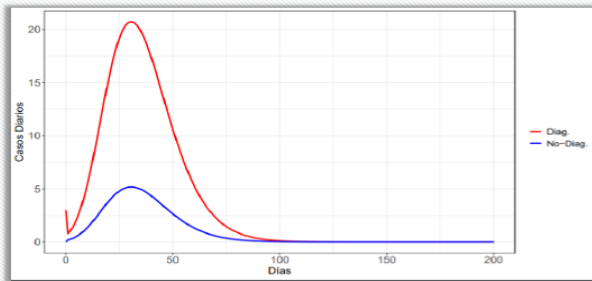


Casos activos



Reporte 27-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
32 días posterior al 29 de febrero

Casos esperados durante el pico de la epidemia

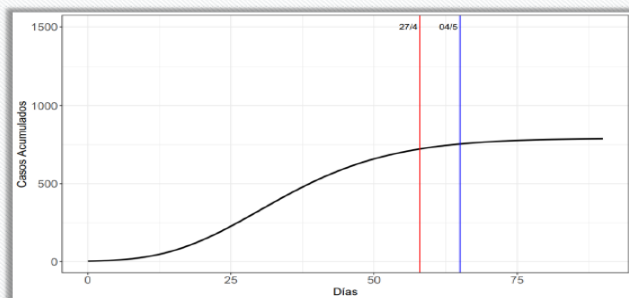
- Casos nuevos reportados: 21
- Casos acumulados reportados: 349
- Casos nuevos no reportados: 5
- Casos acumulados no reportados: 87
- Total de casos nuevos: 26
- Total de casos acumulados: 436

• Casos activos durante el pico de la epidemia: 191

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 27-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
27- 4 - 2020	723 casos
04 - 5 - 2020	754 casos

Fecha	Total de casos activos
27- 4 - 2020	169 casos
04- 5 - 2020	129 casos

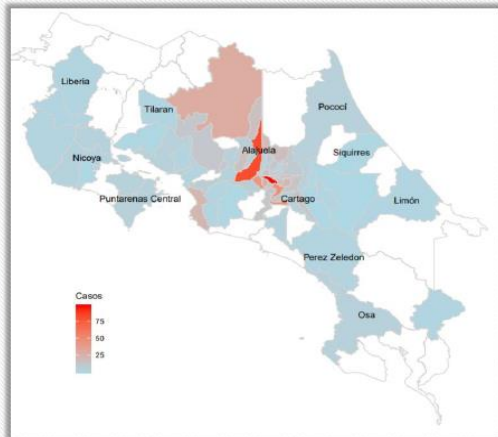
* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 27-4-2020

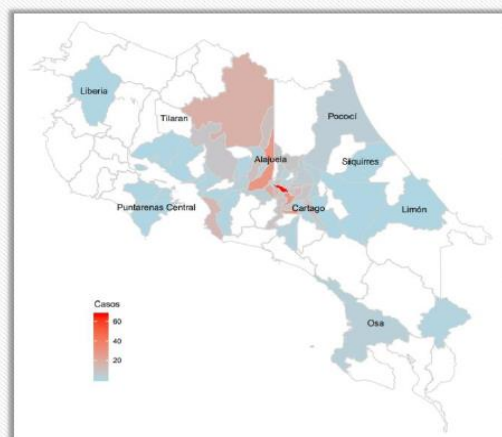


Abril 28, 2020

Casos acumulados

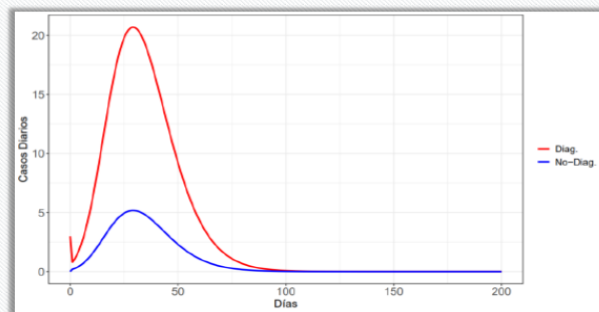


Casos activos



Reporte 28-4-2020

Casos nuevos por día



Fecha aproximada de mayor número de casos:
30 días posterior al 29 de febrero

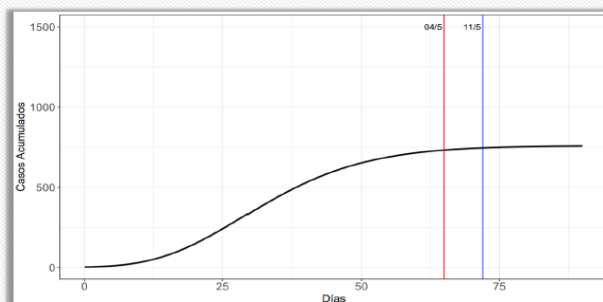
Casos esperados durante el pico de la epidemia

- Casos nuevos reportados: 21
- Casos acumulados reportados: 323
- Casos nuevos no reportados: 5
- Casos acumulados no reportados: 80
- Total de casos nuevos: 26
- Total de casos acumulados: 403
- Casos activos durante el pico de la epidemia: 183

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 28-4-2020

Proyección de casos



Fecha	Total de casos diagnosticados
04- 5 - 2020	732 casos
11 - 5 - 2020	746 casos

Fecha	Total de casos activos
04- 5 - 2020	116 casos
11- 5 - 2020	82 casos

* Los datos se ajustan de forma diaria y cambian conforme avanza la epidemia en el país.

Reporte 28-4-2020



MAYO

2020



Mayo 2020

Contexto país

Durante el mes de mayo 2020, el país continuaba presentando una situación estable en torno a la propagación del virus SARS-CoV-2 en el territorio nacional; gracias a la cantidad de casos reportados, se lograba mantener identificada la mayor cantidad de nuevos casos por su nexo epidemiológico. El país se encontraba, además, realizando testeos en sitios centinela, así como a personas repatriadas, y se dio inicio a protocolos correspondientes a transportista que ingresaban al país, posterior a la identificación de casos en trabajadores de este sector.

En cuanto a las medidas sanitarias, y gracias a la estabilidad en el contexto epidemiológico, el país anunció un cronograma de reapertura gradual compuesto por cuatro fases, que contemplaba la apertura segura de instalaciones como: hoteles, comercios y actividades deportivas de distinta índole, lugares de culto y restaurantes, el cual incluyó la elaboración de lineamientos y protocolos que permitieran asegurar el lavado de manos, un distanciamiento social adecuado y el establecimiento de aforos máximos dependiendo de la actividad. En este sentido, del 1 de mayo al 15 de mayo 2020, se inició la habilitación de cines, teatros y gimnasios con un aforo del 25%; los fines de semana se habilita el funcionamiento de salones de belleza con un aforo máximo del 50% de su capacidad y la restricción vehicular diurna se mantiene de 5:00 a.m. a 7:00 p.m. y la nocturna de 7:00 p.m. a 5:00 a.m. (12).

Figura 32. Cronograma de apertura del 16 de mayo al 1 de agosto del 2020

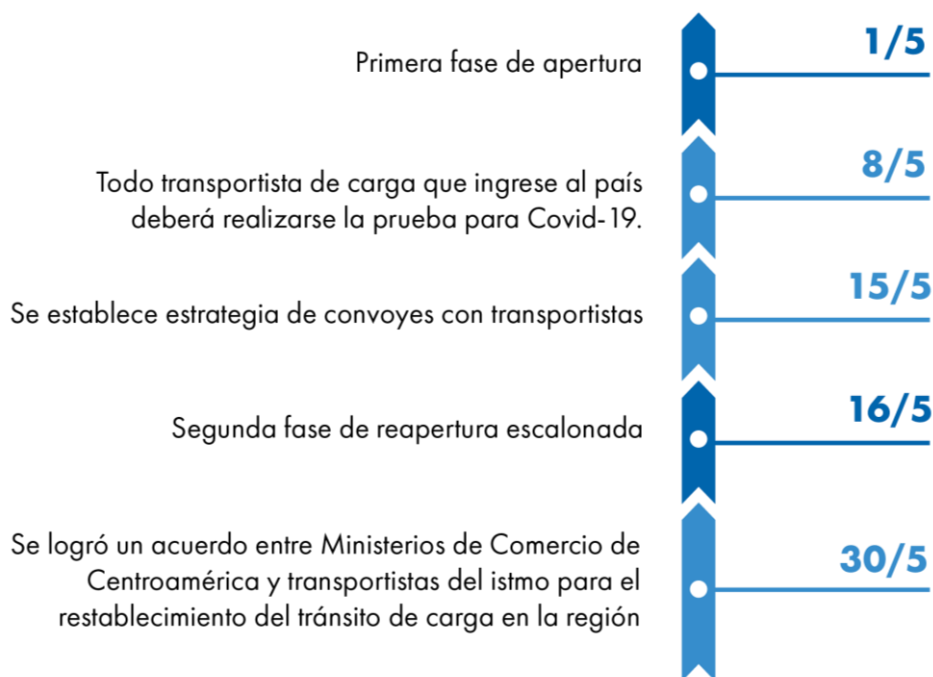


Fuente: Ministerio de Salud de Costa Rica.

A partir del 16 de mayo, y como se muestra en la [Figura 32](#), dio inicio la segunda fase reapertura escalonada, con la habilitación de parques nacionales, actividades físicas y recreativas, así como el funcionamiento de hoteles y parques nacionales con un aforo del 50%.



Figura 33. Principales medidas implementadas en el mes de mayo



Fuente: Elaboración propia.

Uso de mascarillas y protectores faciales

Durante los primeros meses de pandemia, la evidencia científica disponible al momento sugería que las dos rutas principales de transmisión del virus SARS-CoV-2 eran las gotículas respiratorias y la transmisión por contacto (52). Basado en esta evidencia científica y en el marco de la apertura de actividades comerciales, el 12 de mayo del 2020, el Ministerio de Salud recomienda por primera vez el uso de mascarillas o protectores faciales en transporte público, atención al público y reuniones.

Regulación en el ingreso de transportistas

Ante el reporte de casos relacionados con el ingreso de transportistas al territorio nacional, el 8 de mayo 2020, el Ministerio de Salud anuncia que sería requisito para el ingreso al país el resultado negativo de una prueba COVID-19. Los transportistas esperarían en las zonas fronterizas el resultado de las pruebas respectivas. Durante la realización de las pruebas diagnósticas, más de 61 casos fueron detectados entre este sector.

Sin embargo, debido a esta medida, y la espera prolongada que tomaba el obtener los resultados de las pruebas (al menos 24 horas), más de 700 transportistas requirieron de ayuda humanitaria, pues los puestos fronterizos no contaban con las medidas necesarias de estancia. Por esto, el gobierno replantea la medida, y a partir del 15 de mayo se establece una estrategia de convoyes, en la que los transportistas que realizaran tránsito de frontera a frontera contarían con una escolta policial, en operativos coordinados con la fuerza pública. Se propuso, además, el uso de monitoreo con GPS, enganche y desenganche de contenedores y relevo de conductores. Sin embargo, estas estrategias



significaban un alto costo para las empresas involucradas, por lo que se generó tensión entre las partes involucradas (12).

Finalmente, el 30 de mayo 2020 se logró un acuerdo entre Ministerios de Comercio de Centroamérica y transportistas del istmo para el restablecimiento del tránsito de carga en la región, al permitir la permanencia de transportista por 5 días en el territorio nacional. Además, se definió que aquellas mercancías en unidades de transporte refrigerados o con mercancías peligrosas, u objetos a granel, irían directamente a la empresa importadora. El acuerdo contemplaba que los transportistas que presenten sintomatología sugestiva de COVID-19 no ingresaran a territorio costarricense y anuló las medidas recíprocas que habían sido implementadas en Nicaragua el 18 de mayo al ordenar el cierre del paso de mercancía por la frontera de Peña Blancas.

Situación epidemiológica

En cuanto, a la situación epidemiológica, al 31 de mayo del 2020, el Ministerio de Salud reportaba un total de 1056 casos confirmados por COVID-19 a nivel nacional, para una tasa de incidencia acumulada de 20 casos por cada 100 mil habitantes. Del total de casos confirmados, el 31.9% (337 casos), fueron notificados durante el mes de mayo. Por distribución de grupo etario, el 86.3% correspondían a adultos, 5.3% a adultos mayores y 8.4% a menores de edad.

De los casos confirmados, el 63.3% de los casos se reportaban como recuperados. En cuanto a los casos descartados, el país reportaba un total de 18 198 pacientes con resultados negativos. Es importante destacar, en la línea de diagnóstico, que, durante el mes de abril, los distintos laboratorios habilitados a nivel nacional contaban con 13 000 pruebas diagnósticas y una capacidad de procesamiento de cerca de 2500 pruebas diarias.

En lo que correspondía a las hospitalizaciones, el país continuaba mostrando una disminución paulatina en el uso de servicios de salud, reportándose para el 31 de mayo un total de 12 pacientes hospitalizados en salón y 4 pacientes en Unidades de Cuidados Intensivos. En cuanto a fallecimientos, el mes de mayo cierra con 10 fallecimientos para una tasa de mortalidad del 0.9%.

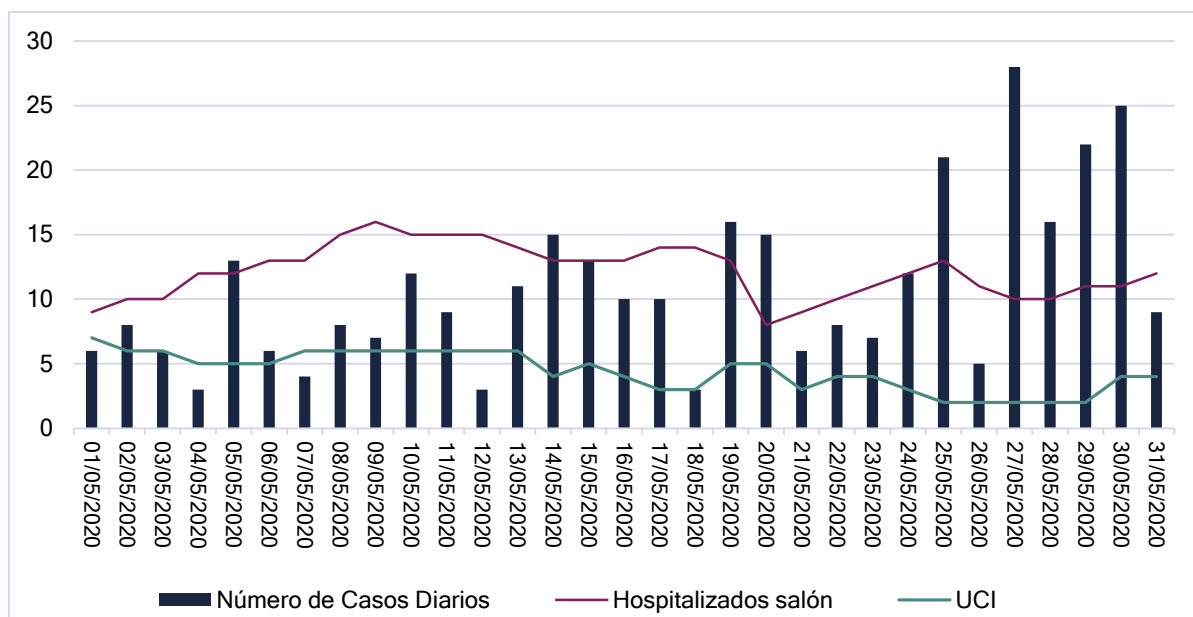
Tabla 7. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de mayo del 2020

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de mayo 2020	
Acumulados	1056
Recuperados	669
Hospitalizados Salón	12
Hospitalizados UCI	4
Fallecimientos	10

Fuente: datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica.

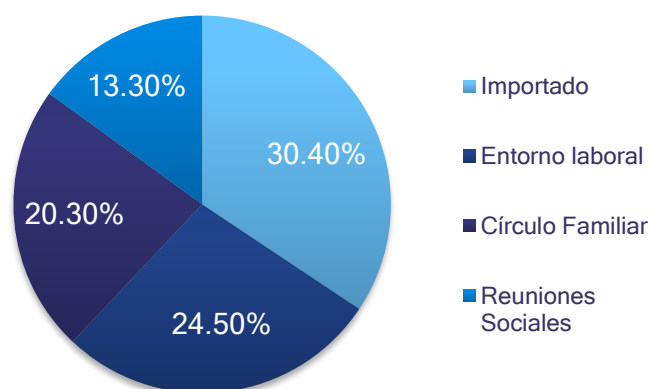


Figura 34. Situación epidemiológica COVID-19 del 1 de mayo al 31 de mayo del 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica.

Figura 35. Distribución porcentual de los lugares de contagio al 22 de mayo 2020 al 22 de mayo 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica

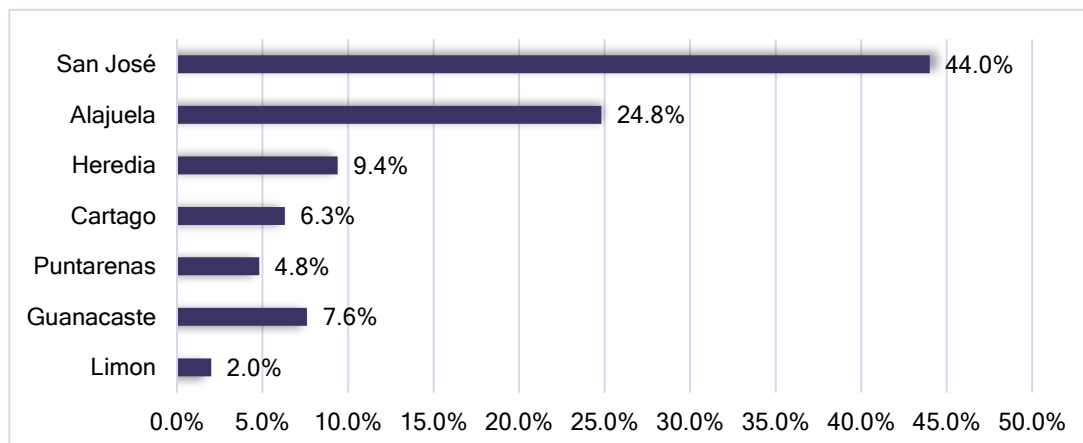
(13.3%) (12).

Debido a que para este mes el país continuaba con una vigilancia que incluía el nexo epidemiológico de los casos confirmados, el 22 de mayo del 2020, el Ministerio de Salud dio a conocer que la mayor cantidad de casos a la fecha se debían a un viaje. Este motivo, representaba el origen del 30.4% de los pacientes confirmado a la fecha. La segunda causa de contagio se originó en entornos laborales (24.5%), seguido por contagios en el círculo familiar (20.3%), finalizando con contagios en el ámbito de reuniones sociales

En cuanto a la distribución geográfica de los casos confirmados, durante mayo el país reportaba casos positivos en 72 cantones de las 7 provincias; San José agrupaba el 44% de la totalidad de casos; seguido de Alajuela, con el 24.8% y Heredia con un 9.4% (Figura 36).



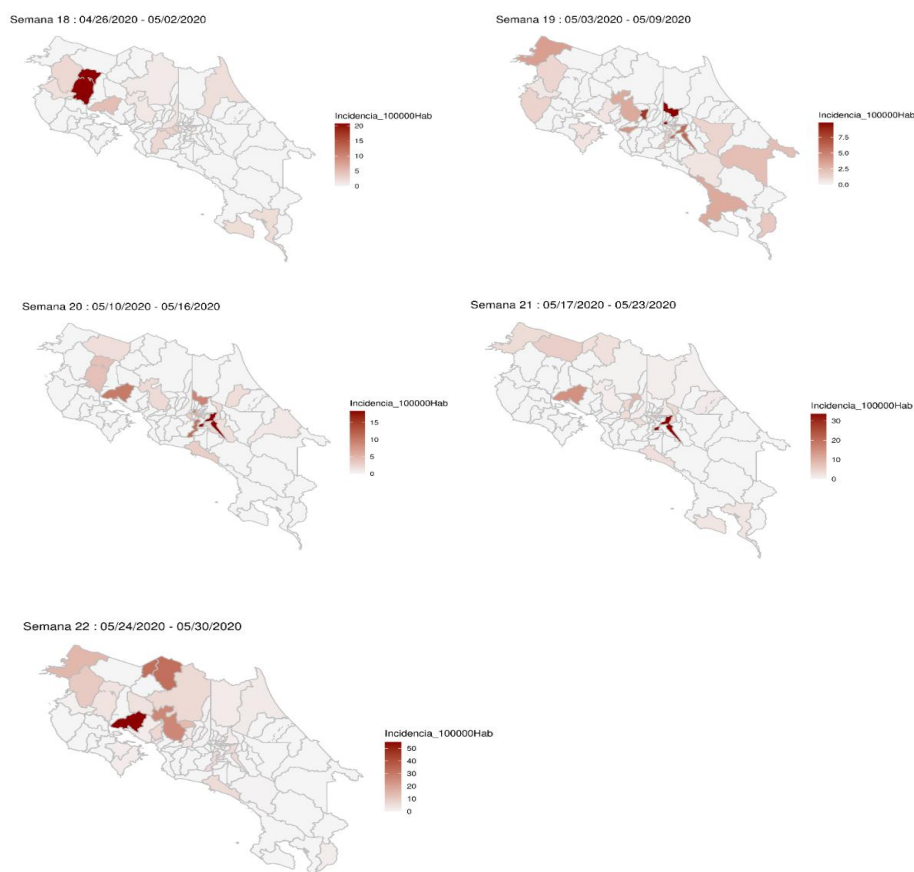
Figura 36. Porcentaje de casos positivos según provincia de residencia al 31 de mayo del 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica

En cuanto a la distribución cantonal, como se observa en los mapas de la **Figura 37**, la mayor cantidad de casos se reportaban en cantones ubicados en el Gran Área Metropolitana; sin embargo, para finales de mayo (semana epidemiológica 22), es la región norte del país la que empieza a reportar la mayor cantidad de casos.

Figura 37. Distribución geográfica de la incidencia de casos COVID-19 durante mayo 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica



Modelos matemáticos



Versión 2: Modelo de Redes

Con la evolución de la pandemia, se hace necesario actualizar y redefinir algunos de los supuestos del modelo, así como los valores de los parámetros, teniendo en cuenta tanto las necesidades e interrogantes que van surgiendo como el conocimiento que se va adquiriendo del virus y la experiencia en el control y prevención de este.

Además de las proyecciones nacionales, se hace necesario el diseño de escenarios para el análisis de situaciones hipotéticas y proyecciones a más largo plazo, que den un panorama de lo que se podría esperar y orientar así la toma de decisiones.

Nuevas consideraciones del modelo

- Se redefinen las redes de contacto por familia, amigos y contactos esporádicos. Estos últimos hacen referencia a aquellos contactos que se tienen de forma eventual, bien sea con gente en la calle, en un supermercado, en un restaurante, etc. La cantidad de contactos esporádicos por día se genera de forma aleatoria de una distribución uniforme.
- La tasa de mortalidad observada en Costa Rica es inferior a la que se ha reportado en la literatura. Se estima que alrededor de un 2% de los pacientes hospitalizados en salón y un 8% de pacientes en cuidados intensivos fallecen. Se incorpora una bandera en el modelo para indicar el momento en el que se supera la capacidad de camas UCI y, en ese momento, la tasa de mortalidad cambia a ser un 33% para los pacientes graves.
- Se cambia el porcentaje de personas diagnosticadas y no diagnosticadas a un 75% y 25% respectivamente.
- Se incluye la densidad poblacional de los cantones como un parámetro que afecta la tasa de transmisión.
- En promedio, una persona es dada de alta (entendido esto como el tiempo en el que las dos pruebas consecutivas para COVID-19 dan negativo, indicando que la persona ya no es infecciosa) en 17 días.
- Se incluye el concepto de burbuja social para referirse a la cantidad de contactos que una persona puede tener en la capa de contactos sociales y en los esporádicos. Un aumento o reducción en el número en estos permite el diseño y la simulación de escenarios de cierre y apertura.
-

Escenarios

Teniendo en cuenta las fases de apertura, se diseñan cinco escenarios con eventos que, según el lugar y el momento en el tiempo en el que ocurren, podrían llevar a un crecimiento de casos inesperado. El escenario 1 intenta reflejar una situación controlable y el escenario 5 una situación más compleja. Uno de los objetivos del ejercicio es tener una gama de posibilidades que permitan monitorear el comportamiento del virus y reconocer cuando el país está entrando en una fase que puede estresar el sistema de salud.



Teniendo en cuenta las fases de apertura, se diseñan cinco escenarios con eventos que, según el lugar y el momento en el tiempo en el que ocurren, podrían llevar a un crecimiento de casos inesperado. El escenario 1 intenta reflejar una situación controlable y el escenario 5 una situación más compleja. Uno de los objetivos del ejercicio es tener una gama de posibilidades que permitan monitorear el comportamiento del virus y reconocer cuando el país está entrando en una fase que puede estresar el sistema de salud.

Los eventos se formulan buscando recrear posibles situaciones o convergencia de eventos en el país. En lo posible, se busca que la información sea lo más cercana a la realidad. Es importante tener en cuenta que, más que los eventos, lo relevante del ejercicio es poder estudiar una serie de situaciones que pudieran poner en una situación compleja al sistema de salud; algunos de estos eventos pueden ocurrir o no, darse en el mismo orden o no; lo relevante, más que los eventos, es el número de casos que de allí se pueden derivar.

La **Tabla 8** resume la cantidad de eventos y el tipo de evento que debe ser supuesto en cada uno de los escenarios. El área geográfica indica si el evento se debe definir en un cantón de densidad baja, media o alta. La columna A corresponde al escenario 1, columna B al escenario dos y así sucesivamente.

Tabla 8. Tipo de evento para cada escenario

Simulación	A	B	C	D	E
Área geográfica	E1 = [N2x3/N1x6] cada tres meses	E2 = [N2x3/N1x9] cada tres meses	E3 = [N2x6/N1x6] cada tres meses	E4 = [N2x6/N1x9] cada tres meses	E5 = [N2x9/N1x9] cada tres meses
Densidad BAJA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad MEDIA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad ALTA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1

Supuestos y consideraciones para los diseños de los escenarios

Se definen dos tipos de eventos:

- **Eventos tipo N1** = eventos en lugares en los que se podrían dar varios contagios, pero no en una proporción importante, como restaurantes, hoteles, parques nacionales, etc.
- **Eventos tipo N2** = eventos que suponen un poco más de riesgo, como en iglesias, colegios, cárceles, asentamientos informales.

1. Se realizan las simulaciones por un año.
2. Se aumenta el número de eventos en cada escenario.
3. Se definen diferentes eventos en cada uno de los escenarios.
4. Se crean eventos que van de menor a mayor intensidad, en cuanto a la cantidad de casos que se pueden generar.



5. Se clasifican los cantones de acuerdo con la densidad poblacional: densidad baja, cantones con menos de 100 habitantes por km^2 ; densidad media para cantones de 100 a 1000 habitantes por km^2 ; y densidad alta, lugares con más de 1000 habitantes por km^2 . La complejidad del escenario se define por la cantidad de eventos y el cantón en el que ocurre. Se espera que aquellos eventos en cantones más poblados pueden producir más contagios que los que se dan en un cantón con poca población. Para esta información, se usa información del INEC en cuanto a la población y área del cantón.
6. En los tres primeros meses, los eventos se definieron teniendo en cuenta el cronograma de apertura; es decir, no era posible un brote en un colegio si para la fecha en la que ocurría el evento no se habían abierto dichos establecimientos. Pasados los tres meses del plan de apertura, los eventos se repetían, pero de forma aleatoria en cualquier punto del tiempo.
7. Para el diseño de los eventos fue necesario conocer la información sobre el personal de los hospitales y su ubicación, los asentamientos informales, ubicación de colegios y población estudiantil, cárceles y aforo promedio de hoteles, restaurantes y parques nacionales.
8. En el caso de las escuelas, se conocía el total de estudiantes y escuelas por cantón, así que se promedió el número de estudiantes por institución.
9. La información de los hospitales fue tomada de la página web de la CCSS.
10. En el caso de los asentamientos informales, se asumió familias más numerosas, mayor contacto entre amigos y mayor probabilidad de contactos esporádicos. La población de los asentamientos fue tomada del INEC.
11. Se consiguió, además, la ubicación y población de cárceles y hogares de ancianos.
12. Se revisaron los aforos permitidos en los parques nacionales y su ubicación.
13. La cantidad de contactos efectivos, dentro de la red de contactos de cada individuo aumenta a medida que se levantan las medidas de control, es decir, las “burbujas sociales” se van expandiendo con la apertura, como se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Supuestos en la red de contactos teniendo en cuenta las diferentes fases de apertura

Cronograma apertura	Número de Contacto
Fase 1 16-31 de mayo	Familia: promedio 4 personas que incluye a todos los grupos etarios (basado en la Encuesta Nacional de Hogares 2018). Amigos y compañeros de trabajo: contactos efectivos por día, 10. Esporádicos: elegir de una distribución.
Fase 2 1-20 de junio	Familia: promedio 4 personas que incluye a todos los grupos etarios (basado en la Encuesta Nacional de Hogares 2018). Amigos y compañeros de trabajo: contactos efectivos por día, 15. Esporádicos: elegir de una distribución (tomando en cuenta un aumento en la cantidad de contactos esporádicos conforme se habilitan comercios y lugares de reunión).
Fase 3 21 de junio-11 de julio	Familia: promedio 4 personas que incluye a todos los grupos etarios (basado en la Encuesta Nacional de Hogares 2018). Amigos y compañeros de trabajo: contactos efectivos por día, 20. Esporádicos: elegir de una distribución (tomando en cuenta un aumento en la cantidad de contactos esporádicos conforme se habilitan comercios y lugares de reunión).



Fase 4 12 de julio-1 de agosto	<p>Familia: promedio 4 personas que incluye a todos los grupos etarios (basado en la Encuesta Nacional de Hogares 2018).</p> <p>Amigos y compañeros de trabajo: contactos efectivos por día, 30.</p> <p>Esporádicos: elegir de una distribución (tomando en cuenta un aumento en la cantidad de contactos esporádicos conforme se habilitan comercios y lugares de reunión).</p>
---	--

Escenario 1

A continuación, se presentan los eventos supuestos en cada una de las fases de apertura y los resultados de la simulación. En los eventos se describe el cantón, el lugar y la cantidad de personas con las que una persona infectada puede tener contacto (no todas ellas resultan infectadas, esto dependerá de la probabilidad de infección).

Tabla 10. Tipo y cantidad de eventos por región y escenario

Simulación	A	B	C	D	E
Área geográfica	E1 = [N2x3/N1x6] cada tres meses	E2 = [N2x3/N1x9] cada tres meses	E3 = [N2x6/N1x6] cada tres meses	E4 = [N2x6/N1x9] cada tres meses	E5 = [N2x9/N1x9] cada tres meses
Densidad BAJA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad MEDIA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad ALTA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1

↑
Escenario 1

Tabla 11. Eventos supuestos en cada una de las fases de apertura en el escenario 1

Cronograma de Apertura	Columna A
Fase 1 16-31 de mayo	<p>N1: Parque Nacional Irazú (capacidad de carga turística total de 900 personas por día). Evento: Excursión de 10 personas. Reducir capacidad al 50%.</p> <p>N1: Hotel en Corredores (cantón de densidad media 85 hab. / km²) con 10 habitaciones ocupadas un total de 20 personas y 5 funcionarios.</p> <p>N1: Oficina en Liberia (cantón de baja densidad 54 hab. / km²) de 30 trabajadores.</p>
Fase 2 1-20 de junio	<p>N1: Restaurante en el cantón Heredia (cantón de media densidad de 506 hab./ km²) con capacidad de 20 personas (con las medidas actuales).</p>
Fase 3 21 de junio-11 de julio	<p>N1: Bar en Santo Domingo (cantón de alta densidad 1974 hab./ km²). 50 personas.</p> <p>N2: Iglesia en Palmares (cantón con alta densidad poblacional 1075 hab./ km²).</p>
Fase 4 12 de julio-1 de agosto	<p>N2: Hospital Tony Facio de Limón 249 camas, 893 funcionarios, 56 consultorios. Cantón de baja densidad 57 hab./ km².</p> <p>N1: Colegio en Desamparados (cantón con 2073 hab./ km²) 50 052 estudiantes con un promedio de 618 estudiantes por centro educativo.</p> <p>N2: Iglesia en Carta3go (cantón de densidad media 570 hab./ km²) 100 personas.</p>



Resultados

Figura 38. Panel derecho: 100 simulaciones del escenario 1. Panel izquierdo: promedio de las 100 simulaciones (azul), activos (línea puntada), acumulados (línea continua). Casos reales reportados a la fecha (rojo)

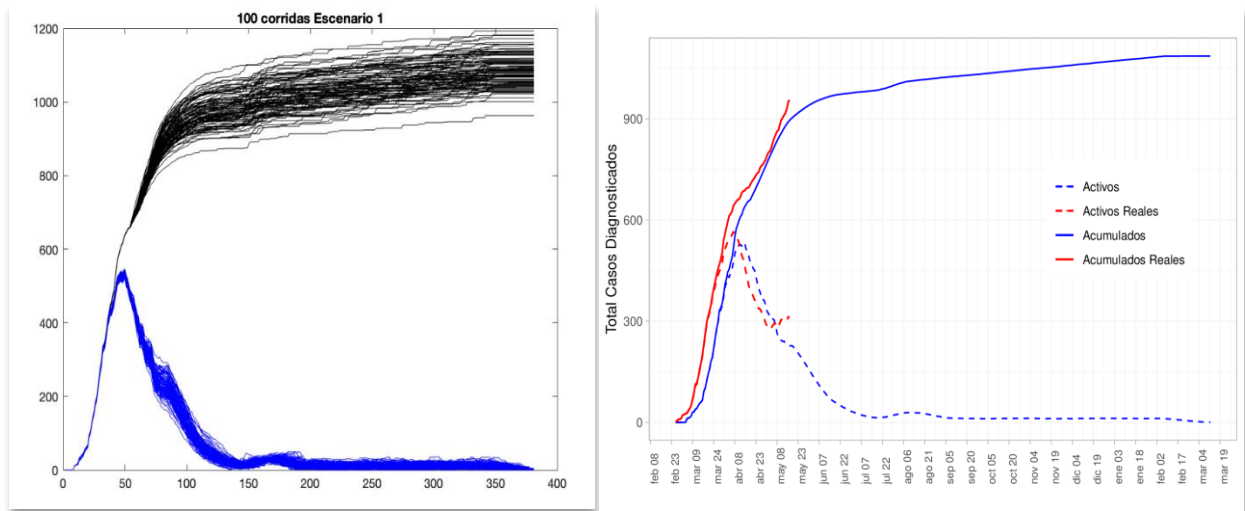
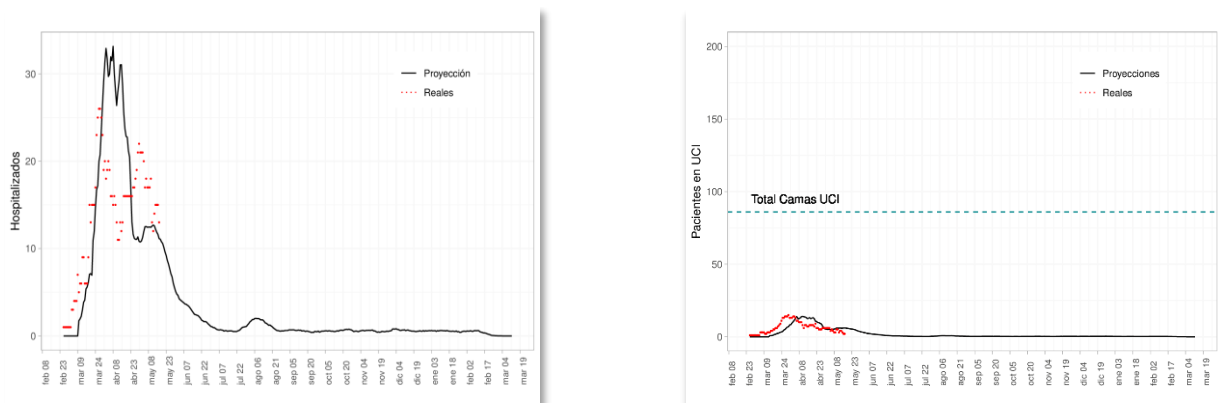
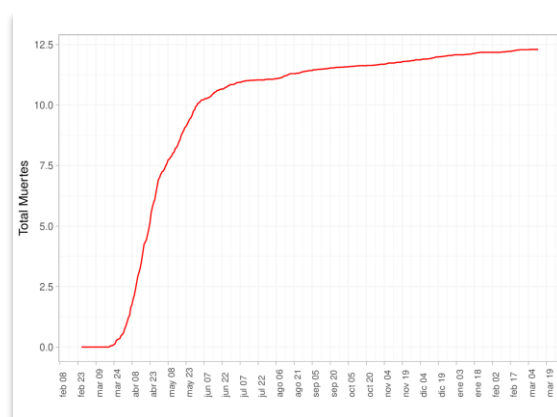


Figura 39. Proyecciones (negro) de hospitalización (A) y ocupación en cuidados intensivos (B) y los casos reales reportados a la fecha (rojo). (C) Proyección de fallecimientos.



(A)

(B)



(C)



Escenario 2

Tabla 12. Eventos supuestos en cada una de las fases de apertura en el escenario 2

Simulación	A	B	C	D	E
Área geográfica	E1 = [N2x3/N1x6] cada tres meses	E2 = [N2x3/N1x9] cada tres meses	E3 = [N2x6/N1x6] cada tres meses	E4 = [N2x6/N1x9] cada tres meses	E5 = [N2x9/N1x9] cada tres meses
Densidad BAJA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad MEDIA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad ALTA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1

↑
Escenario 2

Tabla 13. Eventos supuestos en cada una de las fases de apertura en el escenario 2.

Cronograma de Apertura	Columna B
Fase 1 16-31 de mayo	<p>N1: Parque Nacional Carara (recorridos por los senderos en grupos de 25 personas) reducir capacidad al 50%.</p> <p>N1: Hotel en Corredores (cantón de densidad media 85 hab. / km^2) con 10 habitaciones ocupadas un total de 20 personas y 5 funcionarios.</p> <p>N2: Hospital Calderón Guardia 3146 funcionarios en San José, cantón alta densidad (7785 hab. km^2).</p>
Fase 2 1-20 de junio	<p>N1: Oficina de 30 trabajadores en Escazú (cantón de alta densidad con 2031 hab./ km^2)</p> <p>N2: Centro Penitenciario Nelson Mandela en San Carlos (cantón baja densidad 59 hab./ km^2) de 718 presos.</p> <p>N1: Hotel en Barva (cantón de media densidad 873 hab./ km^2) con 30 habitaciones (60 huéspedes y 20 funcionarios).</p>
Fase 3 21 de junio-11 de julio	<p>N1: Restaurante en el cantón Heredia (cantón de media densidad de 506 hab./ km^2) con una capacidad de 20 personas (con las medidas actuales).</p> <p>N2: Asentamiento informal Las Lomas en Coronado (cantón densidad media 322 hab./ km^2) 2231 habitantes.</p> <p>N1: Oficina en Belén (cantón de alta densidad 2177 hab./ km^2) oficina de 30 personas.</p>
Fase 4 12 de julio-1 de agosto	<p>N1: Colegio Limón (31 677 estudiantes, 147 centros educativos, 215 estudiantes en promedio por centro). Cantón de baja densidad 57 hab./ km^2.</p> <p>N1: Bar en Santo Domingo (cantón de alta densidad 1974 hab./ km^2). 50 personas.</p> <p>N1: Colegio en Golfito (cantón de baja densidad 26 hab./ km^2) promedio de 105 estudiantes.</p>



Resultados

Figura 40. Panel derecho: 10 simulaciones del escenario 1. Panel izquierdo: promedio de las 100 simulaciones (azul), activos (línea puntada), acumulados (línea continua). Casos reales reportados a la fecha (rojo)

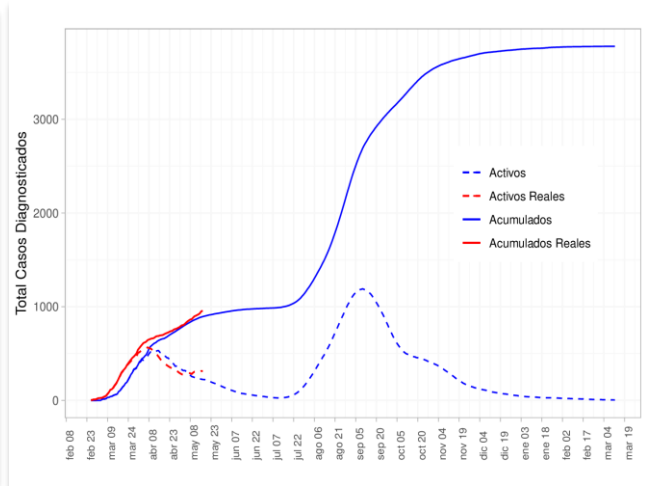
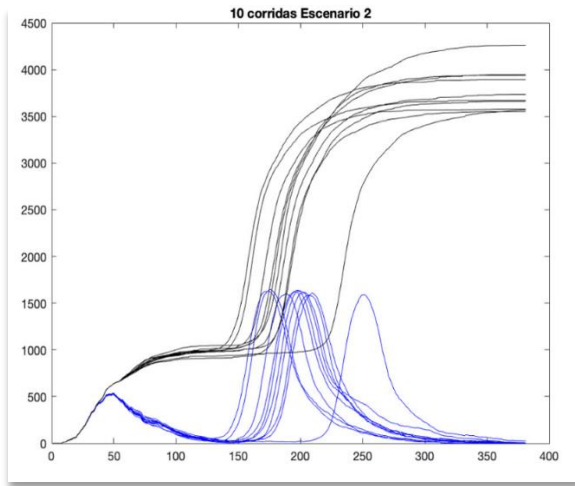
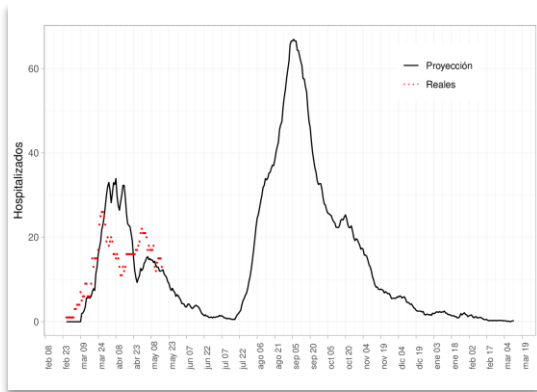
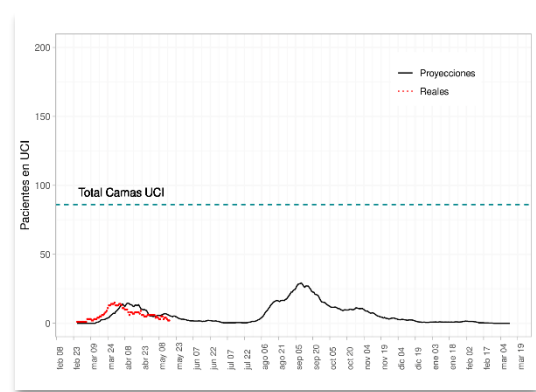


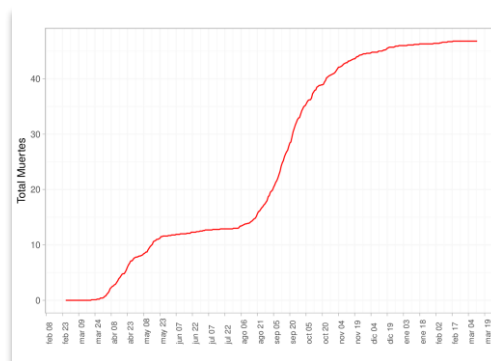
Figura 41. Proyecciones (negro) de hospitalización (A) y ocupación en cuidados intensivos (B) y los casos reales reportados a la fecha (rojo). (C) Proyección de fallecimientos.



(A)



(B)



(C)



Escenario 3

Tabla 14. Tipo y cantidad de eventos por región y escenario

Simulación	A	B	C	D	E
Área geográfica	E1 = [N2x3/N1x6] cada tres meses	E2 = [N2x3/N1x9] cada tres meses	E3 = [N2x6/N1x6] cada tres meses	E4 = [N2x6/N1x9] cada tres meses	E5 = [N2x9/N1x9] cada tres meses
Densidad BAJA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad MEDIA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad ALTA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1

↑
Escenario 3

Tabla 15. Eventos supuestos en cada una de las fases de apertura en el escenario 3.

Cronograma de Apertura	Columna C
Fase 1 16-31 de mayo	<p>N1: Parque Nacional Los Quetzales (senderos unidireccionales donde aumenta la cantidad de contactos esporádicos) Evento: Caminata en grupo de 15 personas.</p> <p>N2: Hogar de Ancianos Carlos María Ulloa 198 adultos mayores, 161 empleados. Goicochea (cantón de alta densidad 4397 hab./ km²).</p> <p>N1: Fiesta en domicilio con 25 personas en Curridabat (cantón de alta densidad con 4 989 hab. /km²).</p>
Fase 2 1-20 de junio	<p>N2: Asentamiento informal en Esparza (cantón de media densidad 176 hab./ km²) 611 habitantes.</p> <p>N2: Centro penitenciario 4625 personas, Cárcel Jorge Arturo Montero en Alajuela (cantón de densidad media 808 hab./ km²)).</p> <p>N1: Hotel en Barva (cantón de media densidad 873 hab./ km²) con 40 habitaciones (80 huéspedes y 30 funcionarios).</p>
Fase 3 21 de junio- 11 de julio	<p>N2: Asentamiento informal El Bambú de Limón (cantón de baja densidad 57 hab./ km²). 4478 personas.</p> <p>N2: Hospital Tony Facio de Limón 249 camas, 893 funcionarios, 56 consultorios. Cantón de baja densidad 57 hab./ km²).</p> <p>N1: Bar en Santo Domingo (cantón de alta densidad 1947 hab./ km²). 50 personas.</p>
Fase 4 12 de julio- 1 de agosto	<p>N1: Colegio en Cartago (cantón de densidad media con 507 hab./ km²). 507 estudiantes en promedio por centro educativo.</p> <p>N2: Iglesia en Belén, 100 personas (cantón de densidad alta 2177 hab. /km²).</p> <p>N1: Cluster de 40 personas en una playa en Santa Cruz (cantón de baja densidad con 52 hab./ km²).</p>



Resultados

Figura 42. Panel derecho: 10 simulaciones del escenario 1. Panel izquierdo: promedio de las 100 simulaciones (azul), activos (línea puntada), acumulados (línea continua). Casos reales reportados a la fecha (rojo).

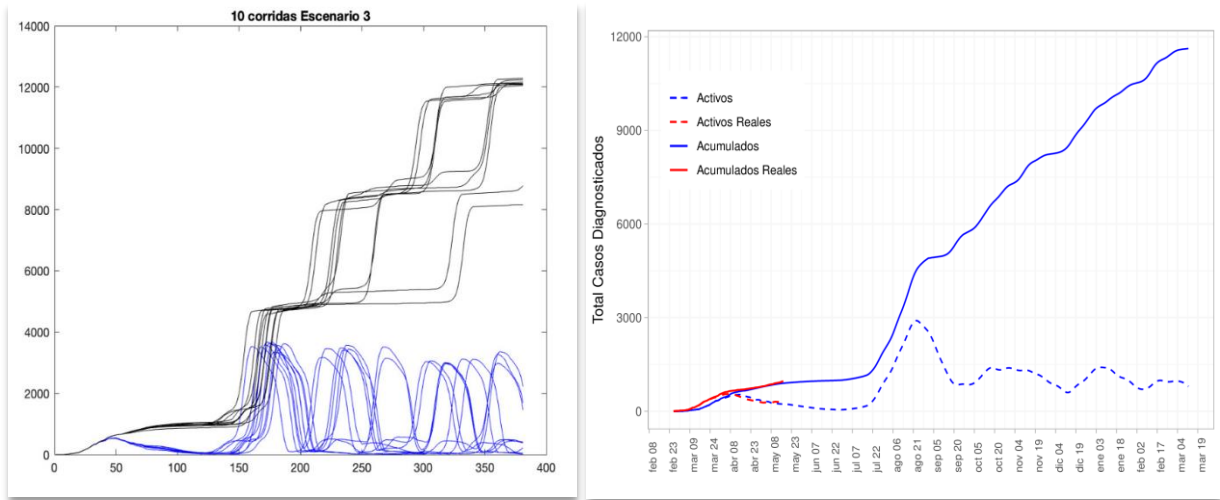
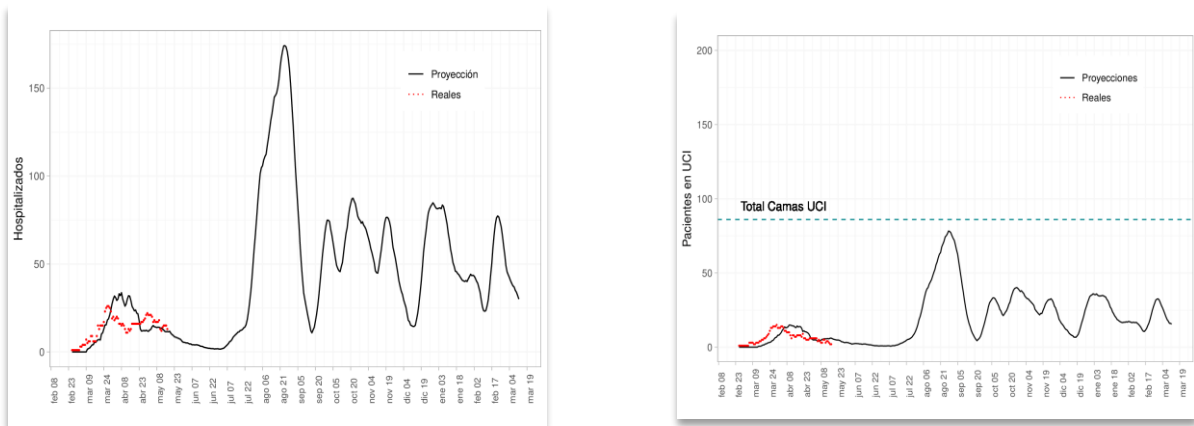


Figura 43. Proyecciones (negro) de hospitalización (A) y ocupación en cuidados intensivos (B) y los casos reales reportados a la fecha (rojo). (C) Proyección de fallecimientos.



(A)

(B)

(C)



Escenario 4

Tabla 16. Tipo y cantidad de eventos por región y escenario.

Simulación	A	B	C	D	E
Área geográfica	E1 = [N2x3/N1x6] cada tres meses	E2 = [N2x3/N1x9] cada tres meses	E3 = [N2x6/N1x6] cada tres meses	E4 = [N2x6/N1x9] cada tres meses	E5 = [N2x9/N1x9] cada tres meses
Densidad BAJA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad MEDIA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad ALTA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1

↑
Escenario 4

Tabla 17. Eventos supuestos en cada una de las fases de apertura en el escenario 4.

Cronograma de Apertura	Columna D
Fase 1 16-31 de mayo	<p>N1: Parque Nacional Poás (capacidad total de carga turística 3000 personas) reducir al 50% Evento: Recorrido por los senderos de 20 personas.</p> <p>N1: Oficina de 30 trabajadores en Escazú (cantón de alta densidad con 2031 hab./ km^2).</p> <p>N2: Hogar de ancianos Monseñor Delfín Quesada en Pérez Zeledón (cantón de baja densidad 75 hab./ km^2) con 82 adultos mayores y se estima 40 funcionarios.</p>
Fase 2 1-20 de junio	<p>N2: Centro Penitenciario Nelson Mandela en San Carlos (cantón baja densidad 59 hab./ km^2) de 718 presos.</p> <p>N2: Asentamiento informal La Carpio 19.035 personas en San José (cantón de alta densidad 7785 hab./ km^2).</p> <p>N1: Restaurante en Montes de Oca (cantón de alta densidad 4124 hab./ km^2) con 40 personas.</p> <p>N1: Oficina en Buenos Aires (cantón de baja densidad 22 hab./ km^2).</p>
Fase 3 21 de junio- 11 de julio	<p>N2: Hospital San Juan de Dios 3.585 funcionarios. San José cantón de la alta densidad San José (7785 hab./ km^2).</p> <p>N2: Asentamiento informal Linda Vista en La Unión (cantón de media densidad 2509 hab./ km^2) 4928 personas.</p> <p>N1: Bar en Montes de Oca (cantón de alta densidad 4124 hab./ km^2).</p> <p>N1: Hotel en Barva (cantón de media densidad 873 hab./ km^2) con 40 habitaciones (80 huéspedes y 30 funcionarios).</p>
Fase 4 12 de julio - 1 de agosto	<p>N1: Colegio en Alajuela (71 967 estudiantes, 134 centros educativos, 537 estudiantes en promedio). (Cantón de densidad media 808 hab./ km^2).</p> <p>N1: Colegio en Naranjo (cantón de densidad media 385 hab./ km^2), 276 estudiantes en promedio por centro educativo.</p> <p>N2: Hospital San Francisco de Asís 600 funcionarios, 86 camas (cantón de densidad media 237 hab./ km^2).</p> <p>N1: Clúster de 40 personas en playa de Talamanca (cantón de baja densidad 15 hab./ km^2).</p>



Resultados

Figura 44. Panel izquierdo: promedio de las simulaciones para los casos activos (línea punteada) y casos acumulados (línea continua). Panel derecho: proyección para las muertes.

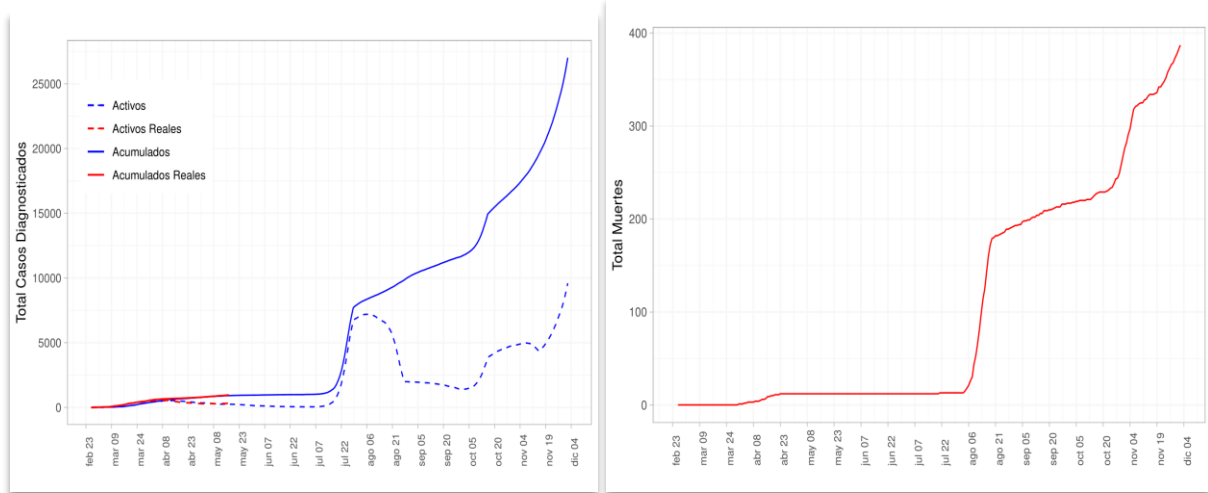
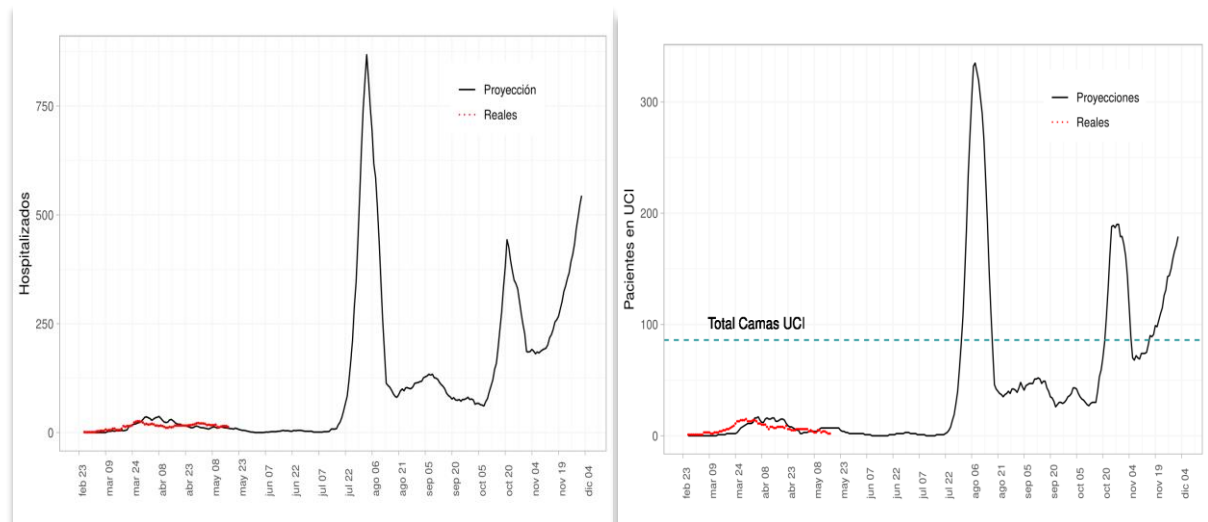


Figura 45. Panel izquierdo: proyección (negro) y casos reales (reales) para hospitalización. Panel derecho: proyecciones (negro) y casos reales (rojo) para ocupación en cuidados intensivos.



Escenario 5

Tabla 18. Tipo y cantidad de eventos por región y escenario.

simulación	A	B	C	D	E
Área geográfica	E1 = [N2x3/N1x6] cada tres meses	E2 = [N2x3/N1x9] cada tres meses	E3 = [N2x6/N1x6] cada tres meses	E4 = [N2x6/N1x9] cada tres meses	E5 = [N2x9/N1x9] cada tres meses
Densidad BAJA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad MEDIA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1
Densidad ALTA	N2 N1 N1	N2 N1 N1 N1	N2 N2 N1 N1	N2 N2 N1 N1 N1	N2 N2 N2 N1 N1 N1

→ Escenario 5

Tabla 19. Eventos supuestos en cada una de las fases de apertura en el escenario 5.

Cronograma de Apertura	Columna E
Fase 1 16-31 de mayo	<p>N1: Parque Nacional Manuel Antonio (capacidad total de carga turística de 600 personas por día entre semana 800 personas por día fines de semana) tomar 50% de apertura. Extensión: 19.83 km^2.</p> <p>Evento: Excursión de 30 personas y contactos basados en la extensión geográfica y capacidad al 50% del parque nacional.</p> <p>N2: Asentamiento informal Linda Vista en La Unión (cantón de media densidad 2509 hab./ km^2) 4928 personas.</p> <p>N1: Hotel en Puntarenas con 10 habitaciones (20 huéspedes, con 5 empleados). (Cantón de baja densidad 76 hab./ km^2).</p> <p>N2: Centro Penitenciario Nelson Mandela en San Carlos (cantón baja densidad 59 hab./ km^2) de 718 presos.</p>
Fase 2 1-20 de junio	<p>N2: Asentamiento informal San Lorenzo en los Chiles (cantón de baja densidad 25 hab./ km^2) 1309 habitantes.</p> <p>N2: Centro penitenciario 4625 personas, Cárcel Jorge Arturo Montero en Alajuela (cantón de densidad media 808 hab./ km^2).</p> <p>N1: Restaurante en el cantón Heredia (cantón de media densidad de 506 hab./ km^2) con una capacidad de 20 personas. (Con las medidas actuales).</p> <p>N1: Oficina en San José de 40 personas cantón alta densidad (7785 hab./ km^2).</p>
Fase 3 21 de junio- 11 de julio	<p>N1: Bar en Tibás (cantón de alta densidad 10 413 hab./ km^2). 50 personas.</p> <p>N1: Oficina de 30 personas en Santa Ana (cantón de densidad media) 884 hab./ km^2.</p> <p>N2: Asentamiento informal La Carpio 19 035 personas en San José (cantón de alta densidad 7785 hab./ km^2).</p> <p>N2: Hogar de ancianos Monseñor Delfín Quesada en Pérez Zeledón (cantón de baja densidad 75 hab./ km^2) con 82 adultos mayores y se estima 40 funcionarios.</p> <p>N2: Hospital Calderón Guardia 3146 funcionarios en San José cantón alta densidad (7785 hab./ km^2).</p>
Fase 4 12 de julio- 1 de agosto	<p>N1: Colegio en San José (77 995 estudiantes, 124 centros educativos, 628 estudiantes) cantón alta densidad (7785 hab./ km^2).</p> <p>N1: Clúster de 40 personas en una playa en Garabito (cantón de baja densidad 82 hab./ km^2)</p> <p>N2: Hogar de Ancianos Carlos María Ulloa 198 adultos mayores, 161 empleados. Goicochea (cantón de alta densidad 4397 hab./ km^2).</p> <p>N2: Iglesia en Paraíso ,100 personas (cantón de densidad media 152 hab. / km^2).</p> <p>N1: Colegio en Alajuela (71 967 estudiantes, 134 centros educativos, 537 estudiantes en promedio). (Cantón de densidad media 808 hab./ km^2).</p>



Resultados

Dada la cantidad de eventos y el tiempo de proyección, los tiempos computacionales para correr varias simulaciones era significativo. A continuación, se presentan dos simulaciones individuales del escenario 5.

Figura 46. Casos acumulados (línea continua), casos activos (línea punteada), datos reales (rojo).

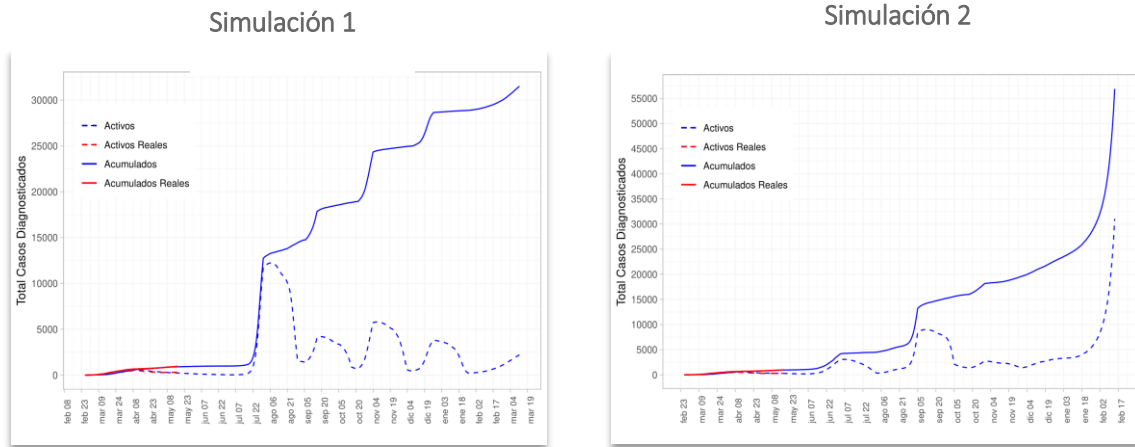


Figura 47. Hospitalizaciones: Proyección (negro) y casos reales (rojo).

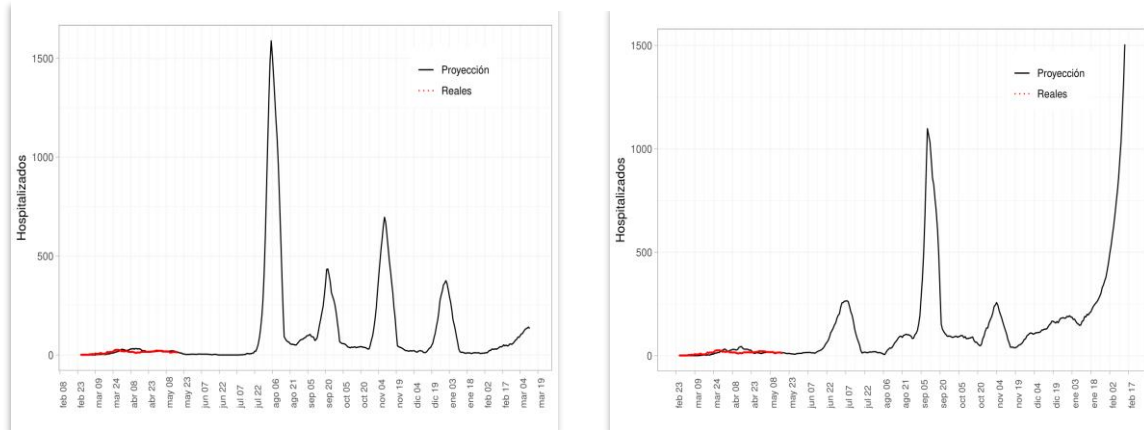


Figura 48. Cuidados intensivos. Proyección (negro) y casos reales (rojo).

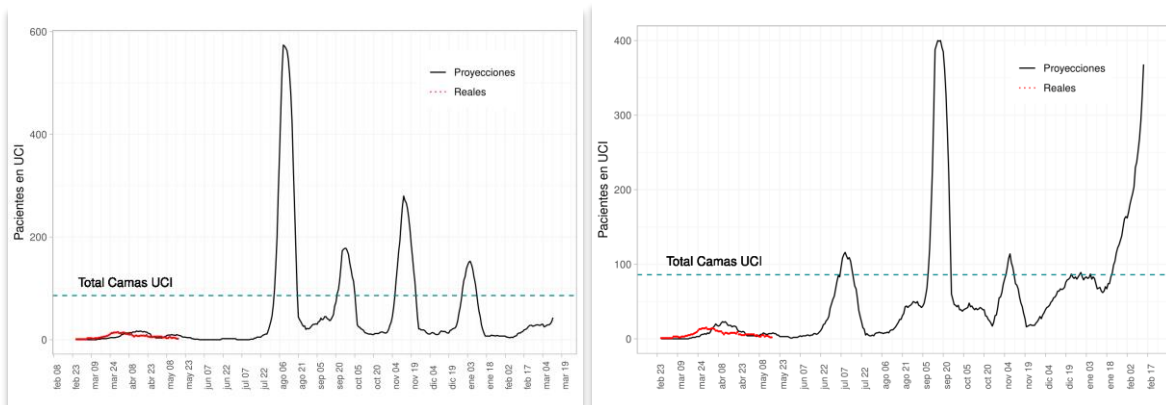
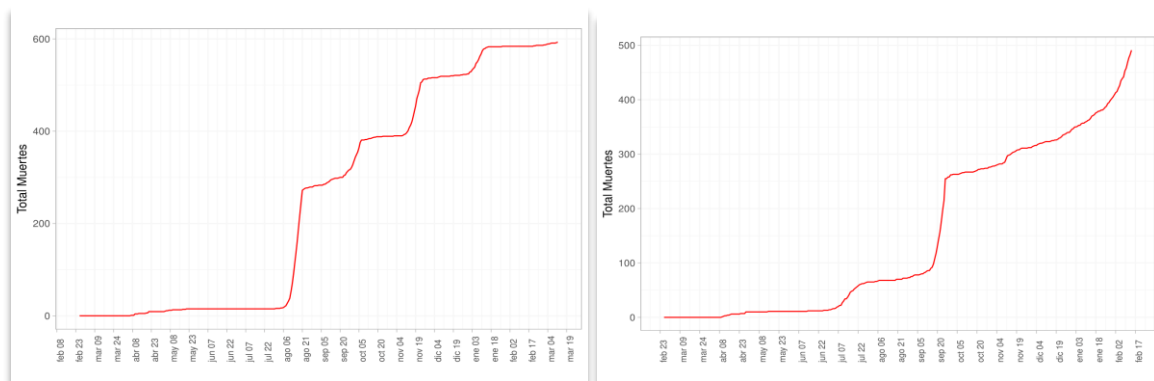




Figura 49. Proyección fallecimientos.



IMPACTO EN LA TOMA DE DECISIONES



El análisis de los escenarios permitió a la OPS y el Ministerio de Salud emitir una serie de recomendaciones que permitieran monitorear el plan de reactivación y continuar con el trabajo interdisciplinario e interinstitucional para el desarrollo de proyecciones y escenarios.

Concentrar los esfuerzos de desarrollo del Modelo de Redes en torno a las capacidades interdisciplinarias de la Mesa de Situación de Servicios de Salud.

Utilizar los clusters como base para el desarrollo de indicadores que permitan articularse para monitorizar la siguiente fase de la Covid-19.

La monitorización depende de contar con información oportuna de todos los sectores involucrados.

Avanzar a una segunda fase del plan de respuesta, en lugar de desescalar lo logrado y reiniciar los servicios suspendidos.

Activación y articulación de toda la red de servicios: primer nivel, urgencias, nivel especializado y hospitalario.

Fuente: OPS/OMS. Costa Rica: Pandemia COVID-19 - Informe estratégico mensual N° 3



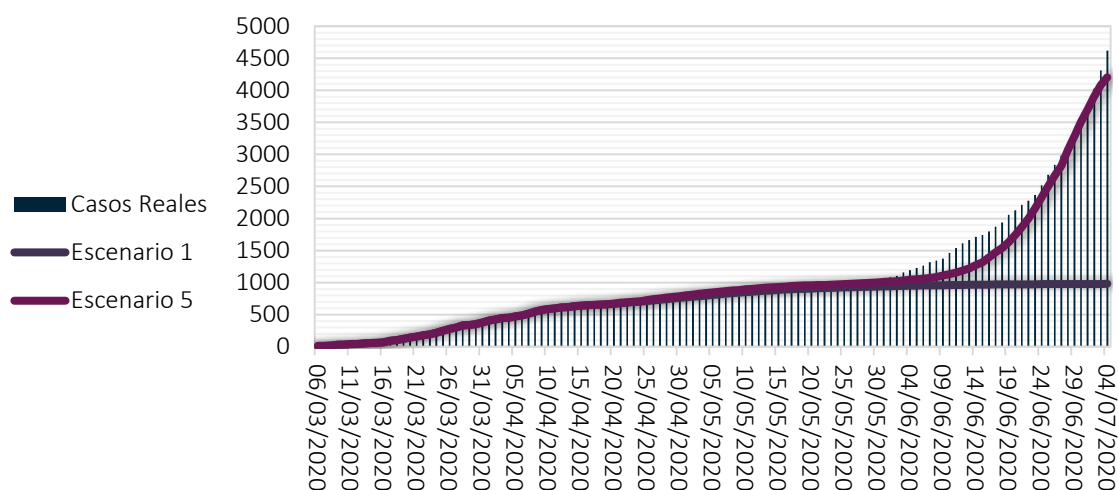
PROYECCIÓN VERSUS REALIDAD



En el escenario 5 se proyectaba un incremento en las hospitalizaciones en los meses de julio y septiembre. Al analizar los casos reales a la fecha, se observa que si bien no se alcanzan los mismos valores absolutos proyectados si se aprecia un incremento en las hospitalizaciones en dichos meses.

Con el avance de las fases de apertura, se hizo un seguimiento del número de casos reportados y los proyectados por cada uno de los escenarios. En **Figura 50** se pueden ver los casos reportados (barras azul oscuro) hasta la primera semana de julio del 2020, la proyección del escenario 1 (azul oscuro) y la proyección del escenario 5 (morado). A finales del mes de mayo, inicios de junio el número de casos reportados y los proyectados por el escenario 5 coinciden.

Figura 50. Escenario de propagación de COVID-19



Casos reales reportados (barras), proyección escenario 1 (azul oscuro), proyecciones del escenario 5 (morado).

En el diseño de los escenarios no se consideran medidas de cierre nuevamente, solo se da la apertura gradual del país. En la proyección de las hospitalizaciones, el escenario 5 reporta un crecimiento de casos en los meses de julio, septiembre, noviembre, finales de diciembre y enero. Aunque no con la misma magnitud de los casos reportados, los casos reales observados en hospitalización presentaron un aumento en los meses de julio, septiembre y noviembre; este último se mantuvo en una meseta durante el mes de diciembre y decrece en el mes de enero. Es importante tener en cuenta que, en los meses de julio y agosto se implementaron medidas de cierre que pudieron llevar a cambios en el comportamiento de las curvas (**Figura 51** y **Figura 52**).



Figura 51. Panel izquierdo: proyección de hospitalización del escenario 5. Panel derecho: casos reales.

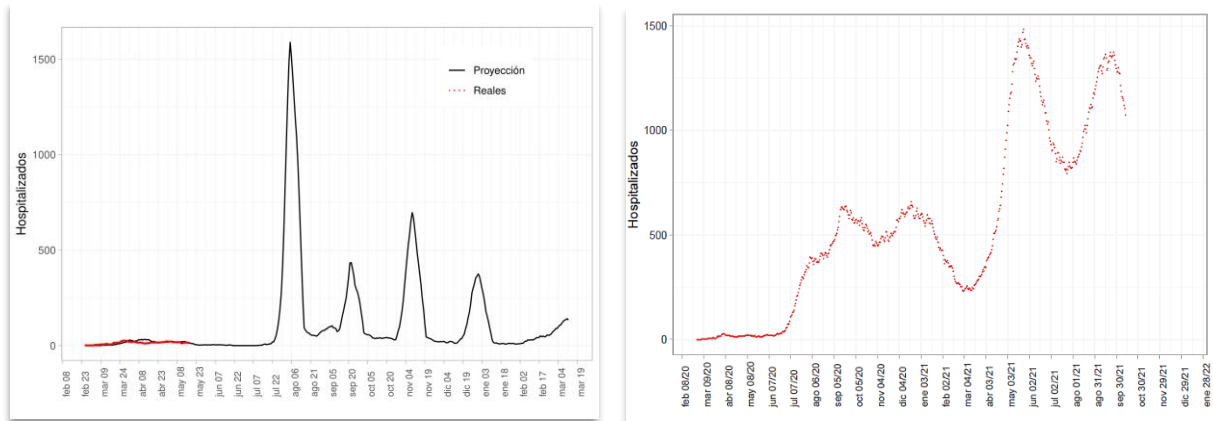
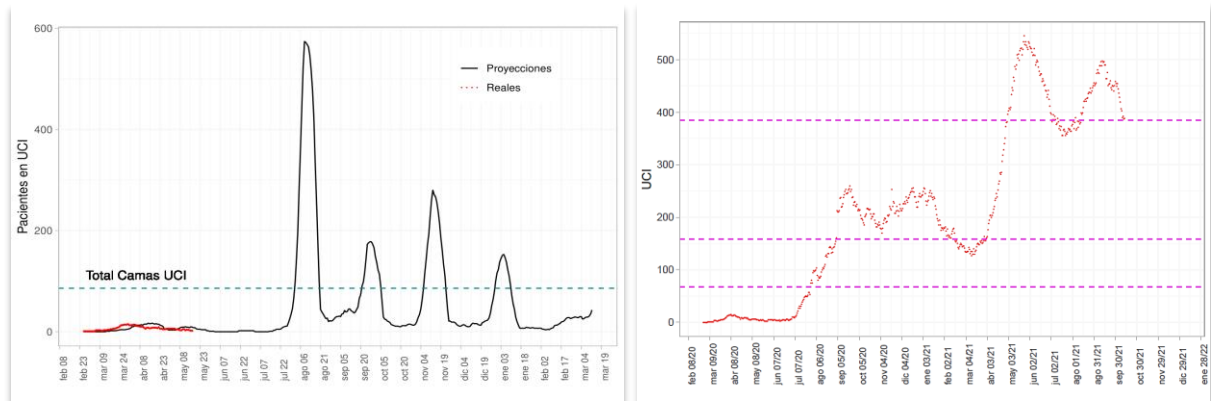


Figura 52. Panel izquierdo: proyección de ocupación en cuidados intensivos del escenario 5. Panel derecho: casos reales





Indicador de tendencia: promedio móvil

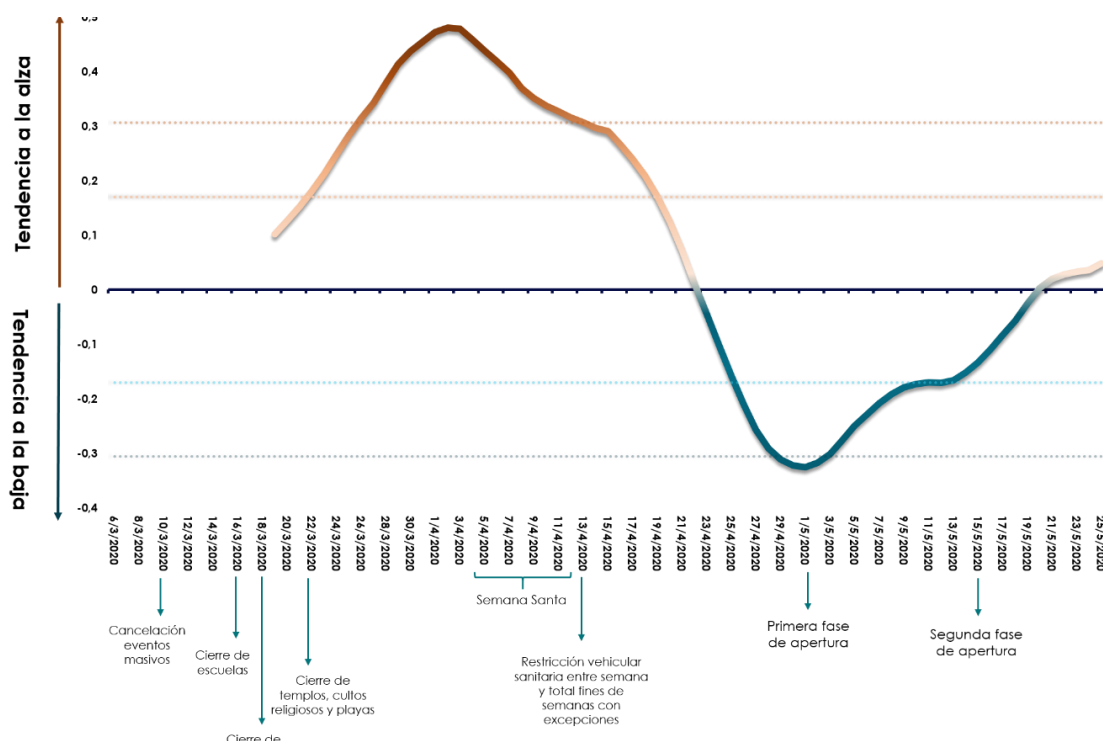
Como una forma de ver la tendencia hospitalaria y de los casos activos, se propone un indicador de tendencia, el cual calcula un promedio móvil utilizando los datos diarios del total de personas hospitalizadas o diagnosticadas como positivas. Se define como:

$$I_t = \frac{A_t - A_{t-n}}{n} \times \frac{10^5}{5 \times 10^6}$$

$$J_t = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} I_{t-i}$$

Con n igual al número de días sobre los cuales se calculará el promedio móvil, para el caso de hospitalizaciones se toma $n = 12$ asumiendo que es el tiempo promedio de estadía de los pacientes. A_t corresponde al número de personas hospitalizadas en el día t . Este indicador ofrece información de la tendencia (signo positivo tendencia a aumentar, signo negativo tendencia a la baja) y la magnitud, la cual permite ver que tan fuerte es la tendencia.

Figura 53. Promedio móvil para casos activos.



En el eje x se indican las principales intervenciones y las fechas de las fases de apertura. Luego de la primera etapa de apertura se observa una tendencia de los casos al alza que se mantiene al 25 de mayo, pero con mayor intensidad.



Proyecciones

Tabla 20. Parámetros utilizados en las simulaciones.

Supuestos	Valor
Personas no diagnosticadas que requieren hospitalización	1%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez presentados síntomas	5
Días para que un paciente no diagnosticado requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas	5
Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Días promedio que una persona permanece en hospitalización	11
Días promedio que una persona permanece en UCI	12
Promedio de días en que una persona permanece en hospitalización antes de pasar a UCI	4
Porcentaje de personas que se recuperan de hospitalización	98%
Porcentaje de personas que se recuperan de UCI	92%
Tasa de transmisión	0,21
Periodo de incubación	7 días
Días promedio para recuperación	30
Días recuperación en cuidados intensivos	12
Porcentaje diagnosticado	75%
Porcentaje no diagnosticado	25%
Personas diagnosticadas que requieren hospitalización	16%

Mayo 11, 2020

Figura 54. Proyección casos activos y acumulados. azul la proyección.

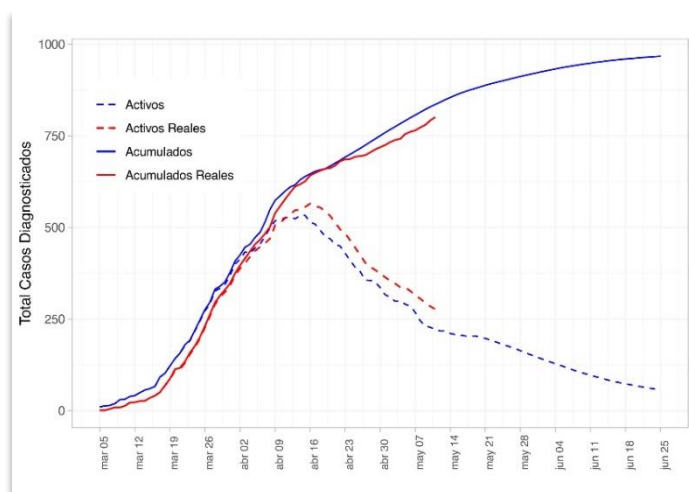


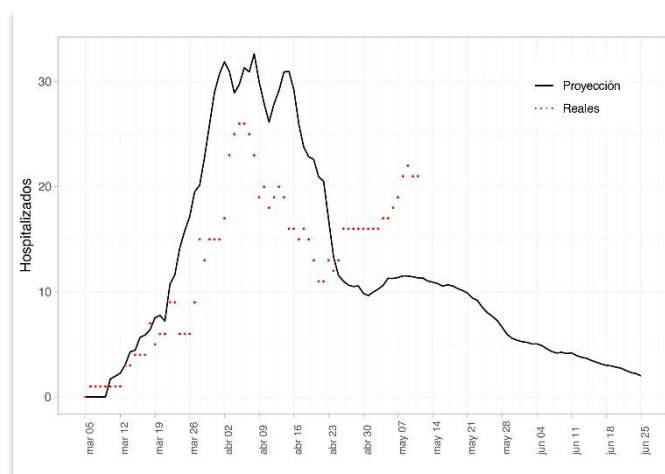
Tabla 21. Valores de la proyección en fechas particulares.

Fecha	Total de Casos Acumulados
18-5-2020	875 casos
25-5-2020	902 casos
01-6-2020	924 casos

Fecha	Total de Casos Activos
18-5-2020	203 casos
25-5-2020	178 casos
01-6-2020	142 casos

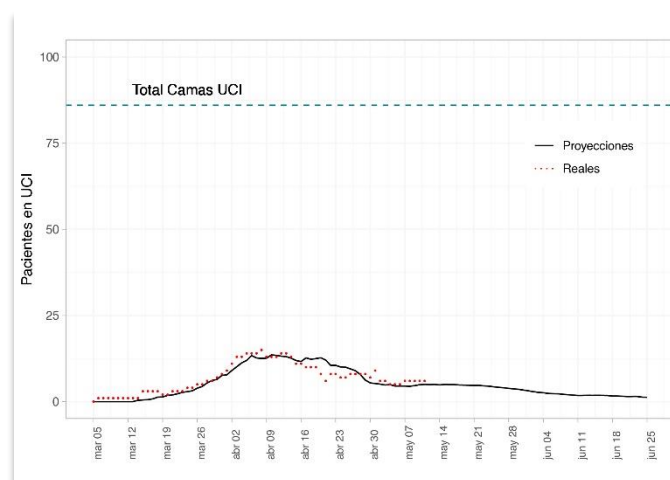


Figura 55. Hospitalizaciones. En rojo los casos reales y en negro la proyección.



Fecha	Hospitalizados salón
18-5-2020	10 hospitalizados
25-5-2020	8 hospitalizados
01-6-2020	5 hospitalizados

Figura 56. Cuidados Intensivos. En rojo los casos reales reportados a la fecha y en negro la proyección.



Fecha	Hospitalizados UCI
18-5-2020	5 Hospitalizados UCI
25-5-2020	4 Hospitalizados UCI
01-6-2020	3 Hospitalizados UCI



Mayo 21, 2020

Con los mismos supuestos de las proyecciones del 11 de mayo y con la base de nexos actualizada hasta el 19 de abril, se realizan las proyecciones para el 21 de mayo presentadas a continuación. Los casos activos y acumulados por cantón se encuentran actualizados hasta el 20 de mayo. El 15 de mayo 2020 se dio inicio a la primera fase de apertura del país, lo que lleva, posiblemente, a un aumento en el número de casos activos (**Figura 57**).

Figura 57. Proyección (Azul) de casos activos (línea punteada) y casos acumulados (línea continua). Datos reales reportados a la fecha (Rojo- casos activos, línea punteada, casos acumulados, línea continua).

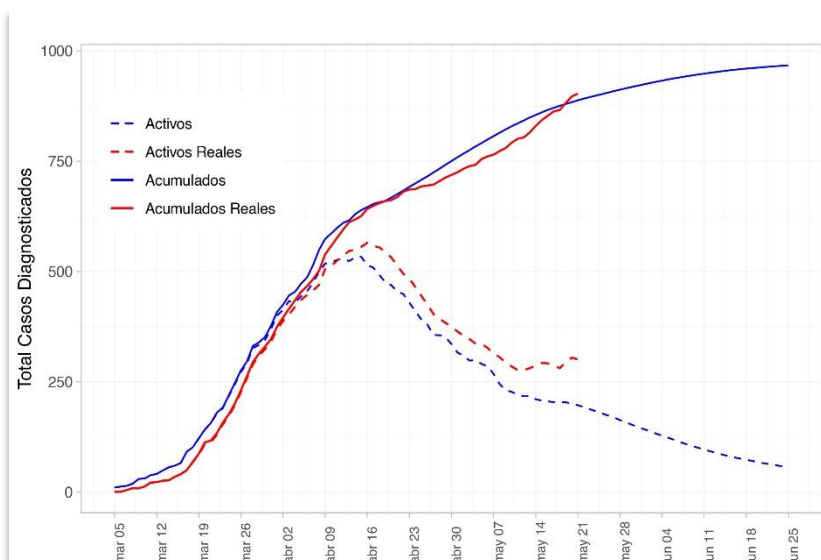
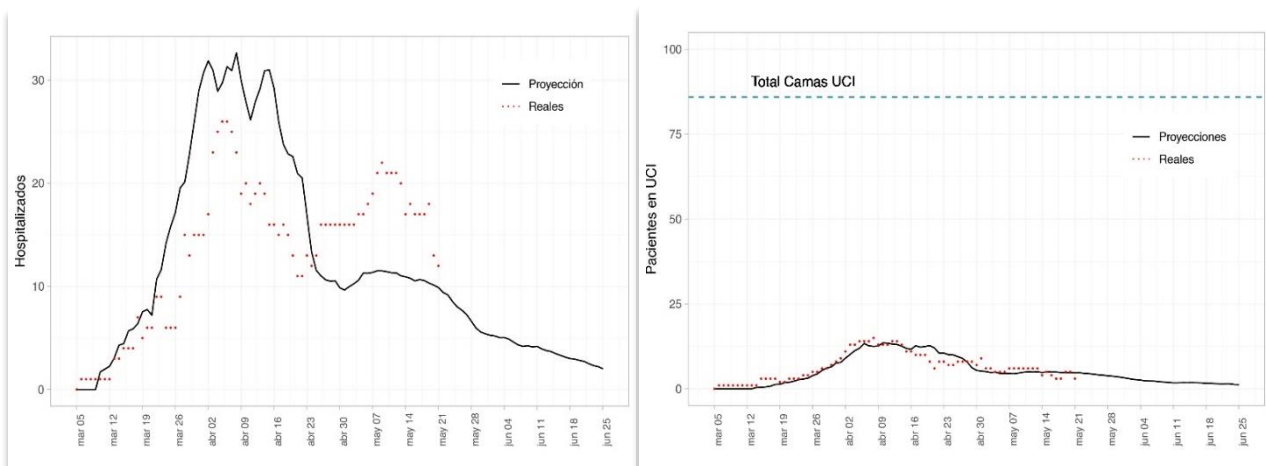


Figura 58. El panel izquierdo corresponde a la proyección para hospitalización (negro) y el panel derecho la proyección para ocupación en cuidados intensivos. En rojo los casos reales reportados a la fecha.





Mayo 28, 2020

Se realizan 20 simulaciones y una proyección a más largo plazo en el que se tiene en cuenta el cronograma de apertura (**Figura 32**). Para incluir el efecto que esto tendría en los casos, se asumió que el número de contactos en cada capa iría aumentando con el avance de la apertura. Las proyecciones incluyen la base de nexos epidemiológicos actualizada al 20 de mayo y, además, se incluye información de las zonas calientes para las semanas epidemiológicas 20, 21 y 22. Se definió como zona caliente a aquellos lugares en los que se estaban registrando más casos, dado que no era posible tener la base de nexos completa actualizada en un corto plazo, se incluía solo información actualizada para aquellas zonas más activas en reportes de casos a la fecha.

Figura 59. Panel izquierdo corresponde a las 100 simulaciones para casos activos (rojo) y casos acumulados (azul). El panel derecho muestra los promedios de las simulaciones (en azul) y los casos reales acumulados y activos en rojo.

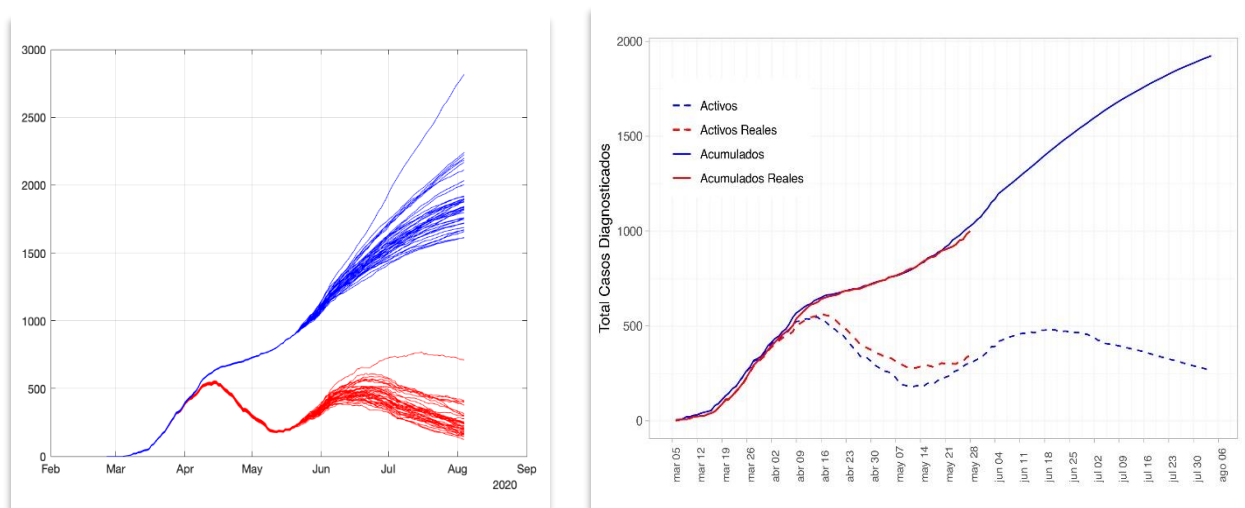
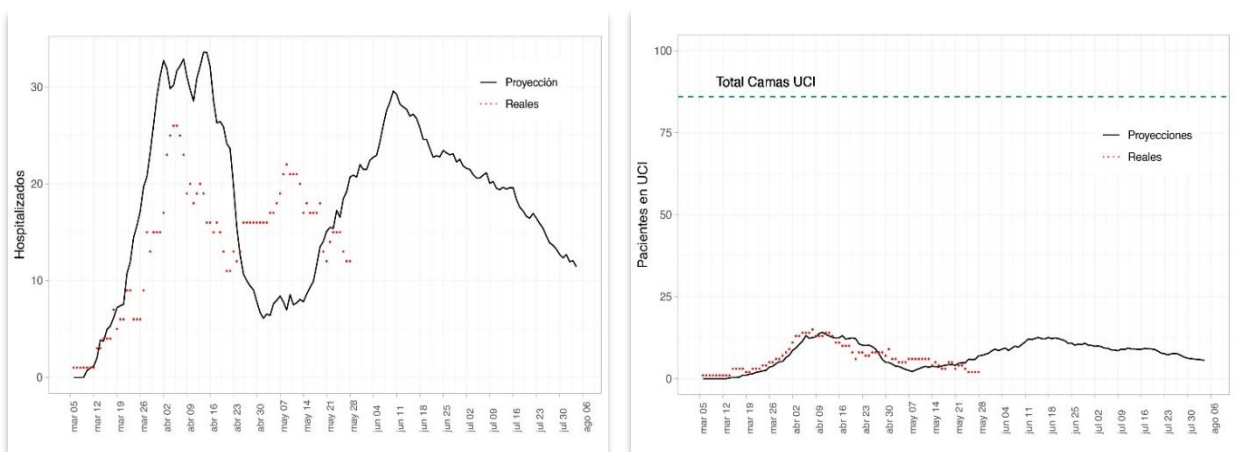


Figura 60. Proyección de hospitalización (izquierda) y cuidados intensivos (derecho) al mes de agosto, 2020. En rojo los casos reales.





JUNIO

2020



Junio 2020

Contexto país

Durante el mes de junio, la dinámica de transmisión del virus SARS-CoV-2 en Costa Rica pasó de un crecimiento lento y constante, a un incremento cada vez más progresivo en el número de casos, sobre todo en regiones localizadas en la zona norte del país. En esta zona del país, elementos críticos como la migración de personas, motivada entre otros, por actividades agrícolas de empaque y el contexto social y económico complejo del momento jugaron un rol fundamental en la generación de clústers. Esta variación en el escenario epidemiológico fue de la mano de un aumento en los niveles de ocupación en los servicios hospitalarios, así como de una disminución en la capacidad de vigilancia por parte del Ministerio de Salud para realizar el seguimiento de contactos y trazabilidad de la enfermedad.

En vista a este contexto epidemiológico, el 2 de junio del 2020, el país inicia una fase de restricciones diferenciadas en la zona norte del país. Se inicia, además, el establecimiento de alertas naranjas en cantones y distritos, fundamentadas en los criterios técnicos emitidos por equipo interinstitucional e interdisciplinario que conforma la Sala de Situación Nacional.

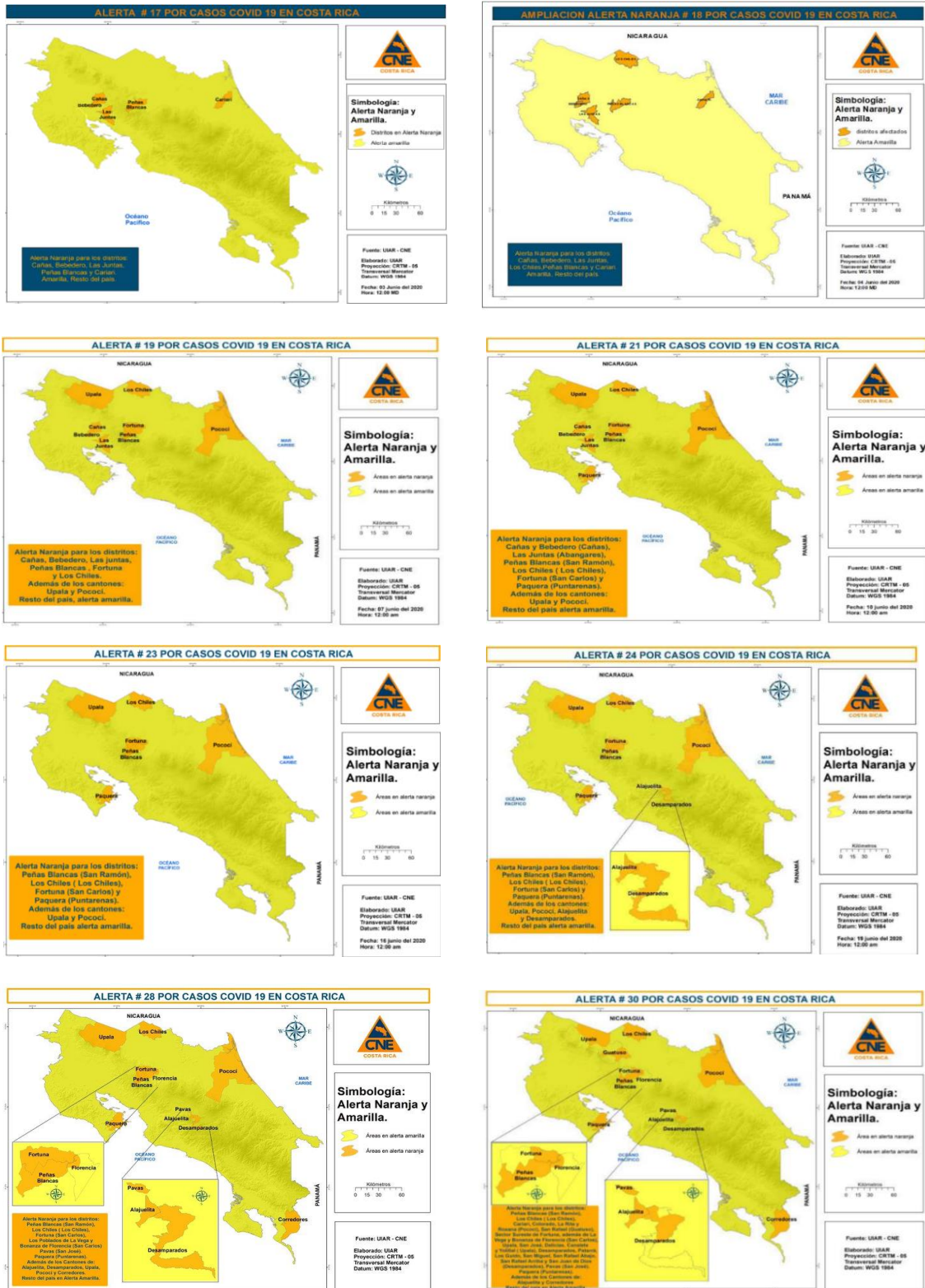
Por lo tanto, y basado en el nivel de alerta, cantones en la zona norte y fronteriza del país presentaban restricciones vehiculares y cierres de comercios en horarios diferenciados al resto del territorio nacional. Como se observa en la Figura 52, las alertas naranjas fueron ajustándose basadas en los análisis de riesgo realizados por las autoridades sanitarias. Las primeras alertas se dieron en cantones y distritos de la zona norte del país; sin embargo, ya para finales de junio, producto de la movilización poblacional y el incremento de actividades sociales, se observa un incremento en la incidencia en cantones con alta densidad poblacional del GAM.

Para el 8 de junio, con 24 casos nuevos y una tasa de incidencia acumulada de total de 26.2 casos por cada 100 mil habitantes, el Ministerio de Salud anuncia el inicio de una segunda ola pandémica, en la que -a diferencia de la primera ola, donde un importante número de los casos se concentró en personal sanitario y personas retornando de viajes al extranjero- observó la afectación de una población más vulnerable, especialmente de trabajadores agrícolas. Además, se comienza a observar, a mediados de ese mes, el incremento de casos producto de actividades sociales en regiones del GAM con alta densidad poblacional, como lo fueron clústeres producto de reuniones sociales en Alajuelita, San José y Desamparados.

En cuanto a las medidas sanitarias, el 1 de junio 2020, y en seguimiento al restablecimiento gradual y seguro de las actividades suspendidas en meses anteriores, el país ingresaba a su tercera fase de reapertura, en la que se habilitó el funcionamiento de hoteles, cabinas, museos, academias de arte con un aforo del 50%, salas de eventos con un máximo de 30 personas, así como la apertura los fines de semana de restaurantes, sodas, cafeterías, y gimnasios con un aforo también del 50% (12).



Figura 61. Evolución de las alertas naranjas del 3 al 27 de junio del 2020



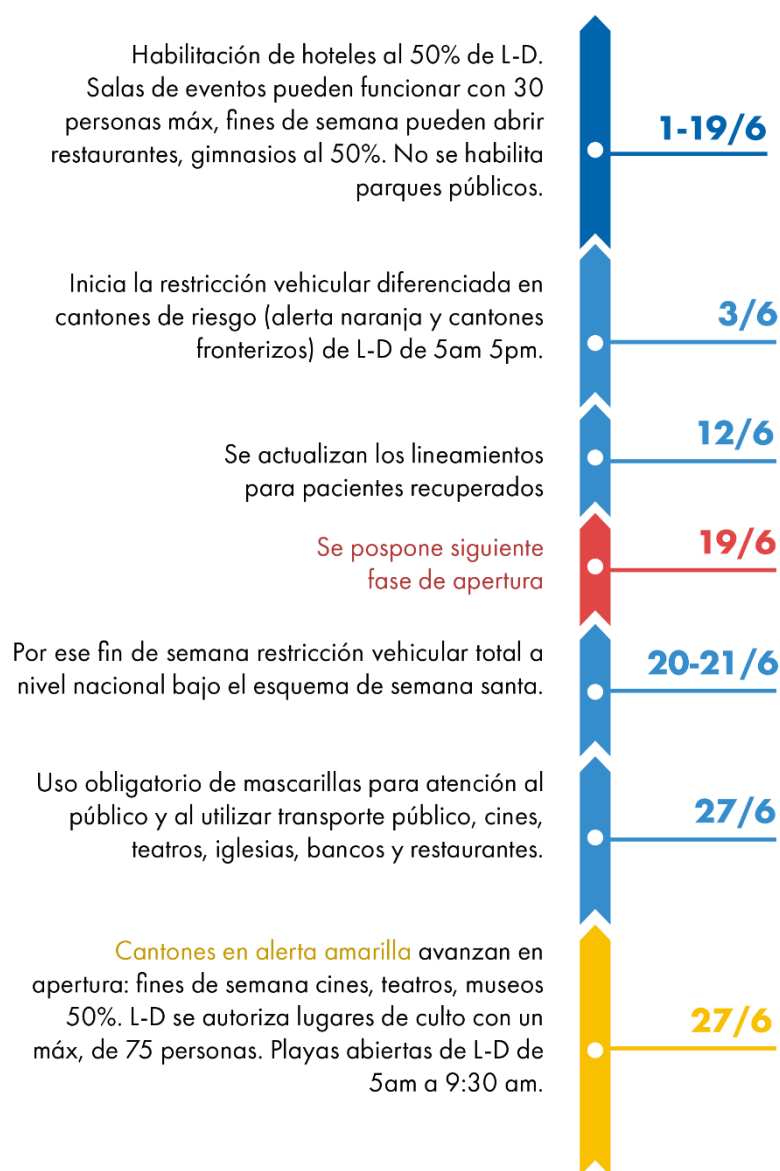
Fuente: Comisión Nacional de Emergencias (CNE)



Sin embargo, el crecimiento sostenido de casos llevó a que el 19 de junio el Ministerio de Salud pospusiera la cuarta fase de reapertura y se indicara, ese fin de semana de celebración del Día del Padre en el país, una restricción vehicular total para el país.

Para el 27 de junio, se continuó con la reapertura gradual en cantones clasificados en alerta amarilla y se anuncia, por primera vez, la obligatoriedad en el uso de mascarillas o caretas para toda persona con puestos de atención al público, clientes y choferes de transporte público, asistentes a actos religiosos, teatros, cines, centros de salud, bancos, restaurantes, trabajadores de hogares de ancianos y call centers. La **Figura 61**, resume las principales medidas sanitarias implementadas en el mes de junio 2020.

Figura 62. Principales medidas de salud pública implementadas durante el mes de junio 2020



Fuente: Ministerio de Salud

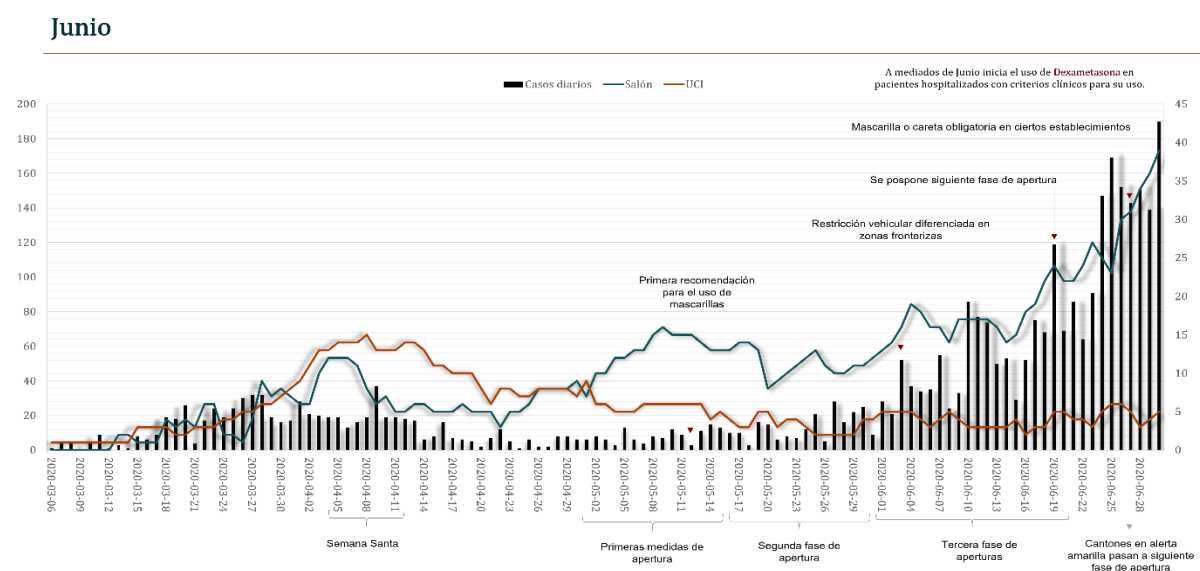


En lo que respecta a los Lineamientos Nacionales para la Vigilancia de la Enfermedad COVID-19 en el país, el 12 de junio se anunció la cancelación de las pruebas para calificar como recuperado los casos de manejo ambulatorio. Esta actualización surge basado en las recomendaciones técnicas realizadas por la OMS, la cual indicó que aquellos pacientes que no tuvieron síntomas pueden darse de alta 10 días después de la prueba positiva; una persona con síntomas leves puede darse de alta después de 13 días si lleva los últimos 3 días sin síntomas visibles.

Situación epidemiológica

Durante el mes de junio, el Ministerio de Salud reportó un total de 2403 nuevos casos de COVID-19 para llegar a un acumulado de 3459 casos confirmados, y una tasa de incidencia acumulada de 47 casos por cada 100 mil habitantes. Del total de casos confirmados, el 56% (1347) fueron notificados durante el mes de junio. El 41.5% de los casos se reportaba como recuperados y se contabilizaban un total de 16 fallecimientos, para una tasa de mortalidad del 0.5%.

Figura 63 Situación Epidemiológica COVID-19 al 30 de junio 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados Ministerio de Salud de Costa Rica

Tabla 22. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de junio del 2020

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de junio 2020	
Acumulados	3459
Recuperados	1436
Hospitalizados en salón	39
Hospitalizados UCI	5
Fallecimientos	16

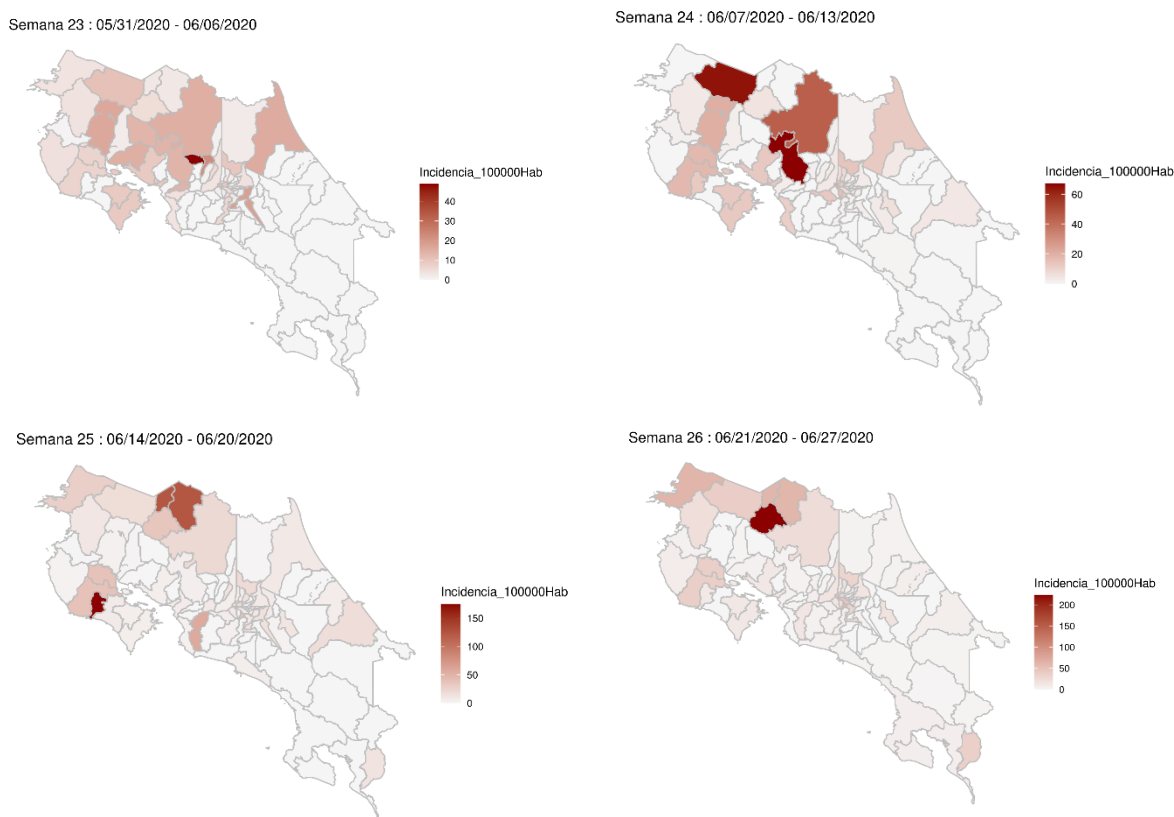


Al 30 de junio, 39 personas se encontraban hospitalizadas en salón y 5 en UCI, donde, y según se observa en el gráfico 7, a partir del 27 de junio se observa un incremento importante en la tendencia de ocupación hospitalaria. Es importante recalcar que, según datos de las CCSS, para finales de junio la CCSS contaba con una capacidad de 24 camas UCI (con la posibilidad de aumentar a 56 camas) y 477 camas para pacientes leves a moderados exclusivas para pacientes COVID-19.

En lo que respecta al manejo clínico de los pacientes, es durante este mes que, basado en las recomendaciones y evidencias de disminución de la mortalidad el país, indica la aplicación de Dexametasona en pacientes que requieren el uso de oxígeno o asistencia respiratoria.

En cuanto a la distribución geográfica de los casos detectados, al 30 de junio se reportaban casos positivos en 79 cantones; los cantones ubicados en la zona norte del país son los que mayor afectación presentaron durante este periodo.

Figura 64. Distribución cantonal de los casos COVID- 19 en Costa Rica al 30 de junio 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud de Costa Rica



Modelos matemáticos



Versión 3: Modelo de Redes

Para esta nueva versión se incorpora el indicador de tendencia como un factor que permite simular cambios en la “conducta de las personas”. Si el indicador muestra una tendencia al alza, implica que se está dando un crecimiento en el reporte de casos y esto puede llevar a que la gente cambie el comportamiento. Se asume que la población permanecerá más en casa y mantendrá el distanciamiento social, lo que se refleja en el modelo como una disminución de los contactos en la capa de amigos y esporádicos.

Se actualiza la base de nexos hasta el 20 de mayo y se usa el término “zonas calientes” para denotar aquellos cantones que reportan casos positivos entre el 21 de mayo y la fecha en la que se hacen las proyecciones. Tener una actualización completa de la base de nexos en poco tiempo no es factible, así que, además de la base de nexos, se incluyen los casos reales reportados, cada semana, en estas zonas calientes. La **Tabla 23** muestra los cantones con casos activos y el total reportados entre el 21 de mayo y el 3 de junio del 2020.

Tabla 23. Zonas calientes y total de casos reportados entre el 21 de mayo y el 3 de junio del 2020

Cantones	Casos	Cantones	Casos	Cantones	Casos	Cantones	Casos
San José	27	Atenas	1	San Rafael	2	Grecia	2
Desamparados	6	Naranjo	2	Belén	1	San Mateo	1
Aserrí	3	La Unión	2	San Pablo	3	Siquirres	1
Corredores	1	Orotina	1	Sarapiquí	4	Heredia	6
Goicochea	7	San Carlos	28	Liberia	13	Santo Domingo	2
Santa Ana	1	Zarcelero	5	Nicoya	4	Guácimo	1
Alajuelita	2	Valverde Vega	1	Bagaces	5	Limón	0
Coronado	5	Upala	3	Cañas	8	Pococí	19
Tibás	1	Los Chiles	13	Abangares	18	Puntarenas	12
Moravia	3	Guatuso	1	Tilarán	4	Oreamuno	2
Montes de Oca	1	Cartago	2	La Cruz	5	San Ramón	31
Pérez Zeledón	1	Quepos	2	Alajuela	5		

Tabla 24. Parámetros utilizados para las simulaciones.

Supuesto	Valor
Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Días promedio que una persona permanece en hospitalización	11 días
Días promedio que una persona permanece en UCI	12 días
Porcentaje de personas que se recuperan de hospitalización	98%
Porcentaje de personas que se recuperan de UCI	92%
Periodo de incubación	7 días
Días promedio para recuperación	17 días
Días recuperación en cuidados intensivos	12 días
Porcentaje diagnosticado	75%



Personas diagnosticadas que requieren hospitalización	16%
Periodo de Incubación	4-5 días*

Proyecciones

Junio 8, 2020

Para estas proyecciones, se tuvo en cuenta el cronograma de apertura que permitiera cambiar, de forma gradual, el número de personas en cada red de contactos. Las proyecciones incluyen la base de nexos epidemiológicos actualizada al 20 de mayo y los casos reportados en las “zonas calientes” al 3 de junio Tabla 23

Figura 65. Proyección (negro) de las hospitalizaciones (izquierda) y ocupación en cuidados intensivos (derecha) y casos reales (rojos).

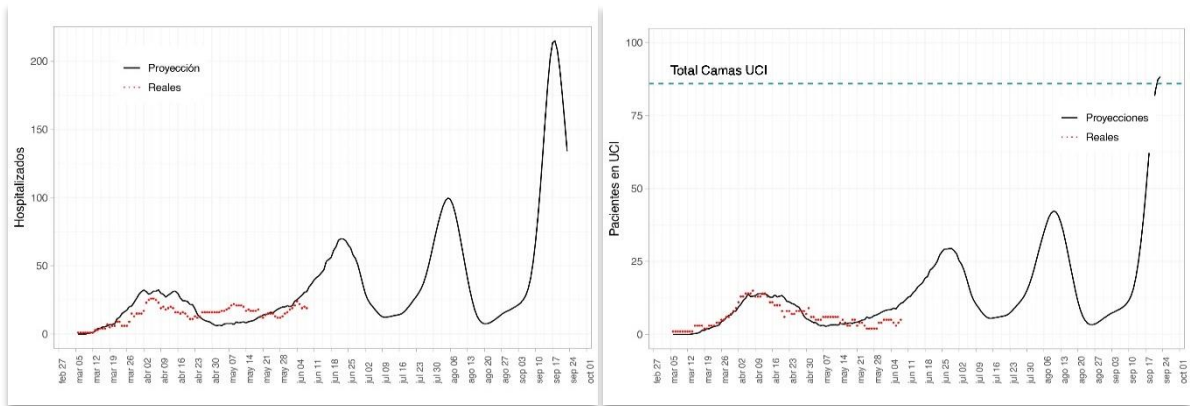
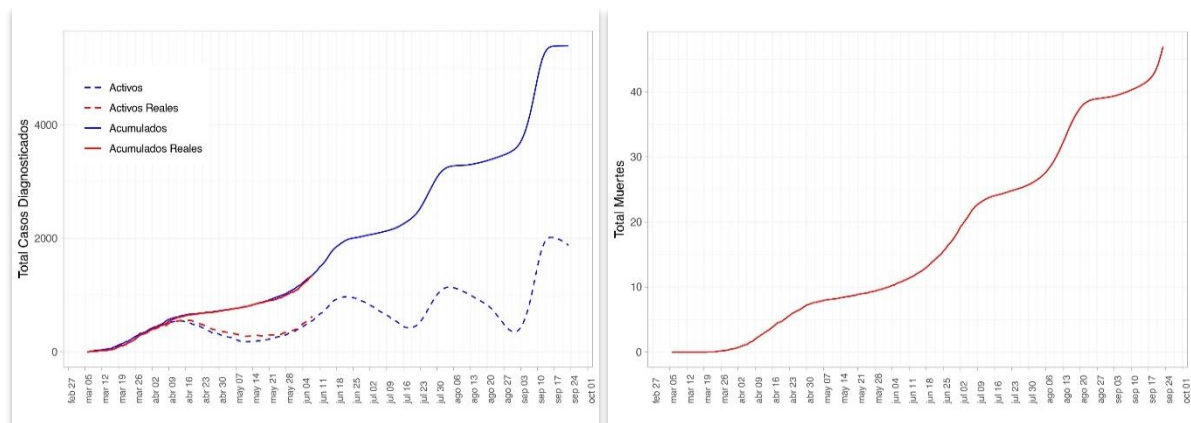


Figura 66. Panel izquierdo: proyección de casos acumulados (línea continua) y casos activos (línea punteada) y los casos reales reportados a junio 5 (rojo). Panel derecho: proyección de los fallecimientos.





Resultados.

Las proyecciones en UCI muestran que a mediados de septiembre se alcanzaría el primer umbral de camas disponibles. Por otra parte, el comportamiento ondulado que se observa en las proyecciones se debe a la ampliación y disminución de las redes de contacto que cambian según los valores del indicador. Esto simula la reducción o aumento de circulación de personas, lo que, como muestran las proyecciones, afecta significativamente la trayectoria de la propagación del virus y permite controlar el crecimiento desbordado de casos. Estos cambios en las burbujas se asumen bajo el supuesto de que las personas se auto cuidarán, pero dicha reducción también se podría dar por implementación de medidas nuevamente.

Proyección cantonal

Se presentan proyecciones individuales para los cantones con mayor registro de casos (cantones sombreados en el mapa).

La línea azul corresponde a las proyecciones de casos acumulados, la línea roja a la proyección de casos activos y los puntos negros son los casos acumulados reales reportados.

Figura 67. Zonas con mayor reporte de casos



Figura 68. Proyecciones San José.

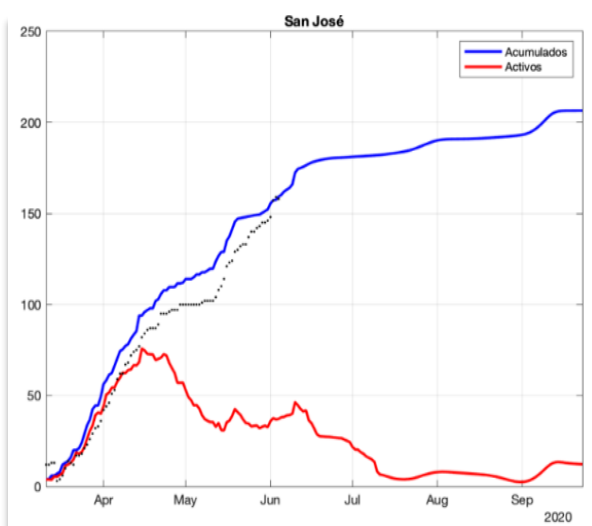


Figura 69. Proyecciones Alajuela.

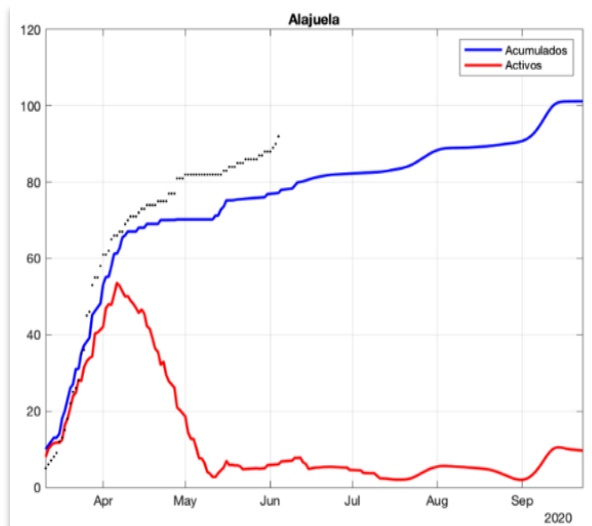




Figura 71. Proyección San Carlos.

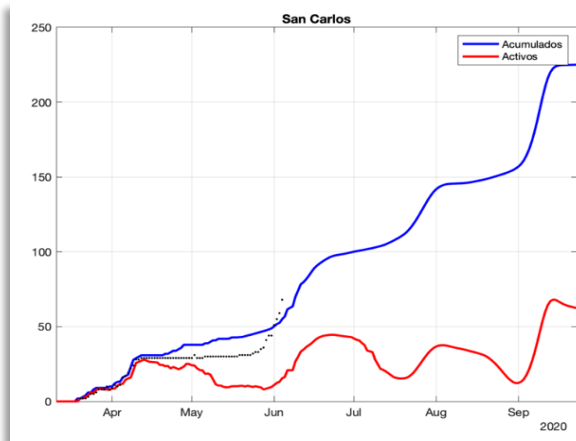


Figura 70. Proyección Pococí.

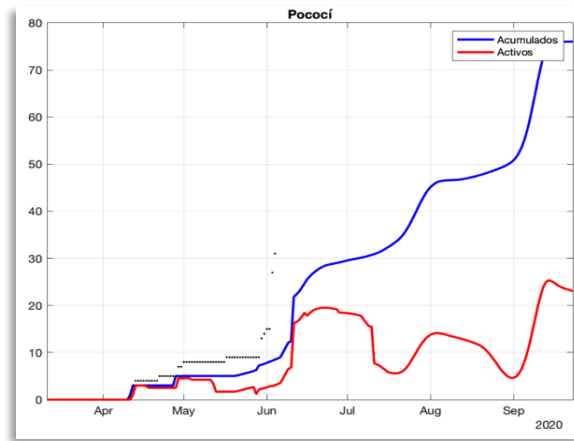


Figura 73. Proyección Cañas.

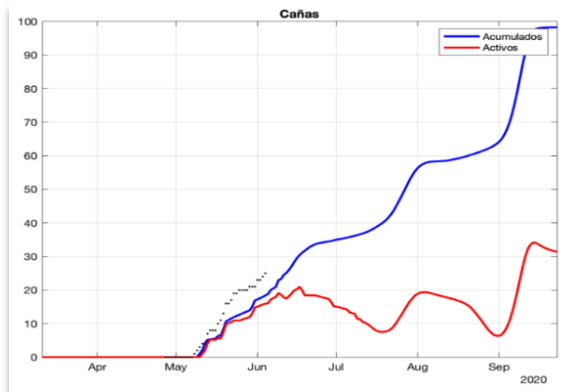


Figura 72. Proyección Heredia.

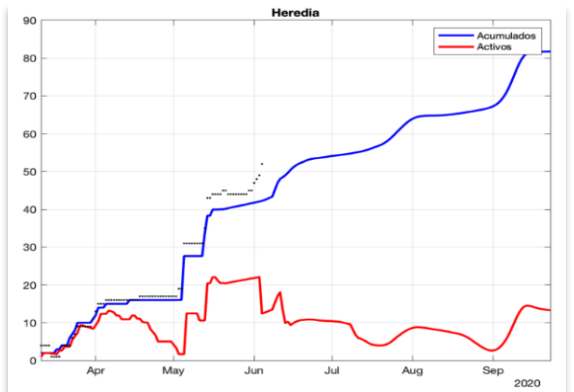
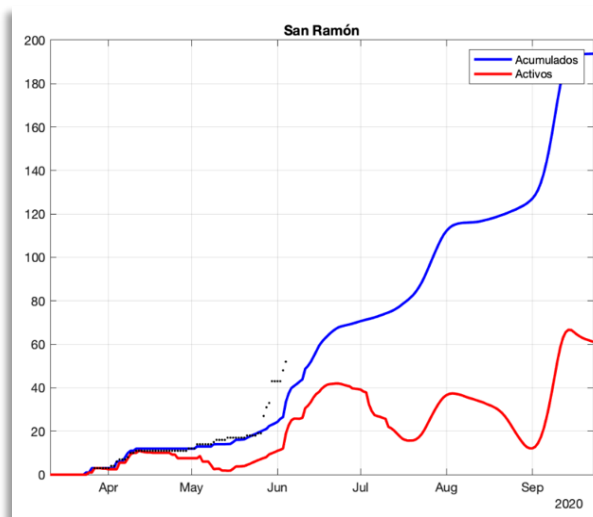


Figura 74. San Ramón.



Cañas, San Carlos, San Ramón y Pococí proyectan un crecimiento más acelerado de casos.



Sectorización cantonal

Se propone una división en tres zonas, teniendo en cuenta la densidad poblacional y la concentración de casos COVID-19 reportados.

Figura 75. División del país en tres regiones

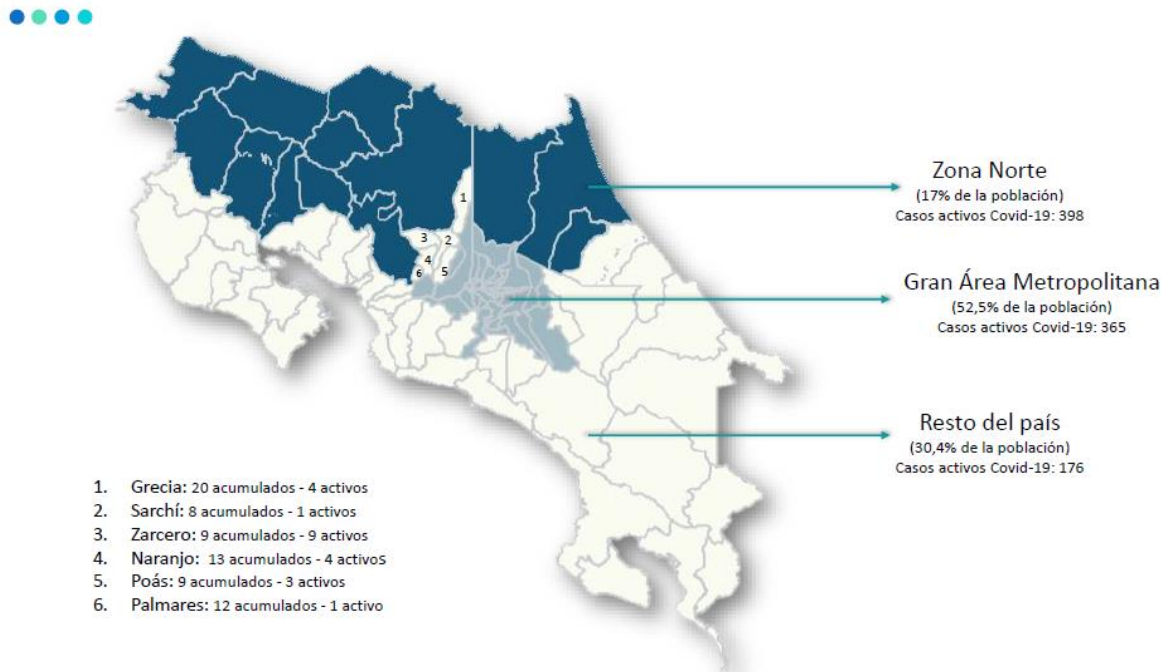


Figura 76. Primer grupo de cantones, la mayoría de ellos en la zona norte del país y concentran un total de 872433 habitantes.

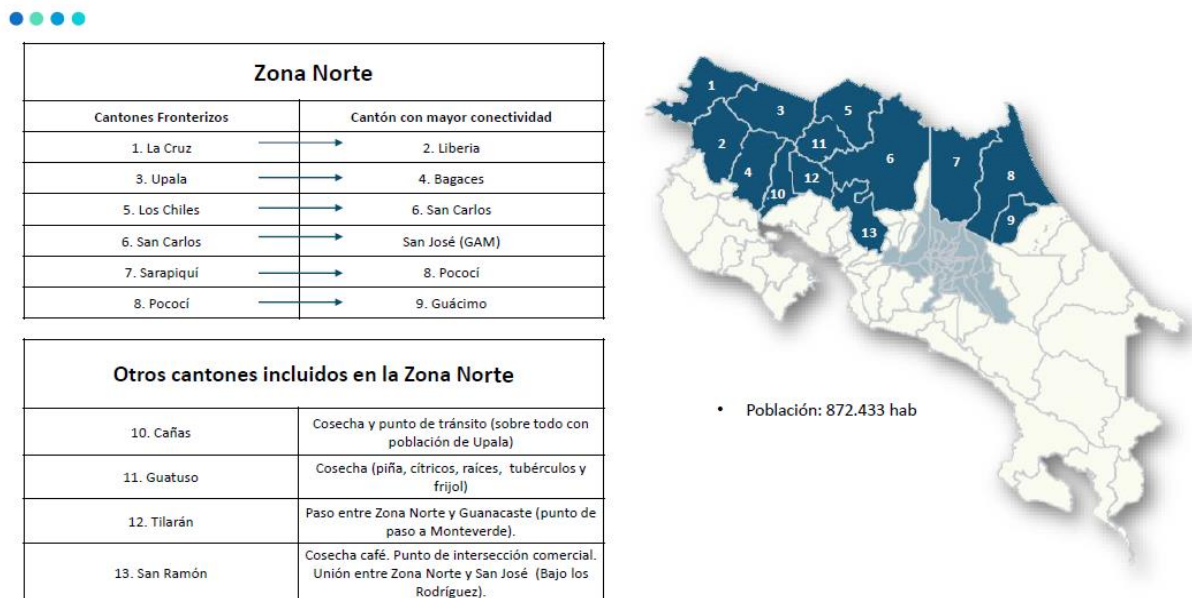




Figura 77. Indicador de tendencia de la Región Norte

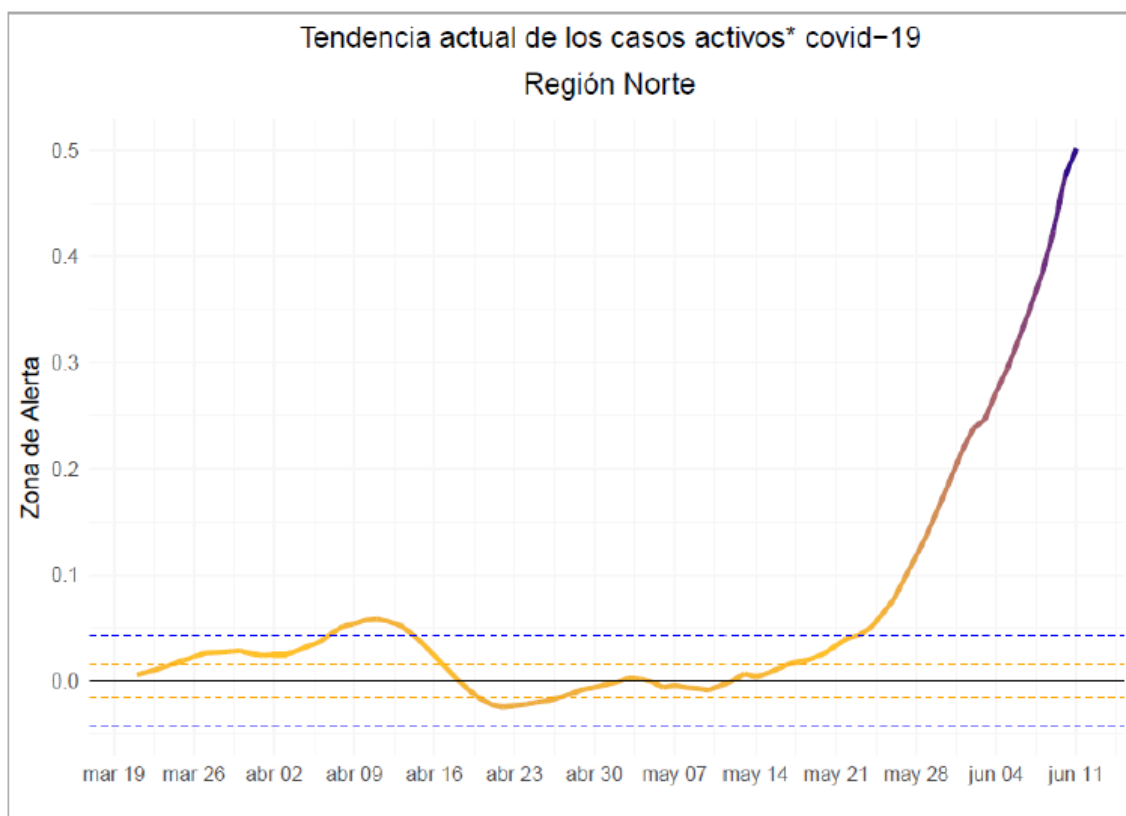


Figura 78. Segundo grupo de cantones, ubicados principalmente en el Gran Área Metropolitana y concentran alrededor del 50% de la población del país.

Cantones GAM
San José
Escazú
Desamparados
Aserri
Mora
Golcochea
Santa Ana
Alajuelita
Vásquez de Coronado
Tibás
Moravia
Montes de Oca
Curridabat
Alajuela
Poás
Atenas
Cartago
Paraíso
La Unión
Alvarado
Oreamuno
El Guarco
Heredia
Barva
Santo Domingo
Santa Bárbara
San Rafael
San Isidro
Belén
Flores
San Pablo

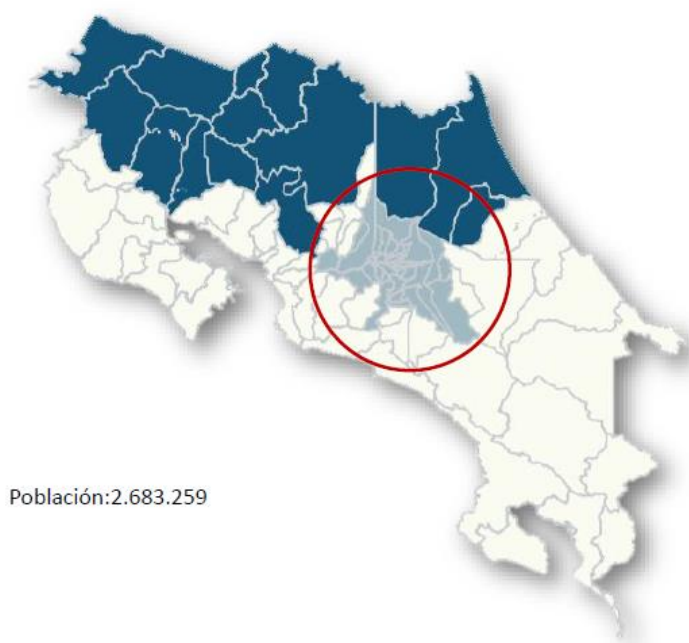




Figura 79. Indicador de tendencia del Gran Área Metropolitana.

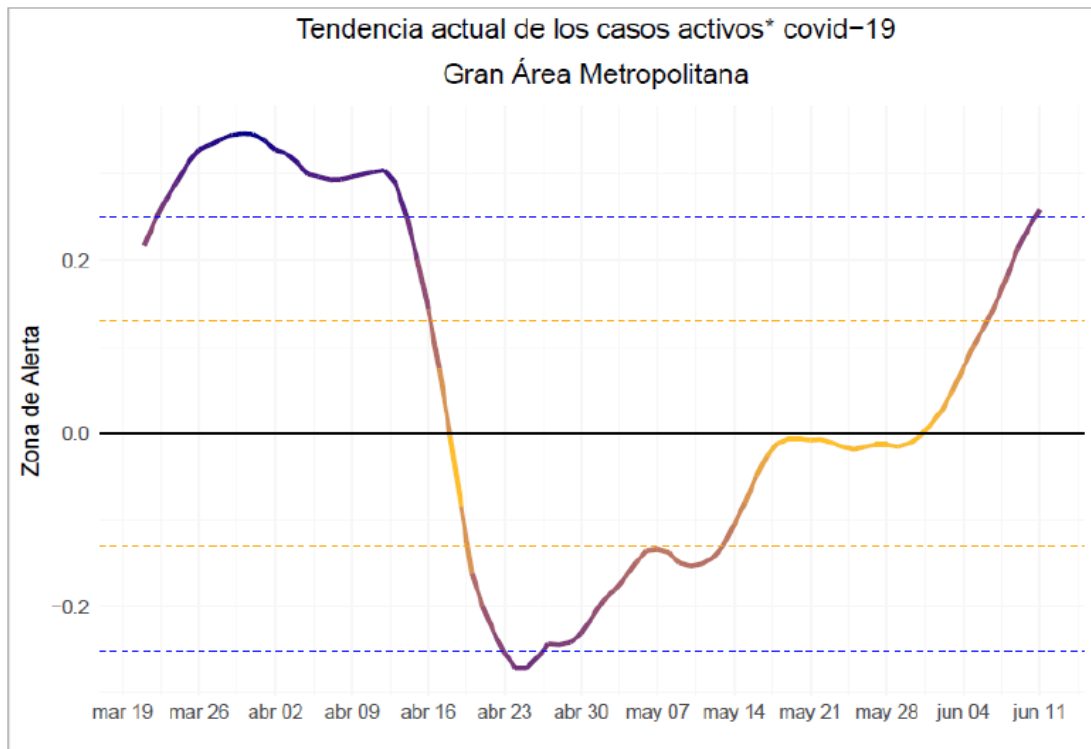


Figura 80. Tercer grupo de cantones

Resto del país
Abangares
Acosta
Aguirre
Buenos Aires
Carrillo
Corredores
Coto Brus
Dota
Esparza
Garabito
Golfo
Grecia
Hojancha
Jimenez
Leon Cortes
Limón
Matina
Montes De Oro
Nandayure
Naranjo
Nicoya
Orotina
Osa
Palmares
Parrita
Perez Zeledon
Puntarenas Central
Puriscal
San Mateo
Santa Cruz
Siquirres
Talamanca
Tarrazú
Turrialba
Turrubares
Valverde Vega
Zarcero

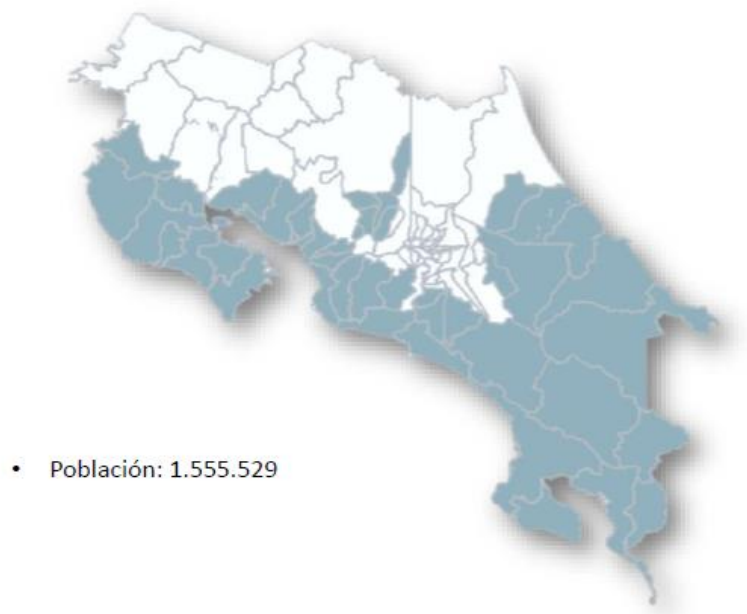




Figura 81. Indicador de tendencia del tercer grupo de cantones.

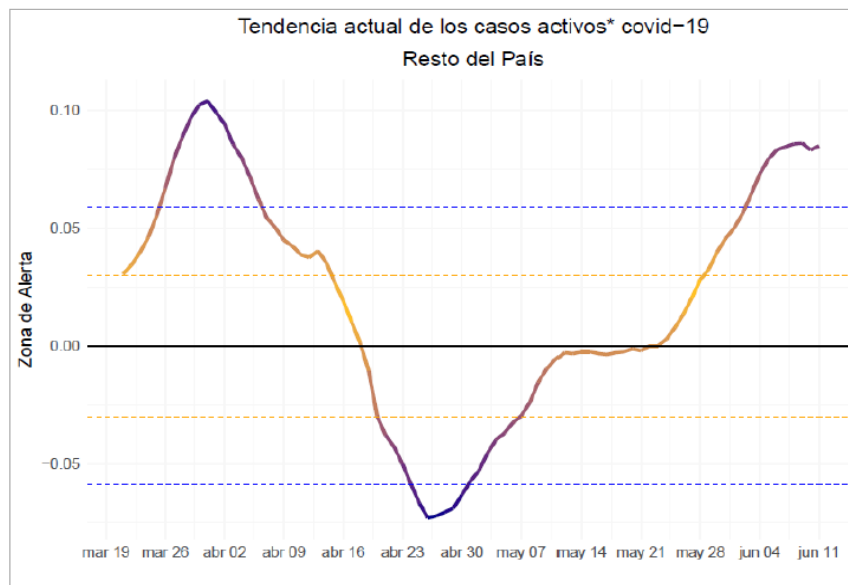
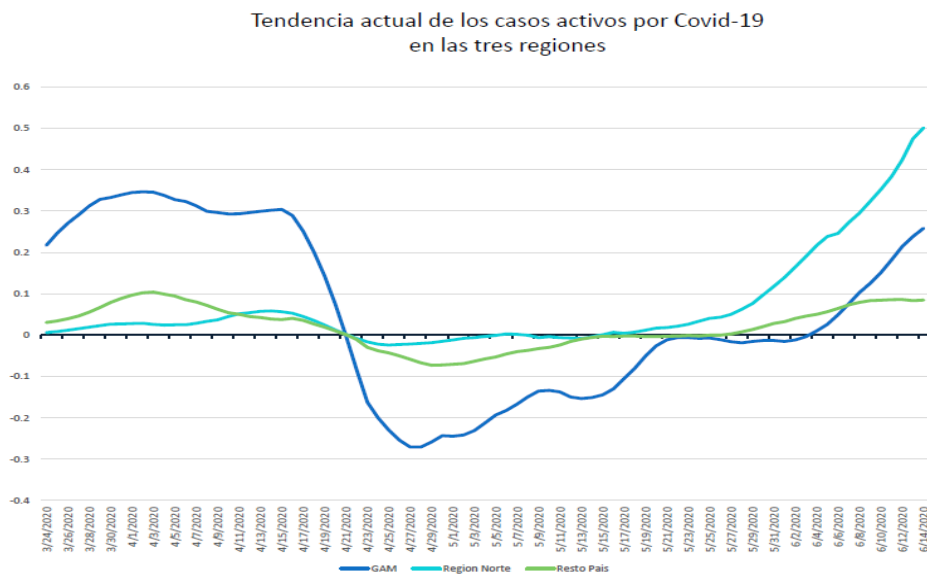


Figura 82. Comparación del comportamiento del Indicador de tendencia en las tres regiones.



Al desagregar el país en tres regiones, se puede observar cómo la tendencia al alza en el número de casos es diferente en cada una de las regiones. La Región Norte y el GAM muestran una tendencia al alza más marcada que la que se observa en el resto del país.



Junio 19, 2020

Comparación entre proyecciones con burbuja reducida y burbuja ampliada.

Las proyecciones incluyen la base de nexos epidemiológicos actualizada al 20 de mayo 2020. A partir del 21 de mayo, se ingresa la información de casos diarios por cantón. Se tiene en cuenta el indicador de tendencia; cuando este muestra una tendencia al alza de los casos activos, se espera que la población acate las medidas de control, reduciendo así, su burbuja social.

Escenarios

Se asumen dos escenarios:

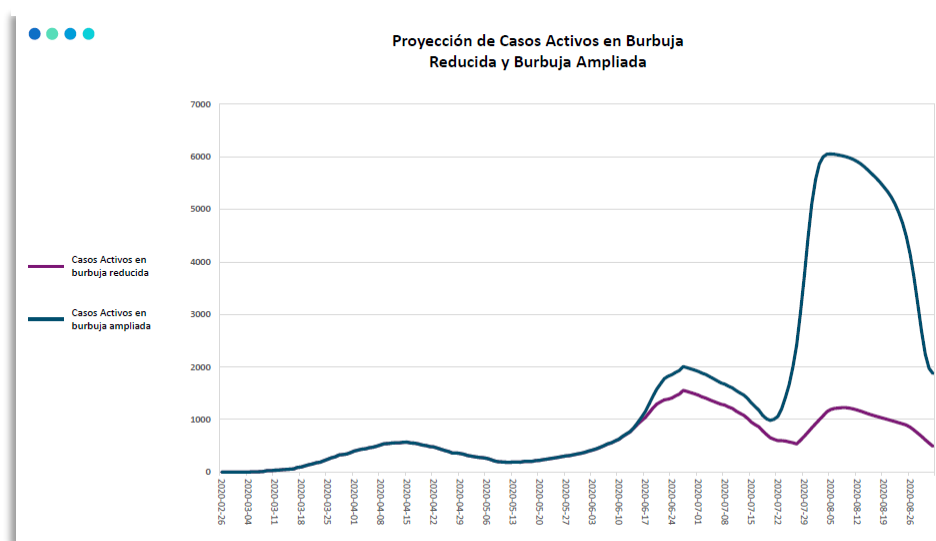
1. **Proyección con burbuja reducida.** Esta proyección asume que si hay más de 500 casos activos cada individuo mantiene a lo sumo contacto con 10 personas. Si el número de casos activos supera los 1000, los contactos se reducen a 5 personas.
2. **Proyección con burbuja ampliada.** Esta proyección asume que, si hay más de 1000 casos activos, cada individuo mantiene a lo sumo contacto con 20 personas. Si el número de casos activos supera los 1500, el contacto se reduce a 10 personas.

Importante

Se actualizaron los siguientes parámetros

Parámetro	Anterior	Actualización
Porcentaje de pacientes que requieren hospitalización	16%	7.8%
Días promedio que un paciente permanece en salón	11 días	12 días
Días promedio que un paciente permanece en UCI	12 días	17 días

Figura 83. Comparación de la proyección de los casos activos en los dos escenarios.



Las proyecciones muestran que un aumento en el número de contactos puede llevar a un aumento considerable de hospitalizaciones e internamientos en cuidados intensivos superando incluso, el tope de camas disponibles a la fecha.



Figura 84. Comparación de la proyección de casos acumulados para los dos escenarios.

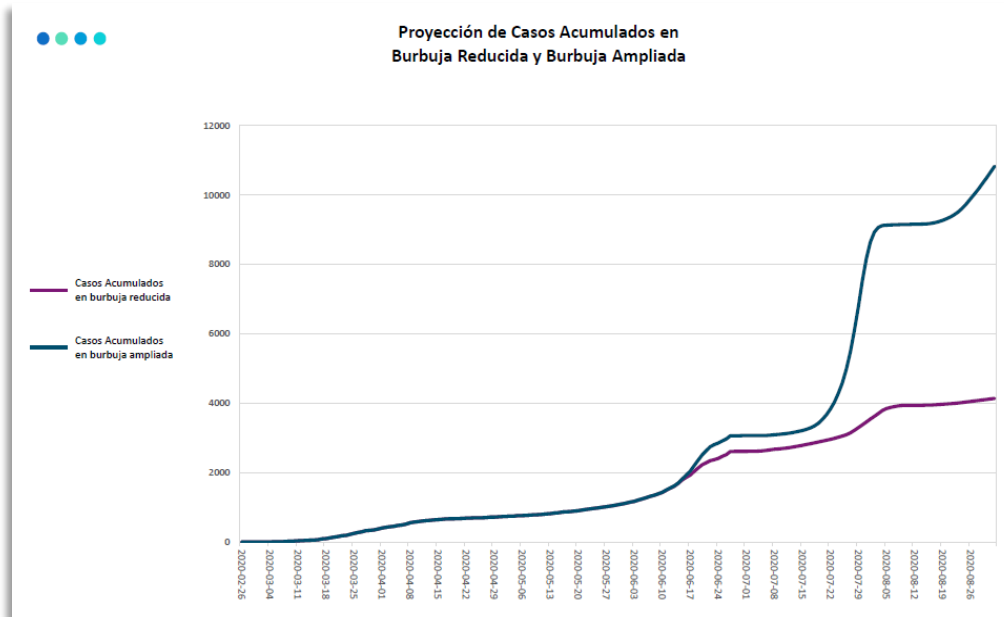


Figura 85. Proyección de la hospitalización.

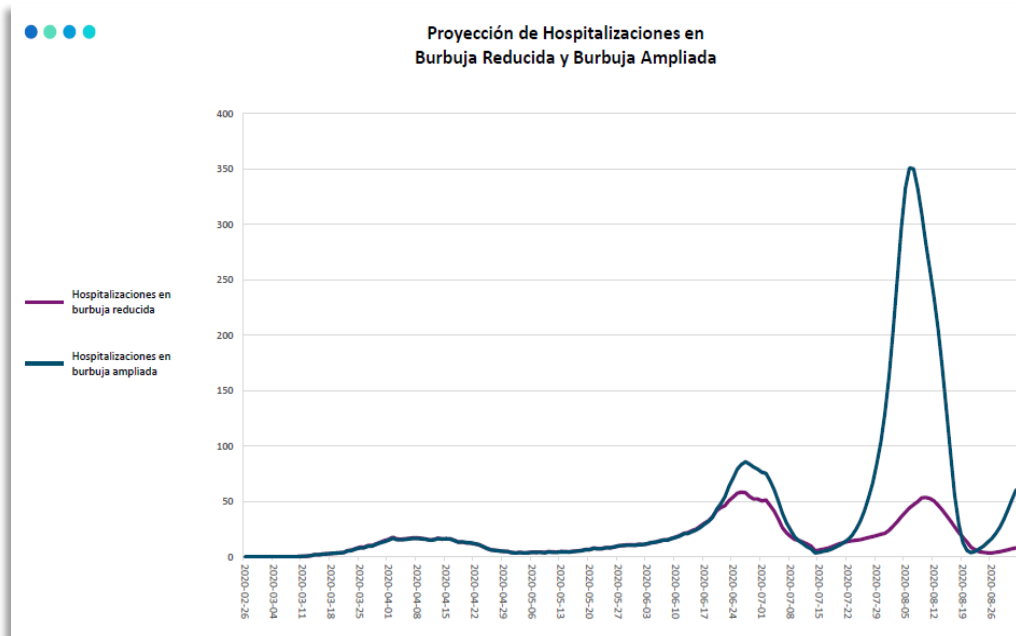




Figura 86. Proyección de la ocupación en cuidados intensivos.

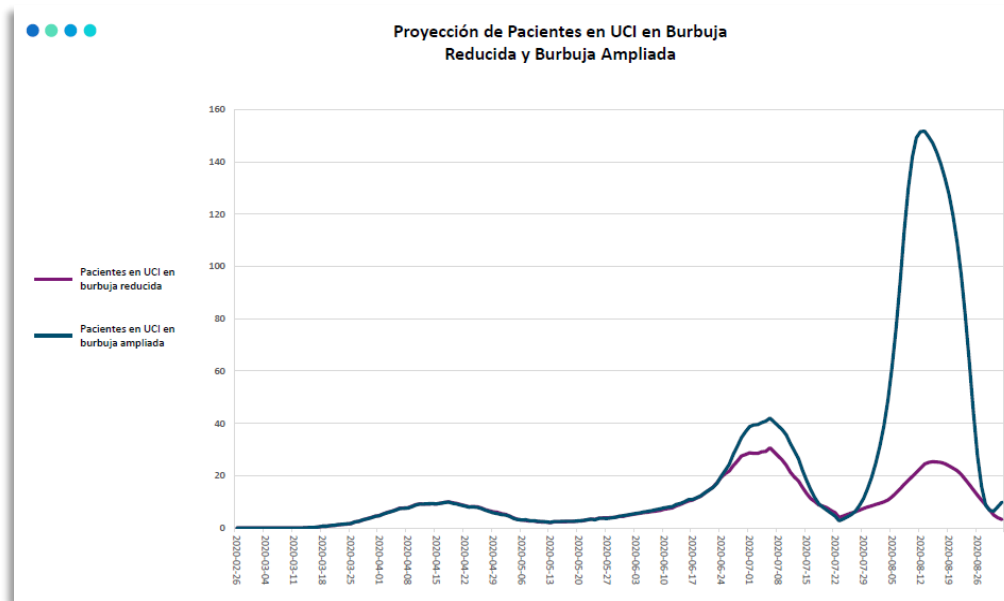
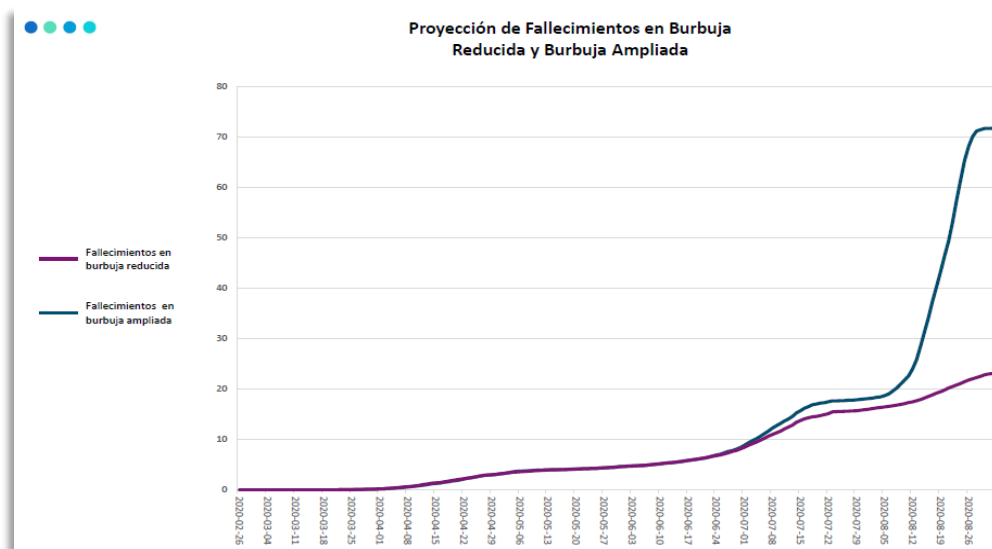


Figura 87. Proyección de los fallecimientos.





Simulaciones individuales de cada uno de los escenarios

Proyección con burbuja reducida

Proyección con burbuja ampliada

Figura 88. Escenario burbuja reducida. 423 simulaciones del escenario con burbuja reducida. Proyección de casos acumulados (azul) y casos activos (rojo).

Figura 89. Escenario burbuja ampliada. 100 simulaciones del escenario con burbuja ampliada. Proyección de casos acumulados (azul) y casos activos (rojo).

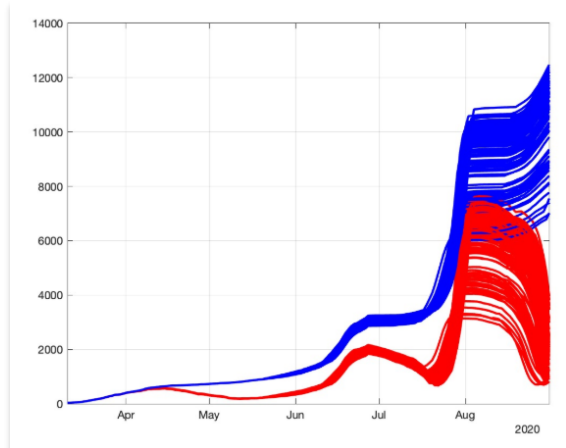
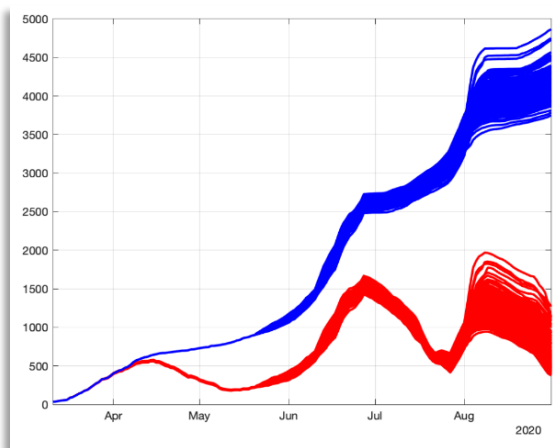


Figura 90. Escenario burbuja reducida. Promedio de las simulaciones (azul) y casos reales (rojos).

Figura 91. Escenario burbuja ampliada. Promedio de las 100 simulaciones (azul) y casos reales (rojo).

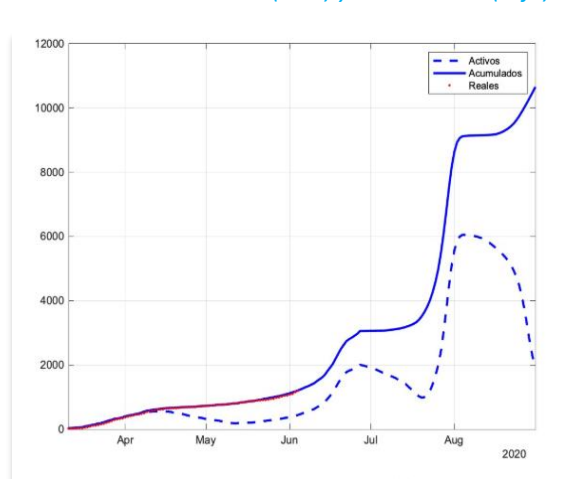
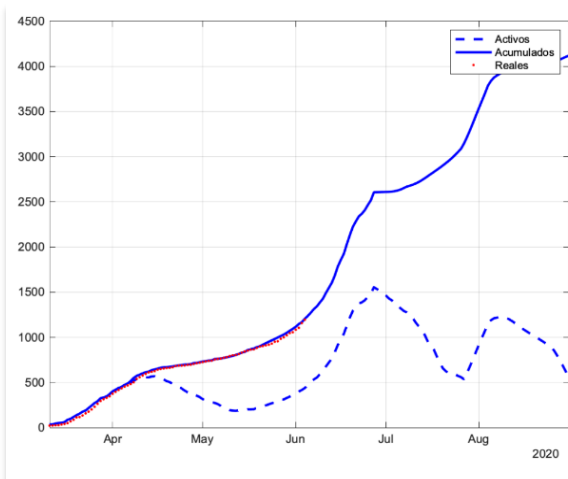




Figura 92. Proyección de las hospitalizaciones. Burbuja reducida

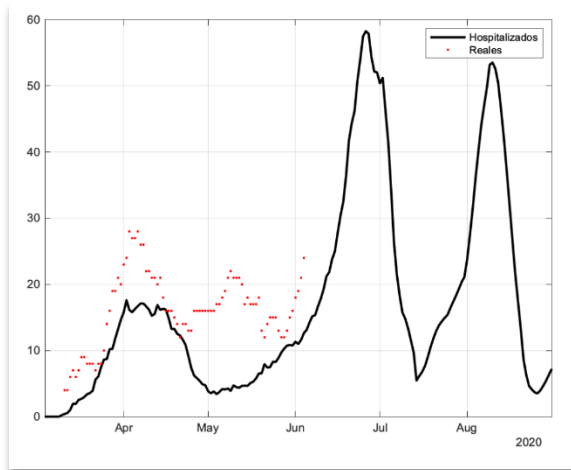


Figura 93. Proyección de las hospitalizaciones. Burbuja ampliada.

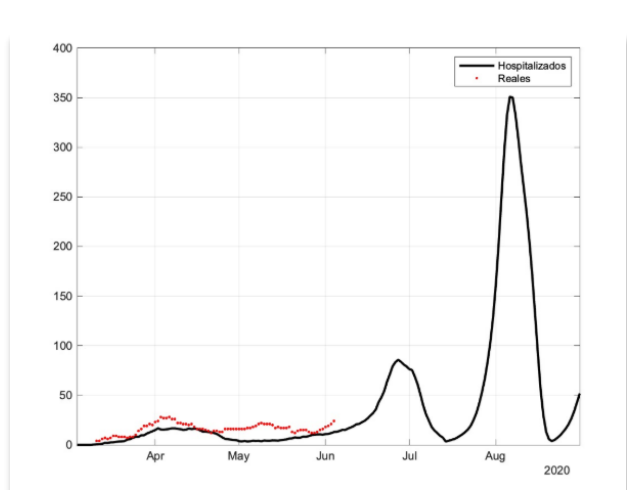


Figura 94. UCI. Burbuja reducida.

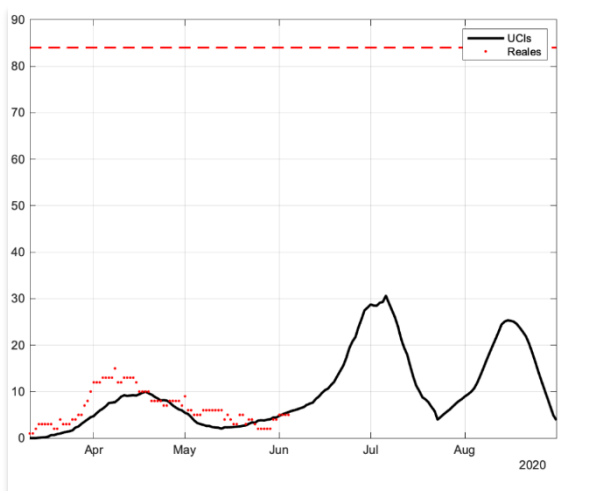


Figura 95. UCI. Burbuja ampliada.

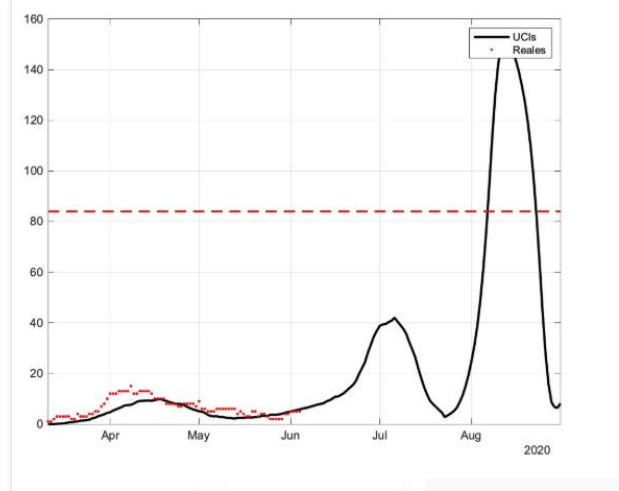


Figura 96. Fallecimientos. Burbuja reducida.

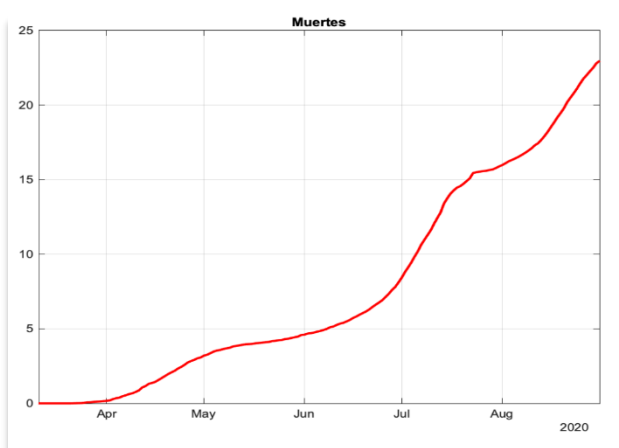
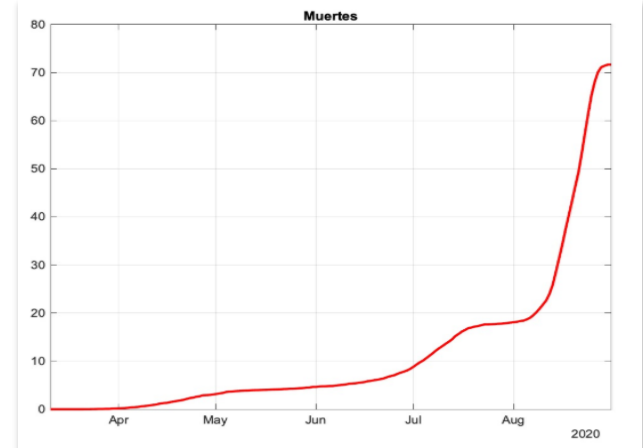


Figura 97. Fallecimientos. Burbuja ampliada.





Junio 28, 2020

La proyección incluye la base de nexos epidemiológicos actualizada al 23 de junio 2020. Se realizan 265 simulaciones.

Para esta proyección se asume que, al superarse los 1500 casos activos, las personas mantienen una burbuja social reducida y un acatamiento de las medidas sanitarias. Ese acatamiento a las medidas sanitarias es lo que impide que los casos aumenten de forma exponencial.

Figura 98. Proyección casos acumulados.

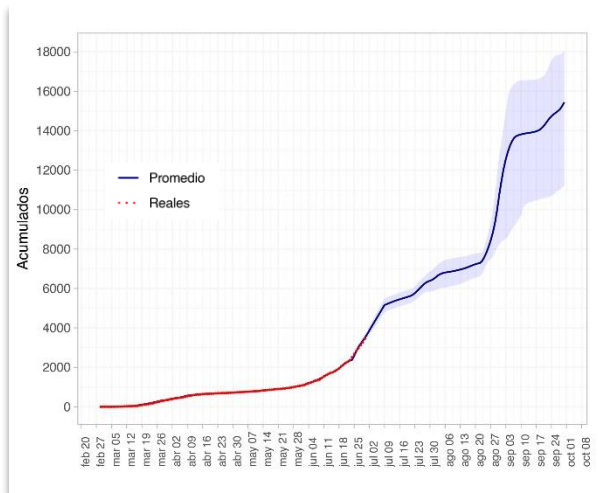


Figura 99. Proyección casos activos.

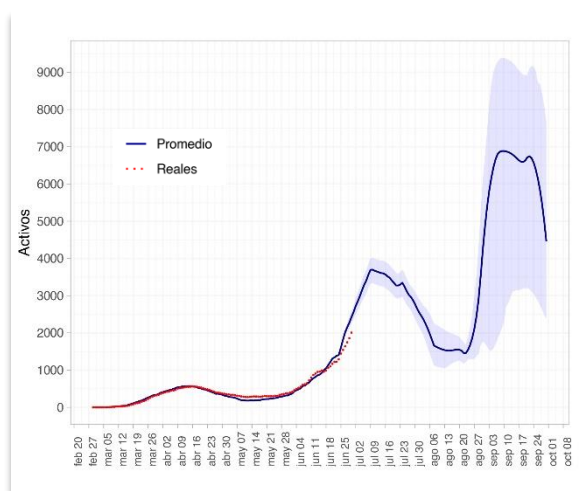
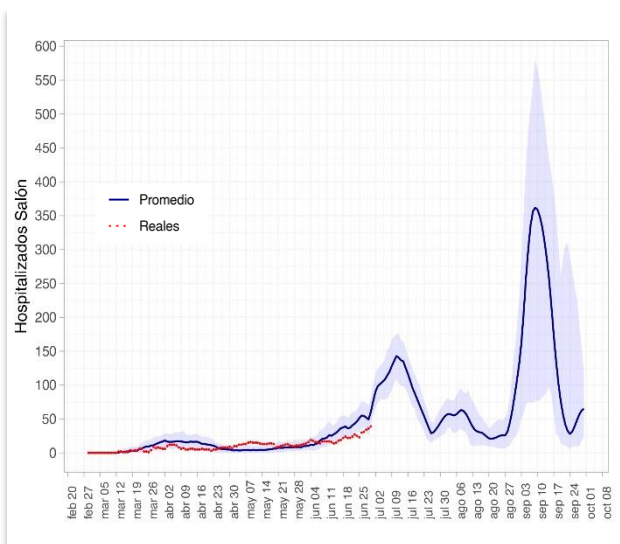


Figura 100. Proyección Hospitalizaciones.



Importante

Es importante revisar los tiempos de hospitalización tanto en salón como en UCI, el porcentaje de pacientes que requieren estos servicios, así como el porcentaje de mortalidad que permitan captar de mejor forma la realidad nacional.



Figura 101. Proyección Cuidados Intensivos (UCI)

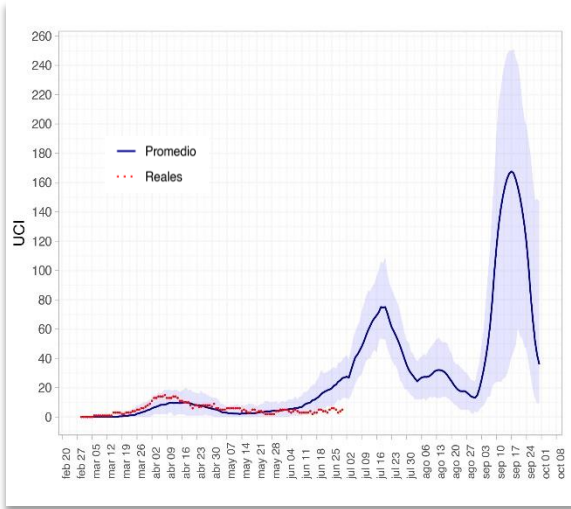
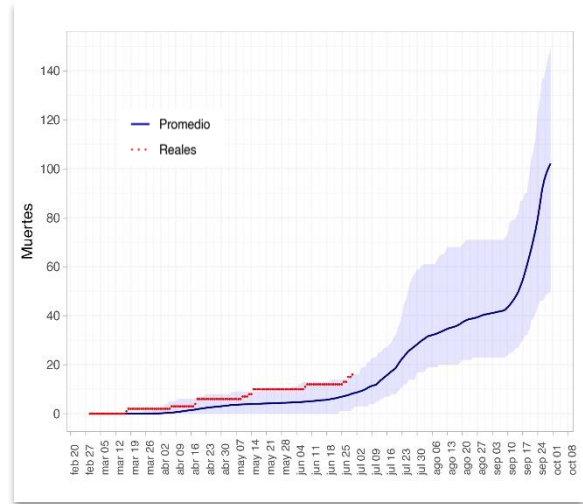


Figura 102. Proyección Fallecimientos.



Sin embargo, al finalizar el mes de junio, en el que aumentan los focos de contagio secundarios a actividades sociales, actividades de trabajo (fueron predominantes los focos en actividades agrícolas en la zona norte), así como el mayor uso de mascarillas en la población, se vuelve necesario un cambio en el modelo de redes.



JULIO

2020



Julio 2020

Contexto país

Inicio de transmisión comunitaria

Durante el mes de julio 2020, el país se encontraba atravesando la mayor cantidad de contagios, hospitalizaciones y muertes desde el ingreso del virus SARS-CoV-2 al territorio nacional cuatro meses atrás. Es durante este mes que Costa Rica pasa de una fase de transmisión por clústeres, a una fase de transmisión comunitaria.

La noticia de este cambio en la dinámica de transmisión fue dada el 2 de julio, cuando el Ministerio de Salud anunció la imposibilidad material de darle seguimiento total a los casos que se estaban registrando en el Gran Área Metropolitana (GAM), al indicar que 65% de los casos confirmados durante esa semana se encontraban pendiente de investigación. Por lo que, siguiendo los lineamientos técnicos de la OMS, se declara transmisión comunitaria en la GAM, región del territorio nacional que agrupa al 60% de la población.

Esta declaratoria fue acompañada de una serie de medidas con el objetivo de contener el crecimiento de casos. De forma inicial, se indicó que todo el país ingresaba a una restricción vehicular nocturna de lunes a domingo de 7:00 p.m. a 5:00 a.m., con excepción de las zonas fronterizas, que mantenían un horario diferenciado de 5:00 p.m. a 5:00 a.m. Además, se extendió la obligatoriedad de mascarillas o protectores faciales a asistentes de supermercados y tiendas de todo el país.

En los días posteriores, y ante el rápido crecimiento en la incidencia de pacientes positivos y la carga sobre la capacidad hospitalaria del CEACO, centro de salud que al 7 de julio se encontraba en un 80% de ocupación, las autoridades sanitarias reportan la necesidad de implementar un cerco epidemiológico en toda la GAM. Este cerco epidemiológico significó la implementación de una restricción vehicular total y cierre de establecimientos del lunes 13 al viernes 17 de julio, en todos los cantones en alerta naranja, tanto dentro como fuera de la GAM. El transporte público en cantones en alerta naranja también fue restringido a un 20%.

Posterior a la finalización del cerco epidemiológico, el país implementó durante este mes restricciones diferenciadas en cantones en alerta naranja y amarilla, tanto en horarios de restricción vehicular como de funcionamiento de establecimientos. En cuanto al uso de mascarillas o protector facial, el 17 de julio del 2020 se extendió su uso obligatorio a las paradas de autobuses, mientras que el 20 de julio se notifica el uso obligatorio de este equipo de protección personal en todos los espacios públicos cerrados.

El aumento en el número de casos significó, además, una carga sobre la emisión de órdenes sanitarias; para el 27 de julio se reporta un atraso en la notificación de cerca de 3500 órdenes sanitarias. Por esto, y en búsqueda de hacer mucho más expedito este procedimiento, es que el Ministerio de Salud brindó



a la CCSS la facultad de emitir notificación de eventos de salud y, por lo tanto, la autorización de emitir órdenes sanitarias correspondientes al COVID-19 (12).

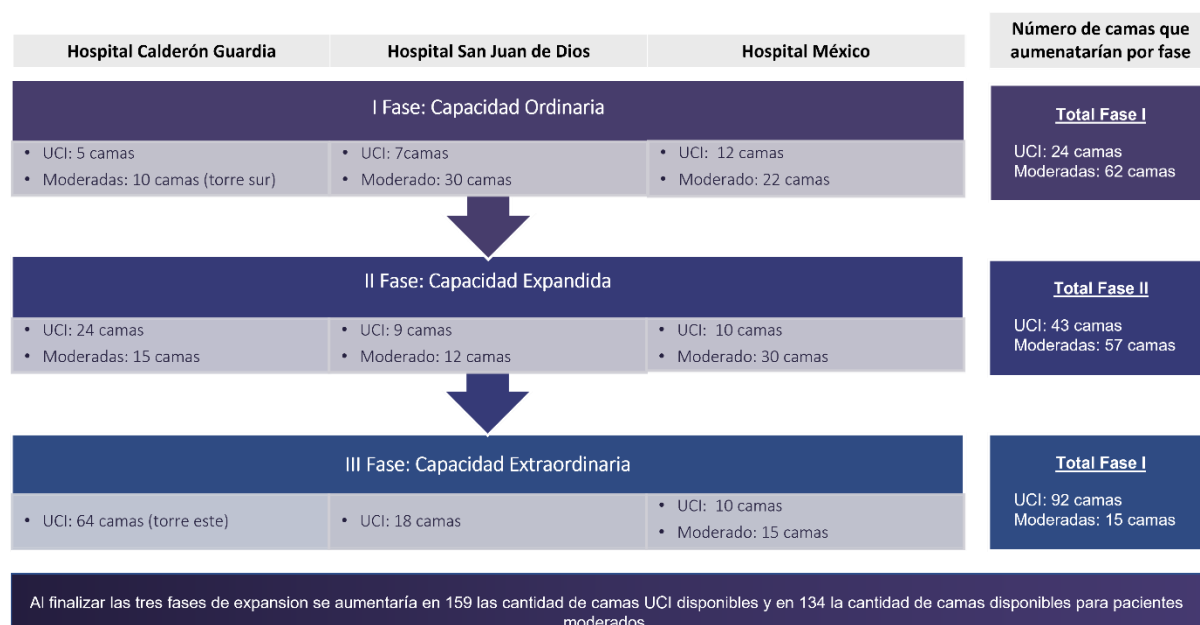
Además, ante la sobrecarga y retraso en el procesamiento de pruebas diagnósticas en los laboratorios nacionales, el 24 de julio se anuncia la actualización en los lineamientos de vigilancia de la enfermedad COVID-19 del Ministerio de Salud con el fin de instruir la confirmación de pacientes positivos por nexo con una persona confirmada por prueba PCR, cuando estos habiten en el mismo espacio físico y manifiesten síntomas (sin requerir la prueba diagnóstica). Para este día, los laboratorios de la red reportaron un 700% de incremento en la demanda de trabajo y presentaban al momento 4523 pruebas pendientes de procesar. En este sentido, se inició, además, un proceso de regionalización de las pruebas diagnósticas que equiparía a los hospitales de Liberia, Puntarenas, Limón y Pérez Zeledón para inicios de agosto (12).

Expansión de servicios hospitalarios

En lo que respecta a la capacidad hospitalaria, durante el mes de julio se anuncia el plan de expansión que permitiría aumentar la capacidad en UCI hasta en 159 camas y a un total de 134 camas para pacientes moderados. En esta fase de reconversión, los hospitales regionales y periféricos continuaban sin atender pacientes COVID-19.

En la **Figura 103**, se muestran las fases de reconversión de capacidad hospitalaria. El 8 de julio 2020 el país entra a una segunda fase de expansión de capacidad de atención en los hospitales nacionales. En los esfuerzos por expandir la capacidad de atención hospitalaria, la CCSS y el Instituto Nacional de Seguros (INS), acordaron el 15 de julio un convenio que permitiría a la CCSS contar con 48 camas para la atención de pacientes COVID-19 en el Hospital del Trauma (53).

Figura 103. Fases de reconversión en capacidad hospitalaria

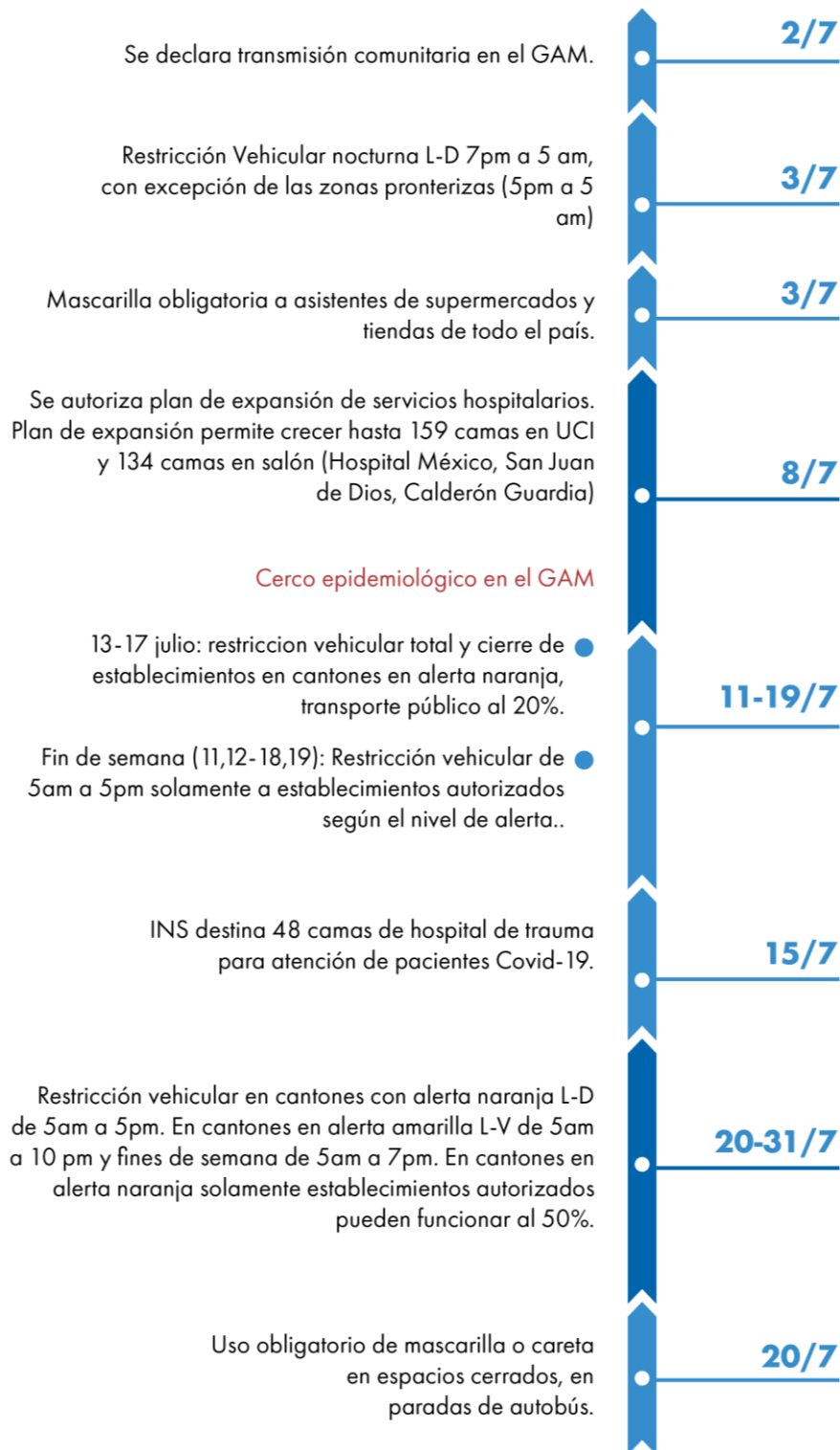


Fuente: Caja Costarricense de Seguro Social.



La **Figura 104** muestra las principales medidas implementadas en julio 2020.

Figura 104. Principales medidas de salud pública implementadas durante el mes de julio 2020





Situación epidemiológica

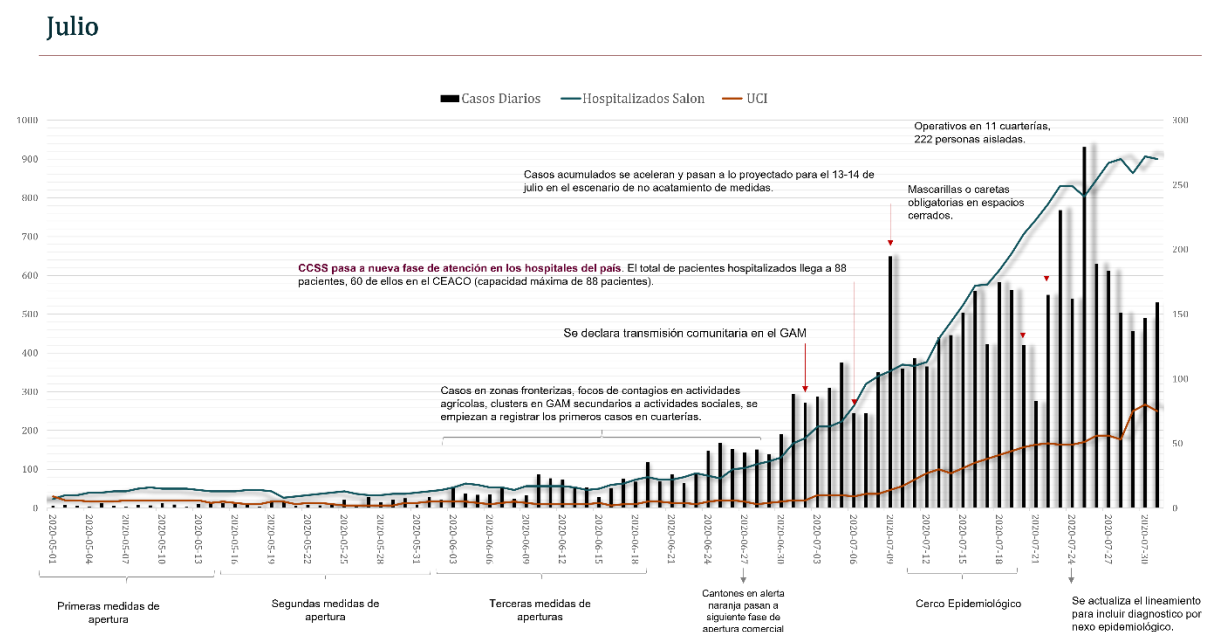
En cuanto a la situación epidemiológica, al 31 de julio, el país reportaba un total de 17 850 casos confirmados y una tasa de incidencia acumulada de 349 casos por cada 100 mil habitantes. El 24,7% de los casos se reportaba como recuperados y se contabilizaron un total de 150 fallecimientos, para una tasa de mortalidad del 0,8%.

A esta misma fecha, 270 personas se encontraban en hospitalizadas en salón y 75 se encontraban en una UCI. Este mes, la carga en los servicios hospitalarios fue la mayor experimentada hasta el momento, en donde hubo periodos de saturación de centros hospitalarios, como fue el caso del Hospital San Juan de Dios, cuando el 19 de julio llegó al tope de capacidad para hospitalizaciones de pacientes COVID-19.

Durante este mes, continuaron los testeos masivos en regiones de alta densidad poblacional y número de casos, como lo fueron regiones en el cantón de Alajuelita, en la que se realizó un total de 1504 pruebas, de las cuales 65 personas resultaron positivas.

Este mes, además, vio el incremento en el número de casos reportados en asentamientos informales y cuarterías, llegando el 22 de julio a emitirse 500 órdenes sanitarias en 20 cuarterías, sitios que por sus características dificultaban el cumplimiento de medidas de distanciamiento físico y de cuarentena en casos sospechosos.

Figura 105. Situación Epidemiológica COVID-19 al 31 de julio 2020.



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud



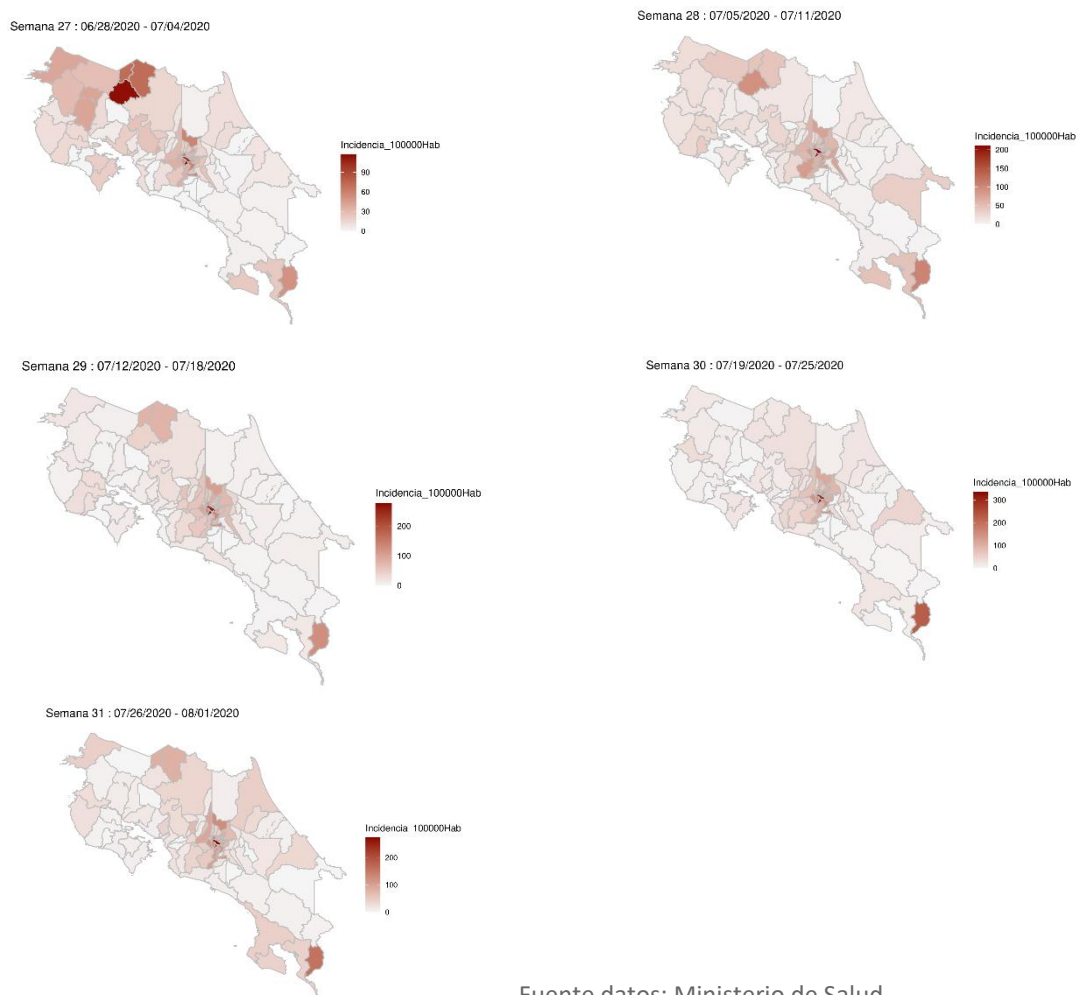
Tabla 25. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de julio del 2020

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de junio 2020	
Acumulados	17820
Recuperados	4404
Hospitalizados en salón	270
Hospitalizados UCI	75
Fallecimientos	150

Fuente de datos: Ministerio de Salud

En cuanto a la distribución geográfica de los casos detectados, al 31 de julio se reportaban casos positivos en 81 cantones de las siete provincias. A nivel cantonal, y tal como se observa en la imagen 2, la mayoría de los casos se agrupaban en el GAM. Al 27 de agosto, 5 cantones agrupaban el 56.18% de los casos: San José, Alajuelita, Alajuela y Heredia, mientras que las costas agrupaban el 10% de los casos.

Figura 106. Distribución cantonal de los casos COVID-19 en Costa Rica al 31 de julio 2020



Fuente datos: Ministerio de Salud



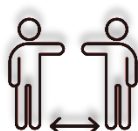
MODELOS MATEMÁTICOS



Versión 4: Modelo de Redes

La semana del 11 de julio 2020, el modelo es modificado y se incluyen dos parámetros nuevos, uno denominado **parámetro de distanciamiento social** y otro llamado **uso de protección personal**. El primero intenta capturar el porcentaje de personas que dejan de aportar a la propagación de la infección debido a que mantienen medidas de distanciamiento, es decir, permanecen en casa, evitan aglomeraciones y reuniones con grupos de personas. Por otra parte, el parámetro de protección personal intenta dar cuenta del porcentaje de personas que usan mascarilla, se lavan las manos, usan gel o alcohol, entre otros. Cuando hay una interacción entre dos nodos, el modelo evalúa la probabilidad de que el individuo mantenga las medidas de distanciamiento y uso de protección y reduce la probabilidad de infección.

Por otra parte, para las redes de contacto, se considera la densidad poblacional. Se asume que: una persona que vive en el **GAM** puede tener entre **5 y 30 contactos diarios**. Mientras que, una persona que se encuentra en **cualquier otra parte** del país puede tener entre **5 y 20 contactos diarios**.



A la fecha, no se cuenta con información adicional que permita saber cuál es el porcentaje de personas que evitan el contacto social trabajando desde casa, evitando aglomeraciones y reunión con familiares y amigos. Con el fin de encontrar un rango posible de valores para el parámetro de distanciamiento social, se analiza el periodo

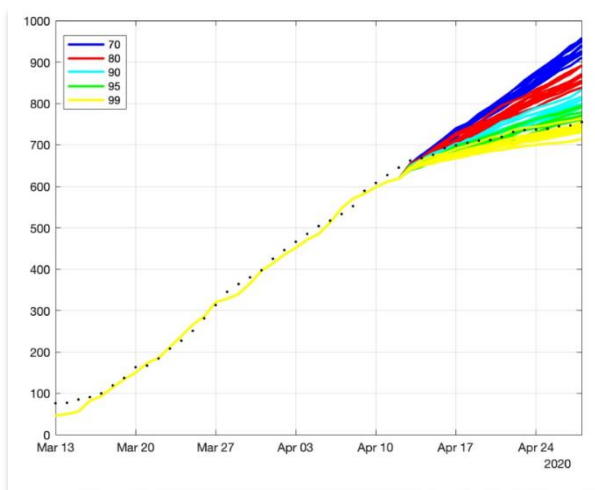
de mayor cierre que ha presentado el país, el cual se dio en los días de Semana Santa con un cierre casi total entre el miércoles 8 y el domingo 12 de abril. Para las simulaciones se lee la base de nexos hasta el 8 de abril; el 9, 10, 11 y 12 de abril se implementan medidas de restricción, capturadas por este parámetro, y se deja correr la simulación hasta el 17 de abril para poder observar el efecto tardío de las medidas sanitarias.

Porcentajes de distanciamiento social tomando en cuenta las medidas sanitarias implementadas durante Semana Santa

De los resultados, se puede concluir que para el periodo de Semana Santa, aproximadamente el 95% de las personas redujo su contacto con otras personas. Este escenario nos permite tener un valor y una situación de referencia para la simulación de escenarios y consideración para los valores de este parámetro.

Las proyecciones para el 12, 16, y 22 de julio fueron las primeras que se realizaron teniendo en cuenta estos cambios. Para los escenarios se tomó como referencia el porcentaje de distanciamiento social encontrado para Semana Santa y, a

Figura 107. Simulaciones.



Cada color corresponde a un supuesto diferente en el porcentaje para el parámetro de distanciamiento social.



partir de allí, de manera empírica, se toman valores para el parámetro de distanciamiento social. Para los cantones amarillos se asume un porcentaje del 50% y, en los cantones con alerta naranja, 50% en periodos de apertura y un valor de 70% en cierre.

Luego de estas proyecciones, se hace nuevamente un ejercicio para determinar cuáles son los valores que mejor ajustan el modelo a los datos observados. Para ello, se simulan tres escenarios:

1. Se mantienen los mismos supuestos utilizados en las proyecciones, 50% de distanciamiento para cantones amarillos y 70% en cantones con alerta naranja, en los periodos de cierre, y 50% en periodos de apertura (representado en azul en las proyecciones).
2. 60% de distanciamiento social en cantones amarillo y en apertura de naranja y 70% en los periodos de cierre en los cantones naranja (representado en amarillo en las proyecciones).
3. 60% de distanciamiento social en cantones amarillo y en apertura de naranja y 80% en los periodos de cierre en los cantones naranja (representado en magenta en las proyecciones).

Figura 108. Proyección casos acumulados.

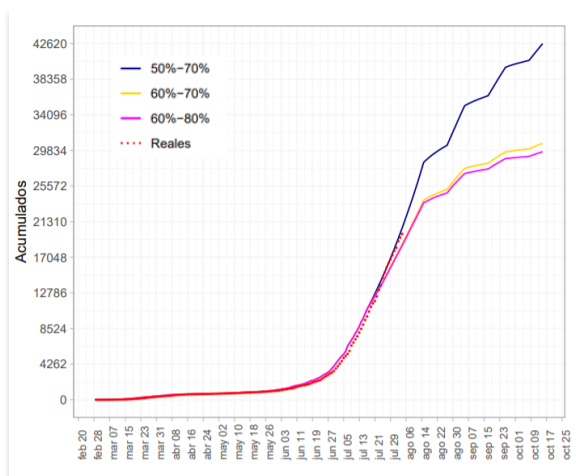


Figura 109. Proyección de casos activos.

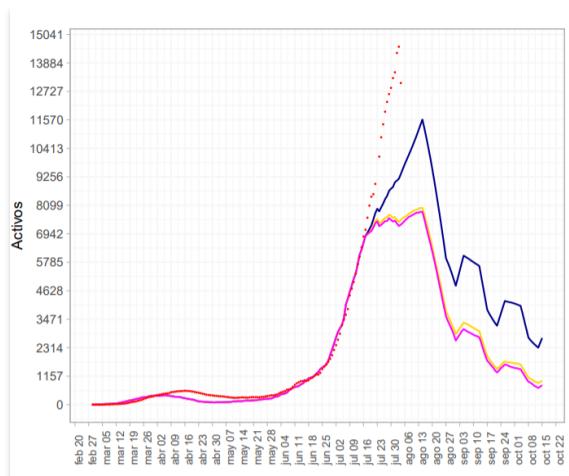
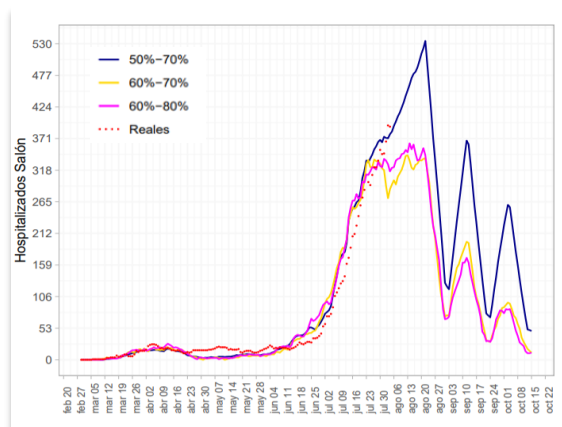


Figura 110. Proyección de hospitalizaciones.



88Figura 111. Proyección admisiones a cuidados intensivos.

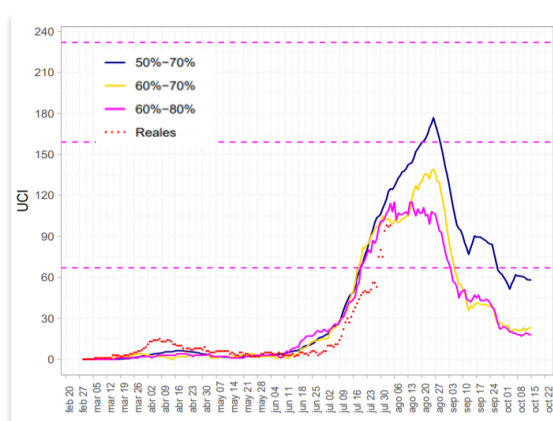
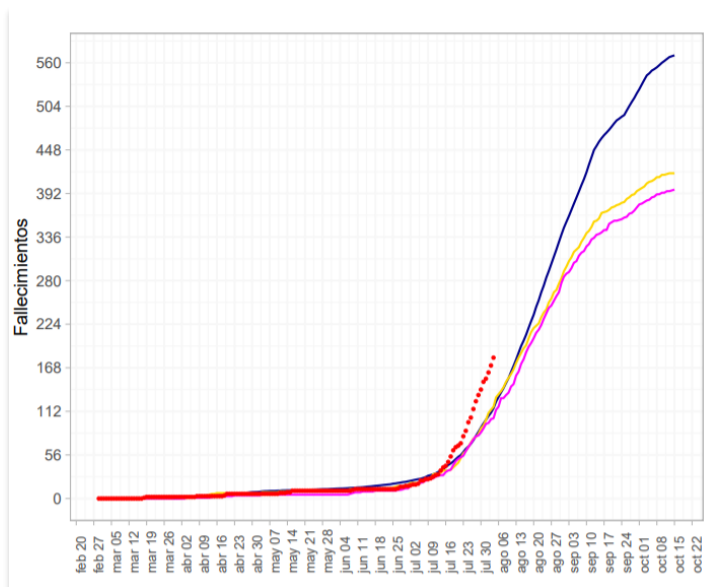




Figura 112. Proyección de fallecimientos.



Resultados

Los resultados muestran que los supuestos tomados para las proyecciones del 12, 16 y 22 de julio (50%-70%) son los que mejor ajustan el modelo a los datos reales observados (*Figura 108*). Sin embargo, los casos activos (*Figura 109*) empiezan a alejarse de las proyecciones. Una posible explicación para esto es que, debido al volumen de casos, el seguimiento a las personas recuperadas es cada vez más difícil. Para la fecha en la que se hicieron estos análisis, se tenía un retraso en la notificación de personas recuperadas. Se entiende como casos activos aquellos que aún pueden transmitir la enfermedad.

Los parámetros de hospitalización, internamientos en cuidados intensivos y muertes son tomados de la literatura, ya que, a la fecha, no se contaba con datos suficientes en el país con los que se pudieran calcular los porcentajes de ingreso y tiempos de estancia. En este caso, las proyecciones muestran un número de muertes inferior al que se reporta. Esto puede deberse a las condiciones de salud de los pacientes, así como a la experiencia del personal médico.



Conversatorio: Modelos Matemáticos

Un elemento importante en el ejercicio de la modelación matemática y en el trabajo académico, es la validación y discusión con pares académicos. Durante las primeras etapas de desarrollo del modelo se hicieron sesiones de trabajo con colaboradores internacionales, expertos en el uso de modelo de redes y, en general, en el modelo de epidemias, para recibir retroalimentación del trabajo que se venía realizando. Motivados por esta colaboración, y dado que los modelos matemáticos en salud pública eran un tema desconocido para algunas personas, se decidió hacer un conversatorio en el que participó el equipo de modelación CIMPA-OPS-Ministerio de Salud y tres invitados internacionales:

- El Dr. **Mason Porter**, Departamento de Matemáticas de la Universidad de California (UCLA), Estados Unidos.
- El Dr. **Juan Aparicio**, Instituto de Investigación en Energía no Convencional (INENCO), Universidad de Salta, Argentina.
- La Dra. **Miriam Nuño**, Departamento de Salud Pública de la Universidad de California, Davis, Estados Unidos.

En este conversatorio se habló del rol de los modelos matemáticos en la toma de decisiones, sus limitaciones y alcances y puede verse en (54)



Captura de pantalla de los participantes durante el conversatorio.



PROYECCIONES

Julio 1, 2020

Atendiendo la solicitud de las autoridades de salud pública, se implementan dos escenarios que intentan reflejar la tendencia hospitalaria y de casos positivos, al aumentar o reducir el contacto con otras personas. Estas simulaciones se presentaron en la conferencia de prensa el 3 de julio, 2020 (55) y el objetivo era transmitir a la población la importancia de seguir con las medidas sanitarias del lavado de manos, uso de mascarilla y evitar la interacción con otras personas. Los resultados corresponden a 20 simulaciones.

Escenarios

- Sin acatamiento de medidas. En este escenario se asume que la población no cambia su comportamiento, es decir, las condiciones observadas a la fecha se mantienen.
- Con acatamiento de medidas. En este escenario, el aislamiento no es generalizado, pero hay mayor acatamiento de medidas. Es decir, las personas mantienen el distanciamiento social reduciendo así la interacción con otras personas.

La proyección incluye la base de nexos epidemiológicos actualizada al 23 de junio 2020.

Tabla 26. *Parámetros. Valores de los parámetros utilizados para las simulaciones.*

Supuestos	Valor
Personas no diagnosticadas que requieren hospitalización	1%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas	5,2
Días para que un paciente no diagnosticado requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas	5
Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Días promedio que una persona permanece en salón	9.6
Días promedio que una persona permanece en UCI	17.4
Promedio de días en que una persona permanece en hospitalización antes de pasar a UCI	1 día
Porcentaje de personas que se recuperan de hospitalización	98%
Porcentaje de personas que se recuperan de UCI	92%
Tasa de transmisión	0.21
Periodo de incubación	7 días
Días promedio para recuperación	17
Días recuperación en cuidados intensivos	12
Porcentaje diagnosticado	75%
Porcentaje no diagnosticado	25%
Personas diagnosticadas que requieren hospitalización	7,8%
Personas hospitalizadas que requieren de UCI	32%



Figura 113. Proyección de casos acumulados.

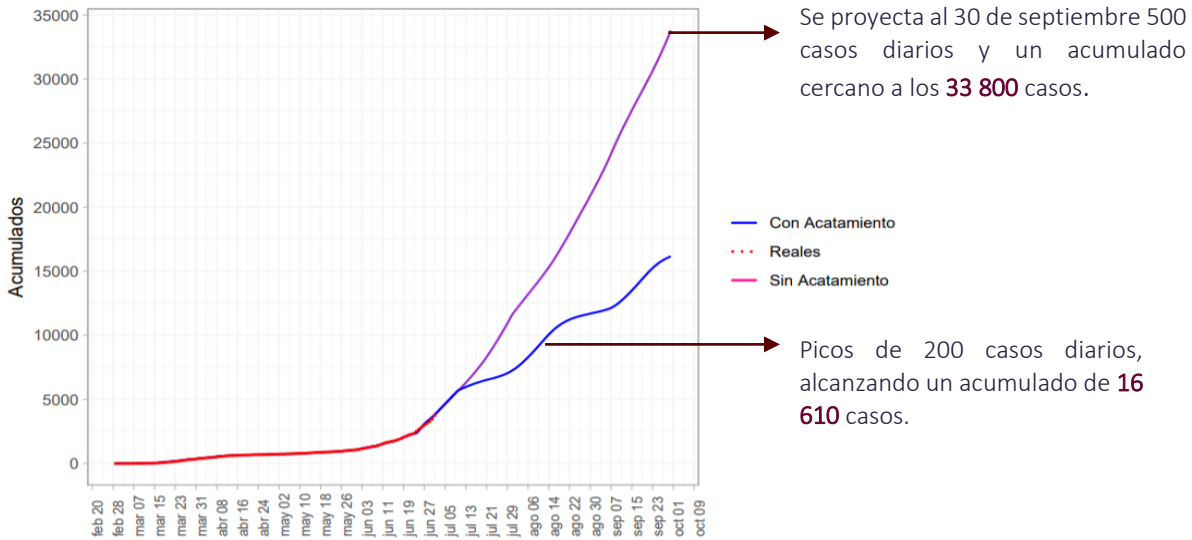
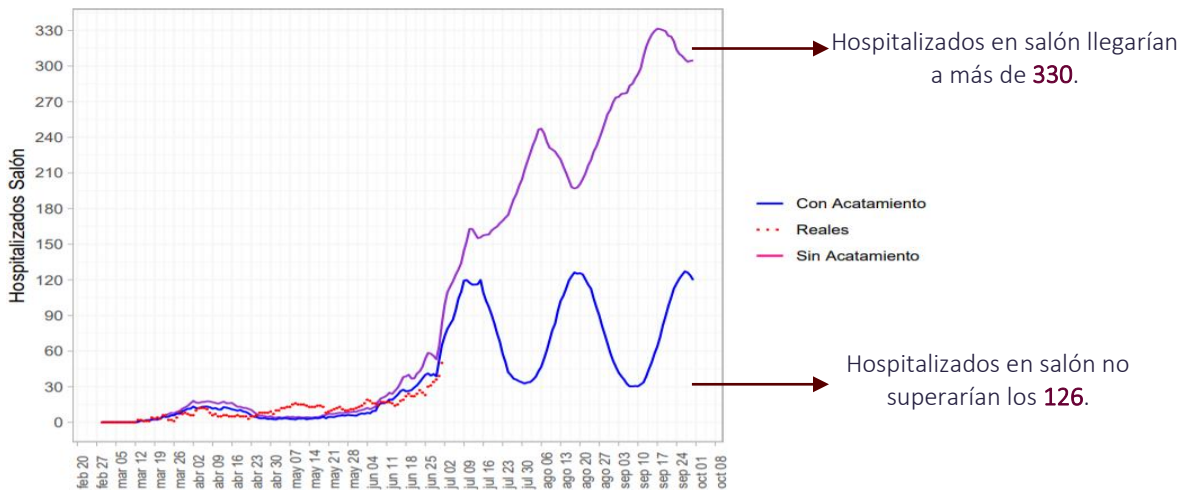


Figura 114. Proyección de hospitalizaciones.



El comportamiento ondulatorio se debe a la dinámica interna del modelo de reducir y ampliar las burbujas de contacto cuando se supera cierto número de casos.



Figura 115. Proyección casos activos

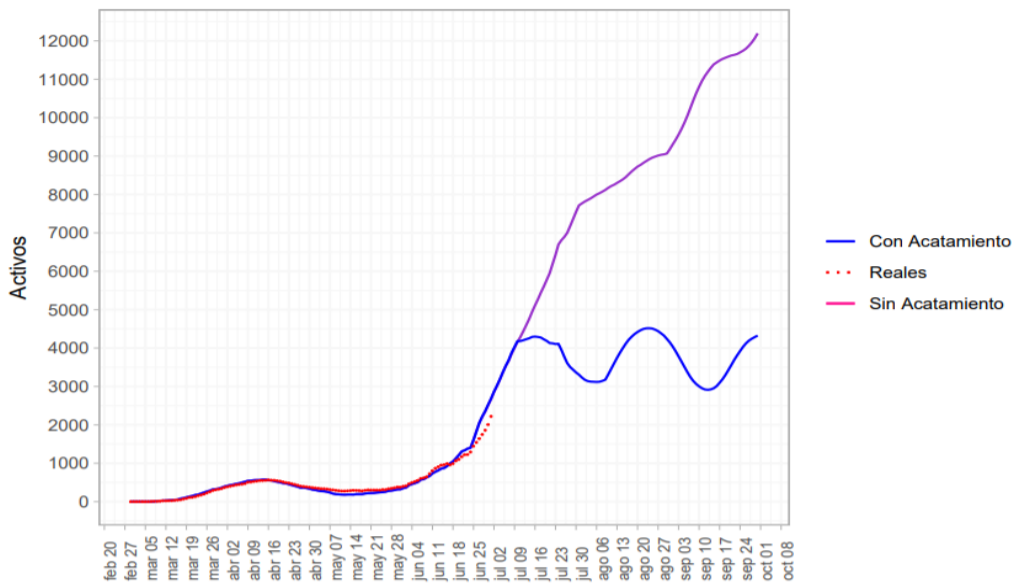
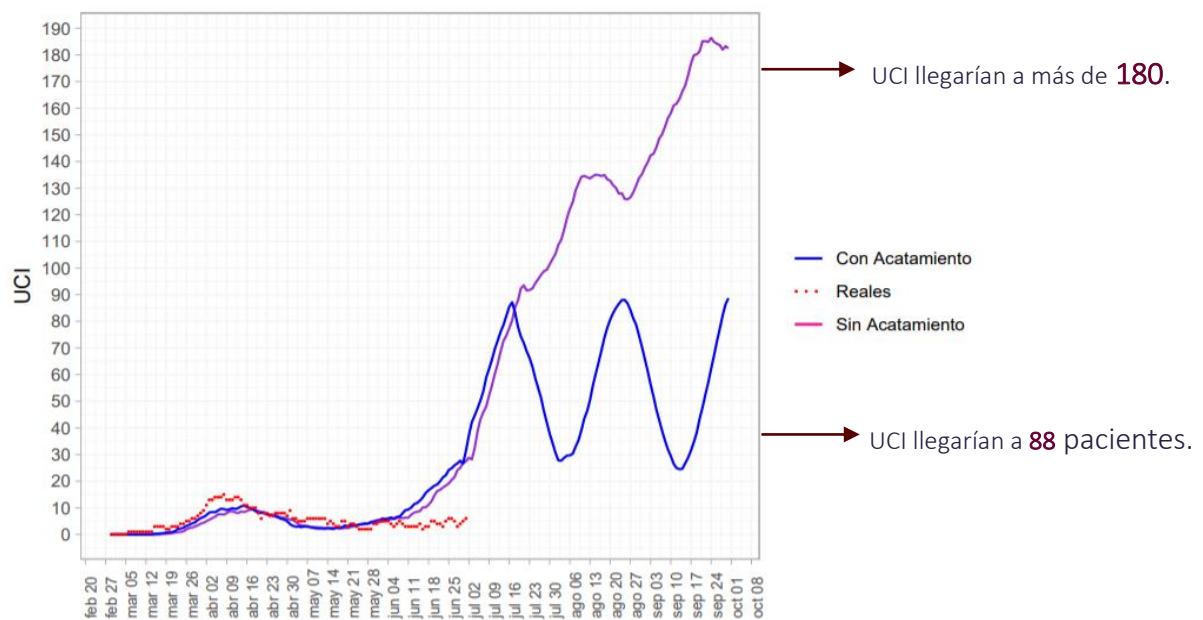


Figura 116. Proyección admisiones a cuidados intensivos.





Julio 12, 16, 22, 2020

Cerco epidemiológico

En el mes de julio se diseñaron varios escenarios con el fin de analizar el impacto que podrían tener las medidas sanitarias tomadas durante este mes, particularmente, las relacionadas con el cerco epidemiológico. Cada escenario fue diseñado e implementado en diferentes fechas, atendiendo a las solicitudes que surgieron de las autoridades de salud. Las diferencias en los escenarios radican en el supuesto de reapertura después del “cerco epidemiológico” y el porcentaje de personas que se adhirieron a las restricciones.

En todos los escenarios se asume que:

- i. El 50% de la población usa medidas de protección personal (lavado de manos, uso de mascarilla, entre otros).
- ii. El número de contactos es muestreado de una distribución uniforme (contactos esporádicos entre 0 y 20; contactos con amigos y compañeros de trabajo para personas en el Gran Área Metropolitana entre 5 y 25; y, fuera del GAM, entre 5 y 15).
- iii. Las personas que viven áreas en las que se implementó el cerco epidemiológico pueden tener contacto solo con personas de áreas con el mismo estatus de alerta; es decir, nodos en cantones naranja solo pueden tener contacto con nodos que se encuentren en cantones también en naranja.

Escenario 1: julio 12, 2020

- Las restricciones basadas en el estado de alerta del cantón se eliminan de la simulación después del 19 de julio de 2020 (supuesto iii).
- Se asume que el 70% de la población mantuvo las medidas de distanciamiento social durante el cerco (11 al 19 de julio), es decir, estuvieron en casa o evitaron las aglomeraciones y el contacto con otras personas.

Escenario 2: julio 16, 2020

- Las restricciones basadas en el estado de alerta del cantón se mantienen hasta el 2 de agosto de 2020 solo en los cantones que permanecen en estado de alerta naranja (supuesto iii).
- Se asume que el 70% de la población mantuvo las medidas de distanciamiento social durante ese periodo (11 de julio hasta el 2 de agosto) en todo el país.

Escenario 3: julio 22, 2020

- Las restricciones basadas en el estado de alerta del cantón se eliminan de la simulación después del 19 de julio de 2020.



- El porcentaje de personas que mantienen un distanciamiento social cambió gradualmente en lugares en alerta naranja: 70% del 11 al 19 de julio de 2020, 60% del 20 al 31 de julio de 2020 y 50% después del 31 de julio de 2020. En los cantones con estado de alerta amarilla, 50% de la población mantiene el distanciamiento social.

El ejercicio consistió, básicamente, en analizar qué podría esperarse si la reapertura se daba de manera súbita, si se extendían los días de restricción o si se daba una reapertura gradual.

Tabla 27. Parámetros hospitalización.

Descripción de los parámetros	12 y 16 de julio	22 de julio
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	6%	8%
Porcentaje de personas hospitalizadas que requieren UCI	17%	17%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas (diagnosticado y no diagnosticado)	5.2 días	7 días
Promedio de días en que una persona permanece en hospitalización antes de pasar a UCI	1 día	1 día
Días promedio que una persona permanece en UCI	17.4	17.4
Días promedio que una persona permanece en salón	9.6	10.2 días
Porcentaje de mortalidad en salón	2%	4%
Porcentaje de mortalidad en UCI	60%	46%
Porcentaje de mortalidad fuera de hospitalización	-	0,08%
Días promedio para recuperación	17	17
Porcentaje de pacientes diagnosticados	75%	75%
Porcentaje de pacientes no diagnosticados	25%	25%
Número de camas disponibles en UCI	Primer umbral: 67 camas	Primer umbral: 67 camas
	Segundo umbral: 159 camas	Segundo umbral: 159 camas
Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%	10%
Tasa de transmisión	0.21	0.21
Periodo de incubación	5 días	5 días

Parámetros utilizados en las tres simulaciones. En las proyecciones del 12 al 16 de julio se aumentaba la mortalidad en UCI cuando se superaban las 87 camas, en las proyecciones del 22 de julio esta mortalidad aumenta al superarse las 159 camas.

Resultados

Los resultados muestran que mantener las restricciones solo por una semana podría dar como resultado una desaceleración en el crecimiento de los casos, pero luego de la apertura se tendría un crecimiento muy acelerado (escenario, julio 12). Por el contrario, mantener las medidas por un periodo más largo (escenario, julio 16), podría llevar a “aplanar la curva”. Con una apertura paulatina (escenario, julio 22), los casos seguirían aumentando, pero a un ritmo menos acelerado, comparado con una apertura completa, luego del periodo del cerco epidemiológico (escenario, julio 12).



Figura 117. Proyección casos acumulados.

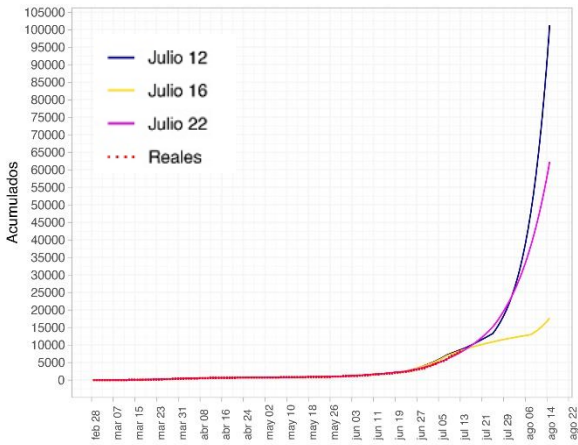


Figura 118. Proyección casos activos.

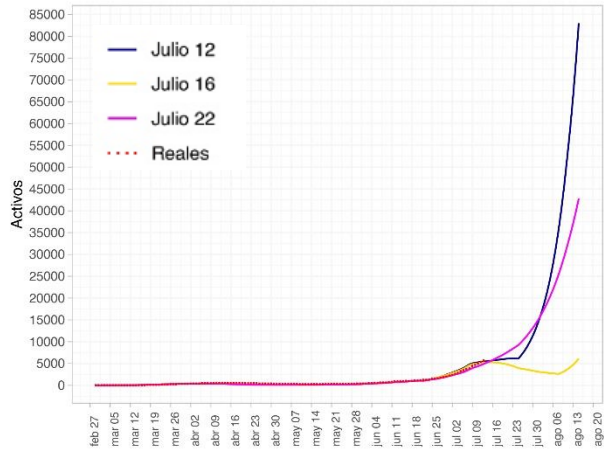


Figura 119. Proyección hospitalizaciones.

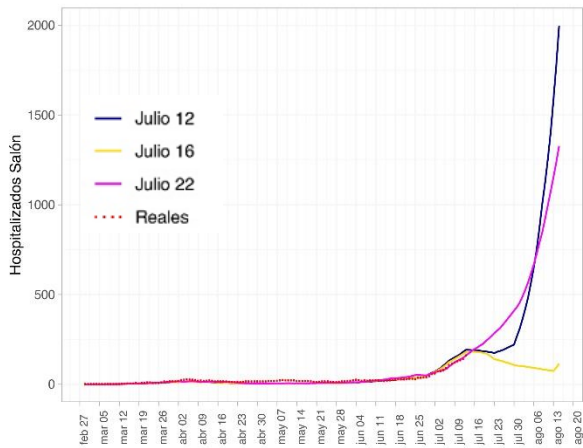


Figura 120. Proyección admisiones a cuidados intensivos.

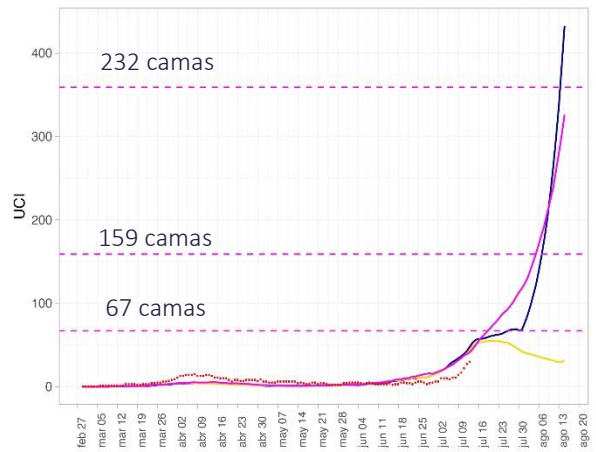
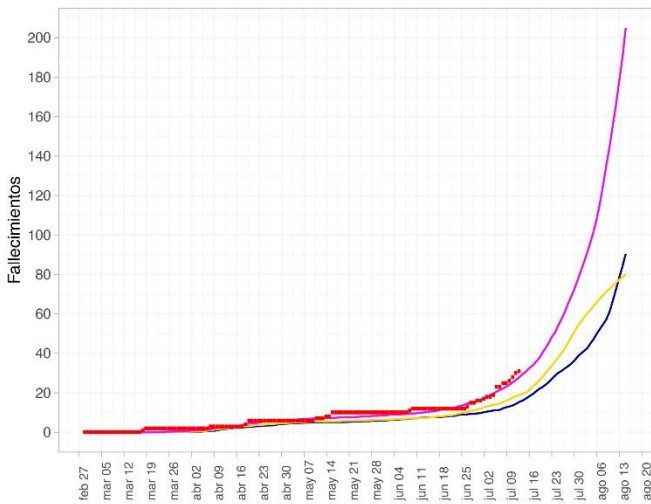


Figura 121. Proyecciones fallecimientos.





Julio 27, 2020

Para estas proyecciones, se mantienen los mismos supuestas de las simulaciones realizadas el 22 de julio, 2020. En azul oscuro el promedio de 160 simulaciones y en rojo los casos reales reportados. Se realizan 160 simulaciones.

Figura 122. Proyección acumulados.

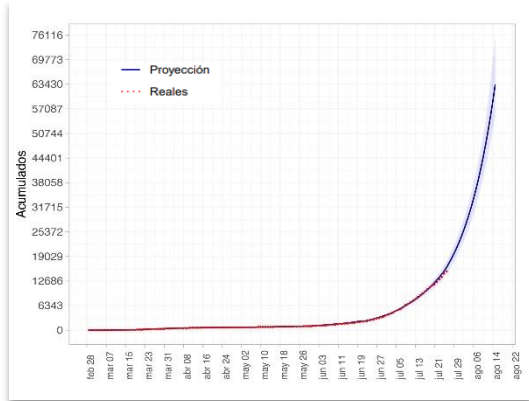


Figura 123. Proyección activos.

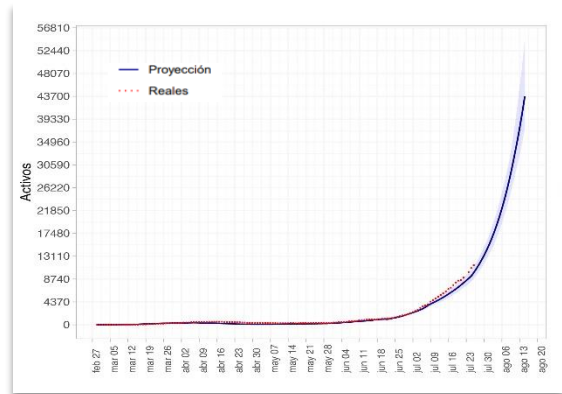


Figura 124. Proyección de hospitalización.

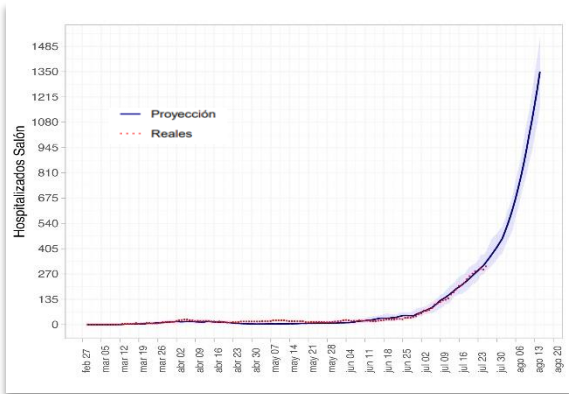


Figura 125. Proyección UCI.

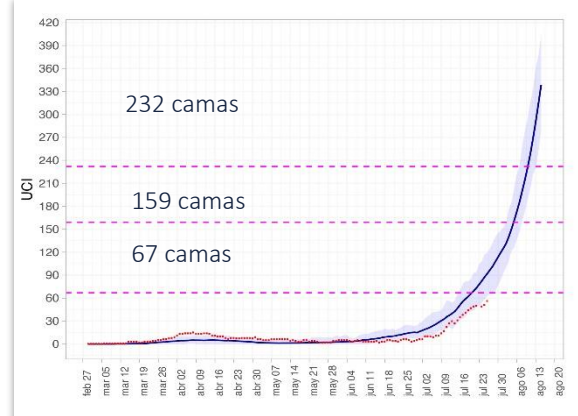
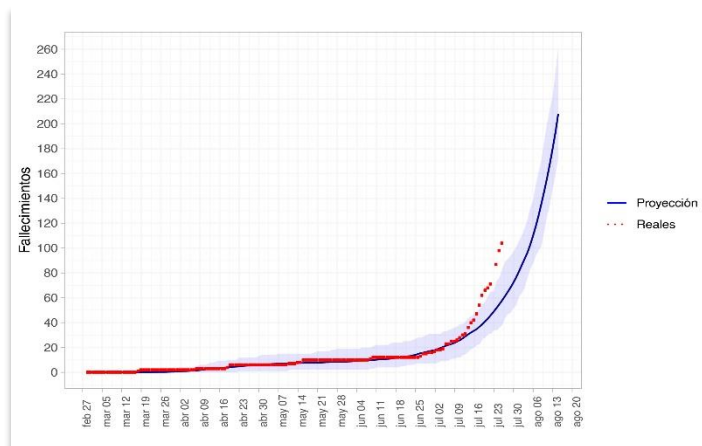


Figura 126. Proyección Fallecimientos.





Proyecciones para las Redes Integradas de Prestación de Servicios de Salud CCSS

Durante el mes de julio, y ante la importante carga que el servicio de salud se encontraba experimentado, se trabaja en el modelo de redes de manera que proporciona proyecciones cantonales. Sin embargo, debido a que algunos cantones pertenecen a dos áreas de salud, los casos proyectados para estos sitios se distribuyen teniendo en cuenta los porcentajes presentados en la Tabla 28. Solo se consideraron aquellos lugares con un porcentaje superior al 9%.

A la fecha, no se cuenta con la información del área de salud a la que pertenecen las personas hospitalizadas, por ello solo se presentan datos reales en las proyecciones de acumulados y activos.

Tabla 28. Porcentajes para la distribución de casos en las diferentes regiones.

Cantón	RIPSS	RIPSS
San José	16.31% Central Norte	83.69% Central Sur
Turrubares	50.47% Central Sur	49.53% Pacífico Central
Puntarenas	9.5% Chorotega	90.5% Pacífico Central
Grecia	84% Central Norte	16% Huetar Norte
Moravia	13% Central Norte	87% Central Sur

Figura 127. Proyección de casos acumulados por área de salud.

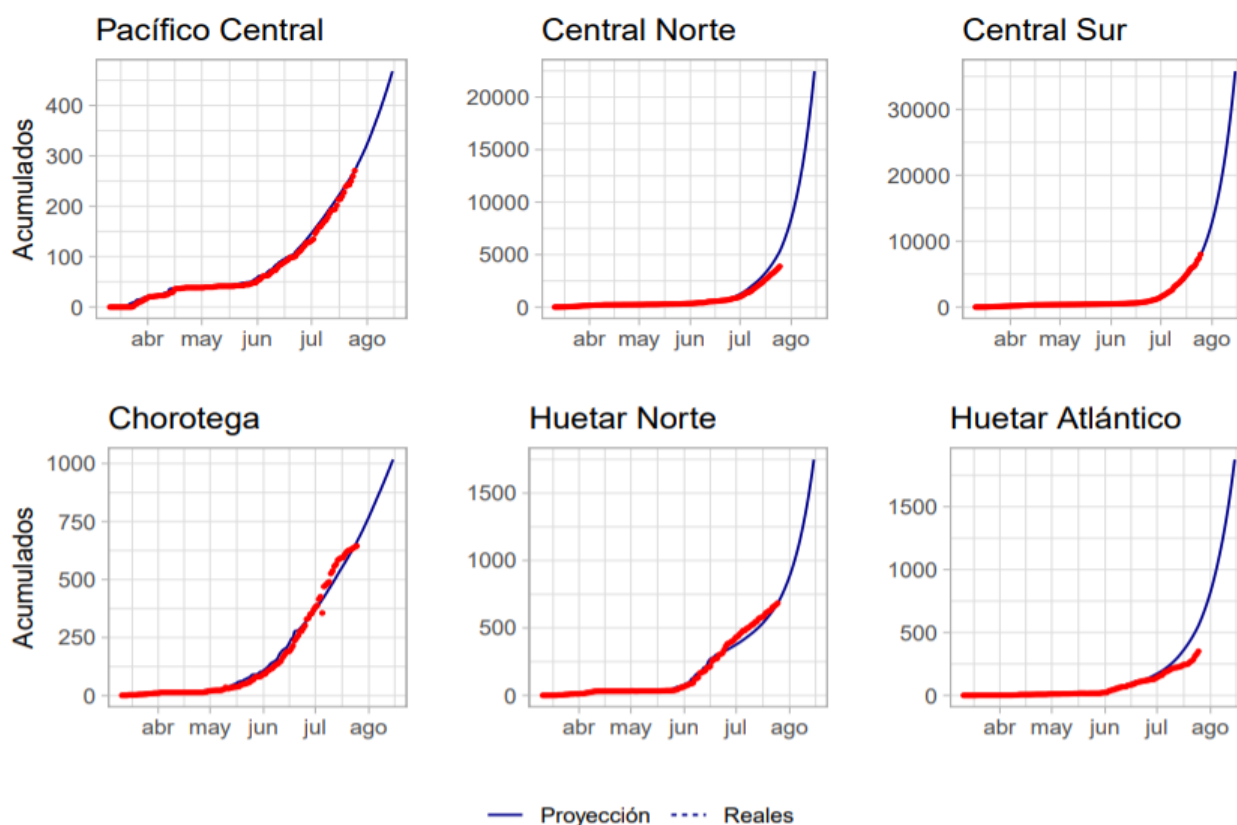




Figura 128. Proyección de casos activos por área de salud.

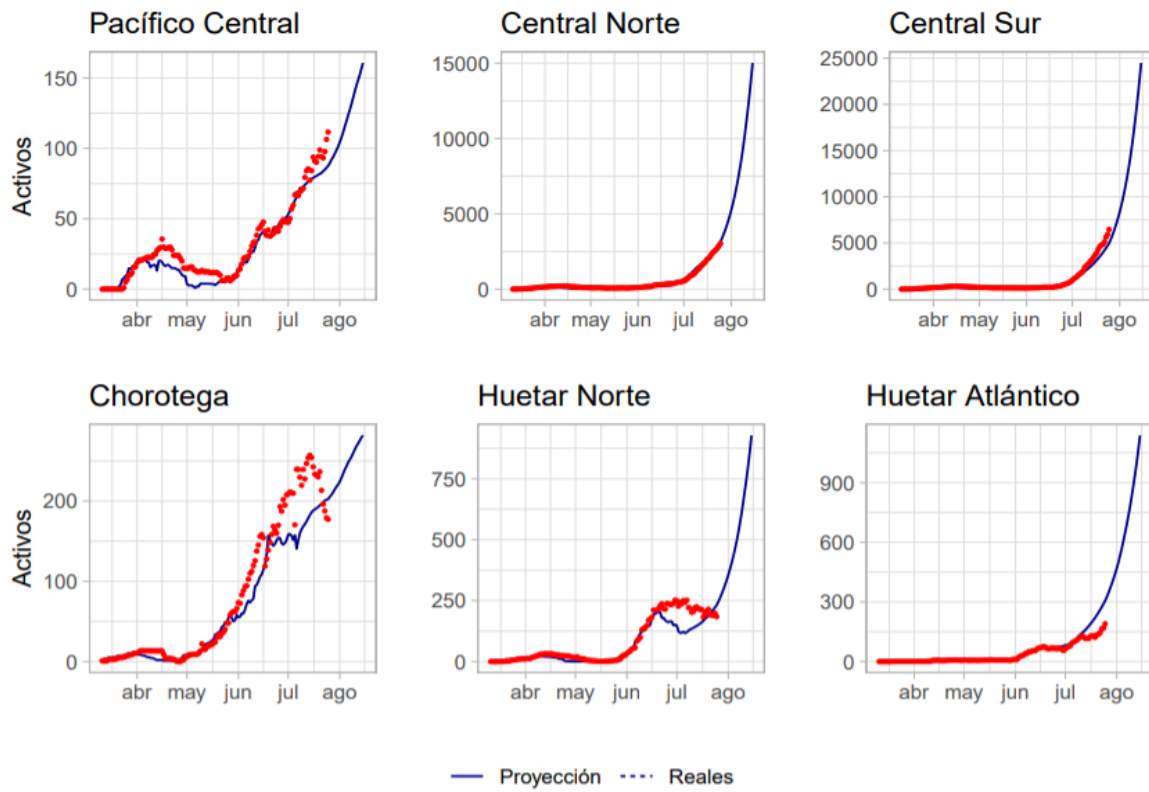


Figura 129. Proyección de hospitalizaciones por área de salud.

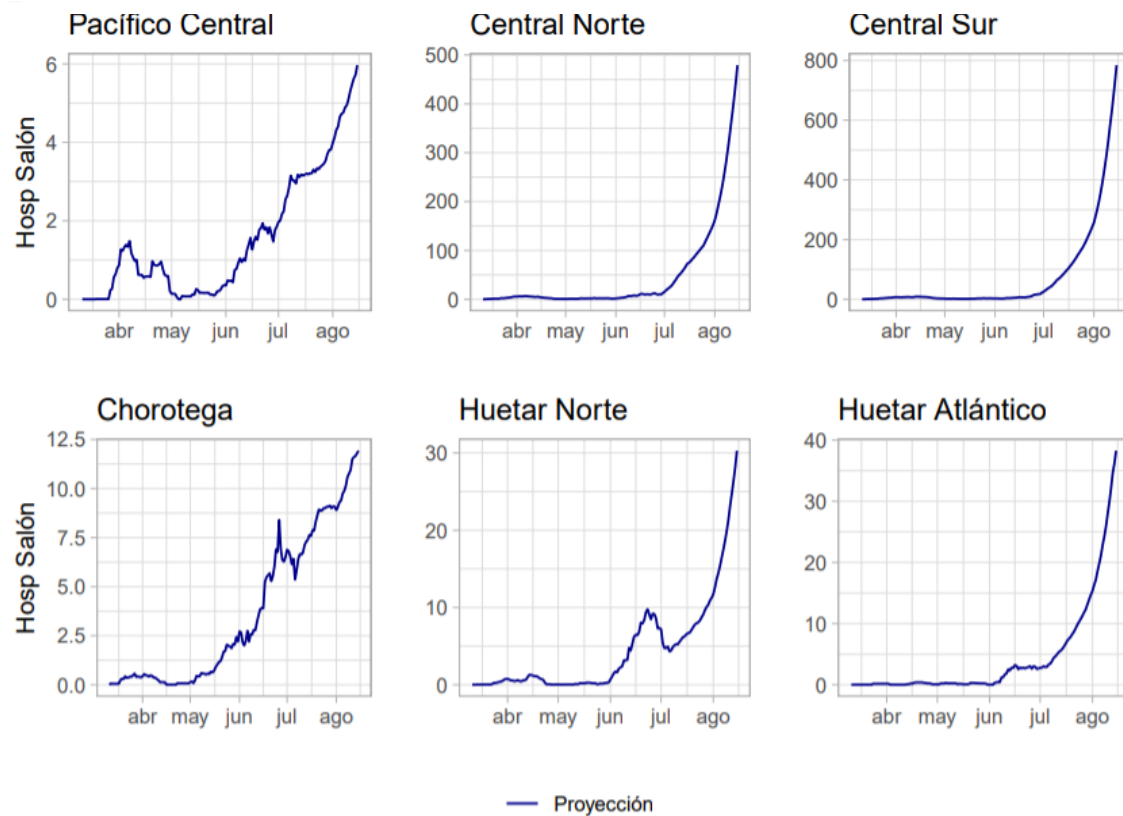




Figura 130. Proyección de ocupación en cuidados intensivos por área de salud.

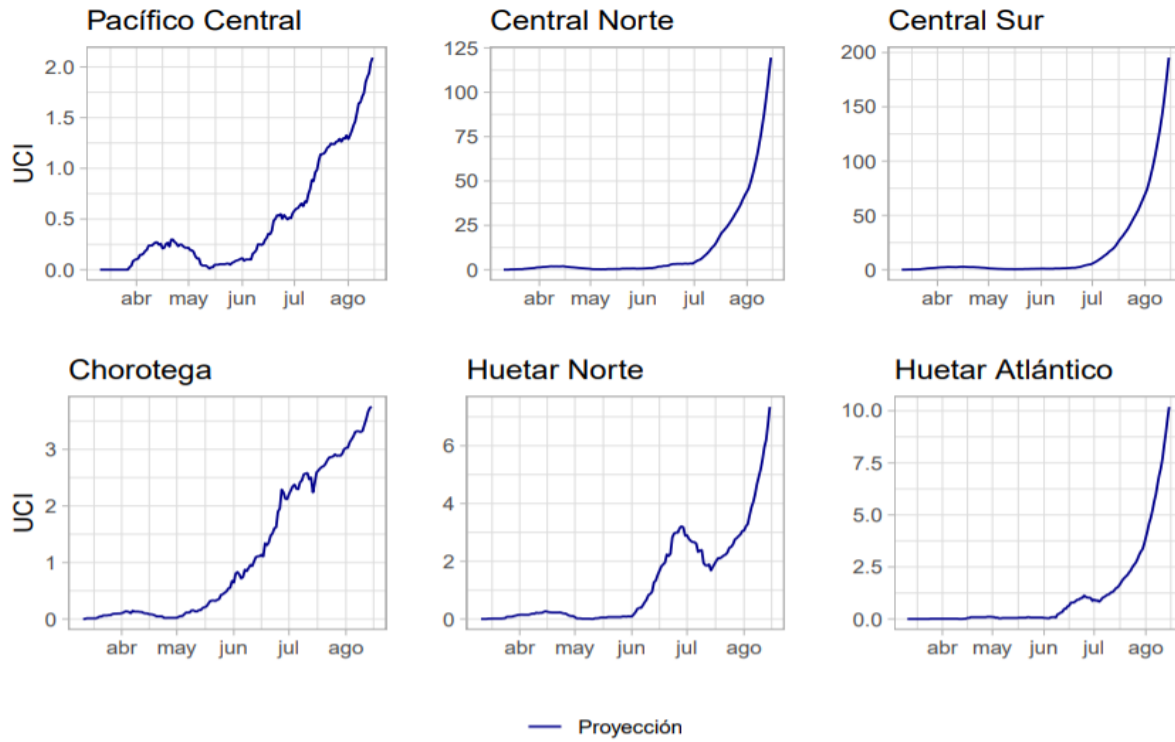


Figura 131. Proyección de fallecimientos por área de salud.

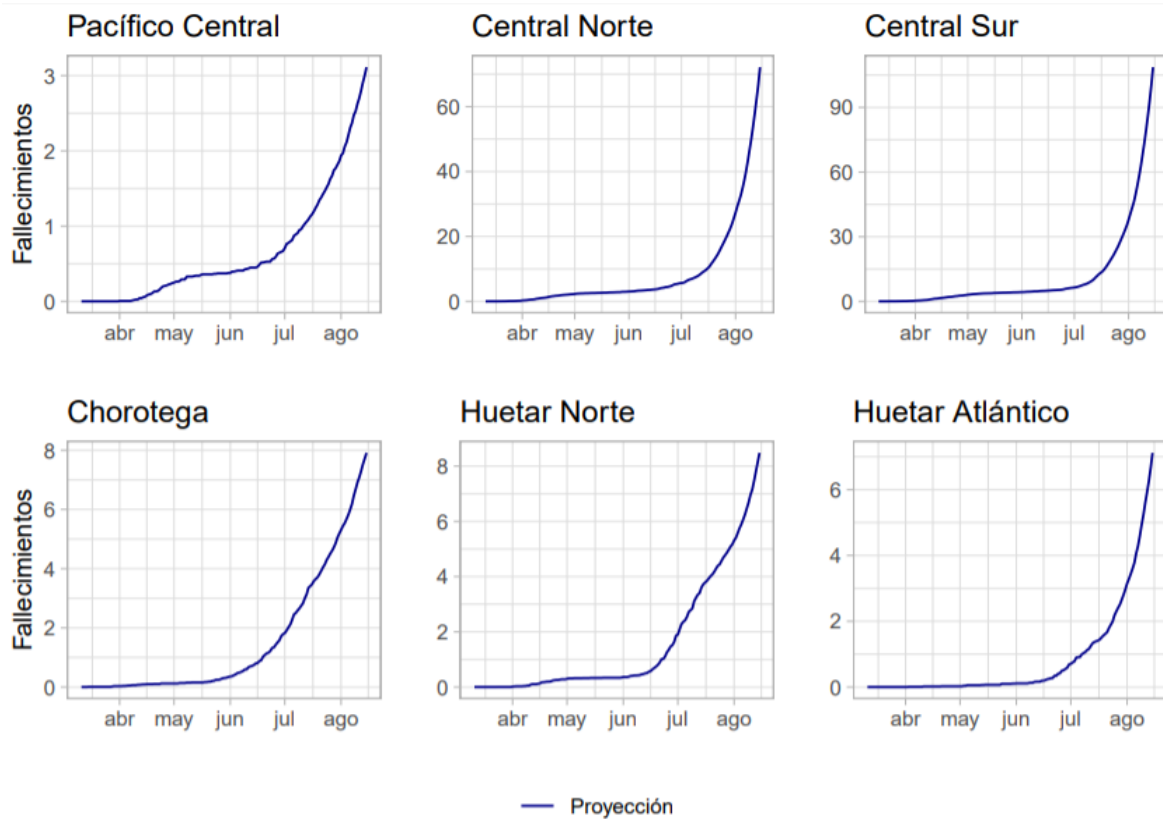
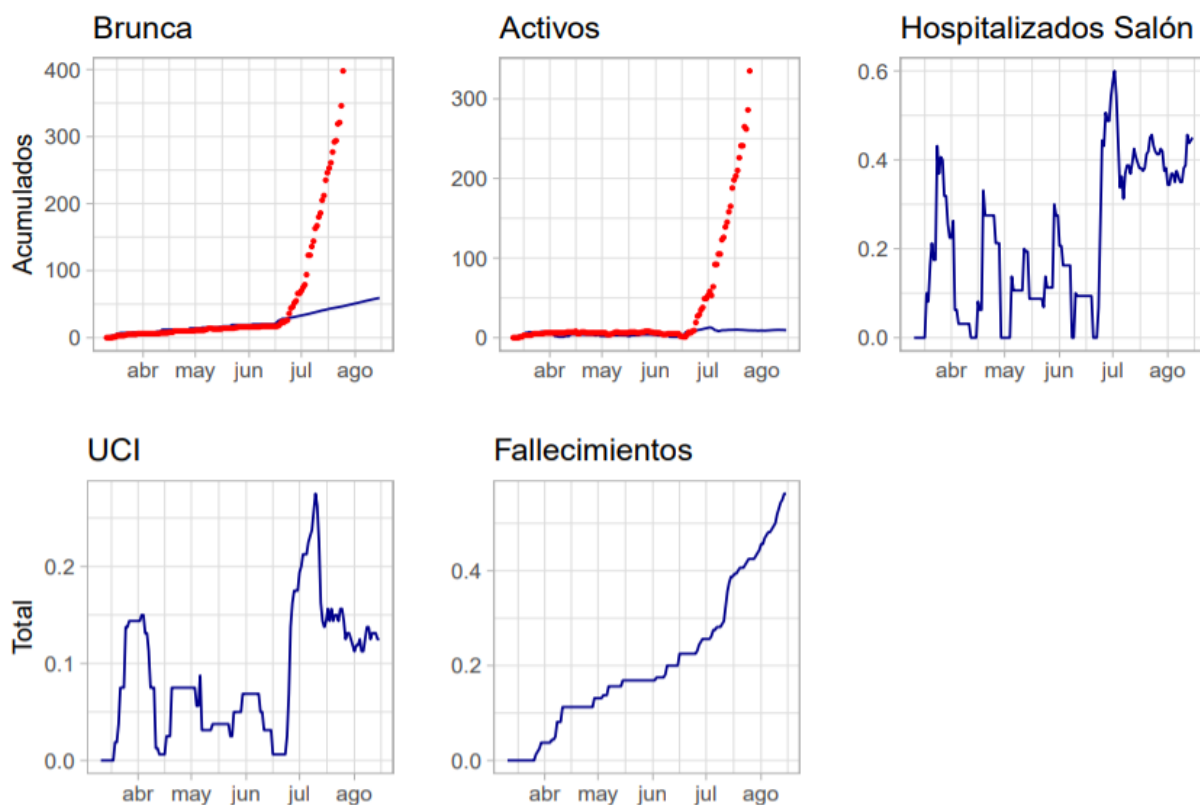




Figura 132. Región Brunca.



Resultados

Las corridas fueron realizadas utilizando la base de nexos epidemiológicos al 23 de junio. A partir de esa fecha, se observa un incremento en el número de casos que aún no es capturado por el modelo en la región Brunca. Una posible explicación es que la base de nexos necesita ser actualizada para incluir el crecimiento que se está observando en esta zona del país. Por otra parte, esta región es fronteriza, por lo que muchos casos pueden ser importados y no es posible que el modelo los capture por la estructura de este, en la que solo se contempla la matriz de movilidad y conexiones dentro del país.

Cerrado
Temporalmente
por COVID 19

Abierto
Bienvenidos

AGOSTO

2020



Agosto 2020

Contexto país

Implementación de la Danza y el Martillo

A seis meses de haberse confirmado el primer caso positivo por COVID-19 en Costa Rica, el país se encontraba en un contexto epidemiológico de transmisión comunitaria con una clara tendencia al aumento de los casos e impacto en los servicios hospitalarios. El ciclo lectivo permanecía sin reanudarse presencialmente, se continuaba con restricciones a la restricción vehicular, todas las actividades de concentración masiva permanecían suspendidas (56). A su vez, en búsqueda de balancear el efecto que la pandemia ejercía sobre la economía del país, las autoridades sanitarias continuaban con la estrecha vigilancia de los cantones a nivel nacional que permitían una estratificación por zonas de alerta y así poder implementar medidas diferenciadas.

A partir del 1 de agosto 2020, se inició una estrategia que involucraba de forma alternante periodos de apertura y cierre (danza y martillo) en lo que correspondía a funcionamiento de locales y circulación vehicular. Esta estrategia se implementó en aquellos cantones que se encontraban en alerta naranja, y contempló 9 días de apertura y 12 días de cierre, como se muestra en la Imagen 3. Por otro lado, los cantones en alerta amarilla se mantuvieron con las medidas correspondientes a la cuarta fase de apertura. En agosto inicia, también, la llegada al país de vuelos comerciales internacionales procedentes de la Unión Europea y para el 15 de agosto, se elimina el requisito de aislamiento por 14 días para costarricenses y residentes que regresaban por vía aérea siempre que presentara una prueba PCR negativa (12).

Figura 133. Cronograma correspondiente a la fase de apertura y cierre, agosto 2020.



Fases de apertura y de cierre, agosto 2020



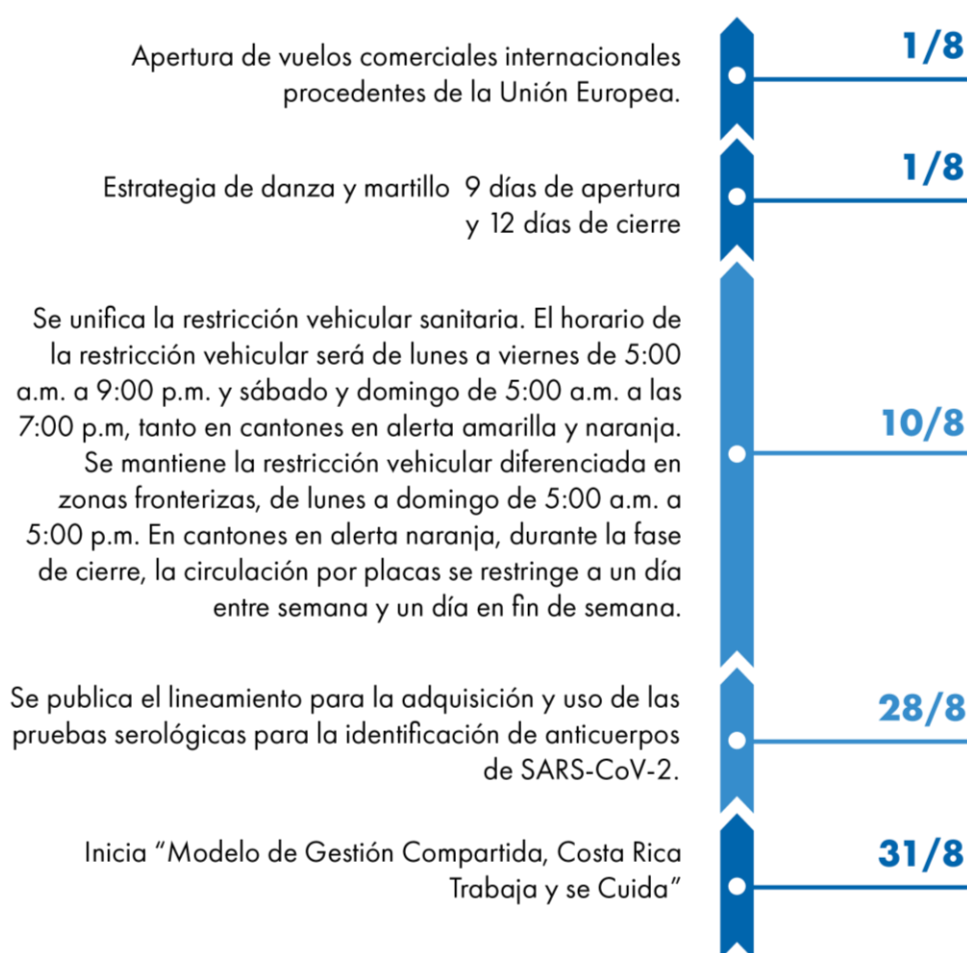
Fuente: Ministerio de Salud, 2020



A su vez, en búsqueda de una apertura de actividades cada vez más segura, el 6 de agosto se brinda a los gobiernos locales la Guía para la continuidad del servicio de las municipalidades por la pandemia COVID-19, la cual contenía recomendaciones correspondientes a las medidas de higiene, uso de protección personal, manejo de aforos y pasos a seguir ante la confirmación de casos positivos entre los funcionarios.

Para el 10 de agosto, y producto de un extenso proceso de diálogo y de análisis para encontrar un balance entre salud y reactivación económica, se llegó a la decisión de unificar la restricción vehicular sanitaria a un horario de 5:00 a.m. a 9:00 p.m. de lunes a viernes y de 5:00 a.m. a 7:00 p.m. sábado y domingo en cantones en alerta amarilla y naranja, manteniendo la restricción vehicular diferenciada en zonas fronterizas, de lunes a domingo de 5:00 a.m. a 5:00 p.m. La **Figura 134**, muestra las principales medidas sanitarias implementadas en agosto.

Figura 134. Principales medidas sanitarias implementadas en agosto 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud.



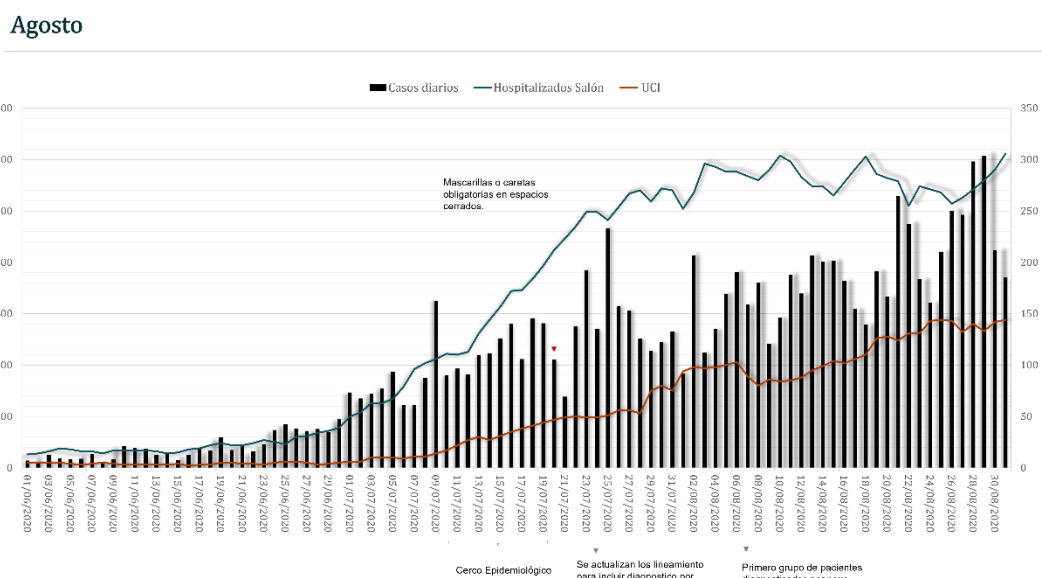
Es importante mencionar que, durante las últimas semanas del mes de agosto, el país enfrentó los embates de fuertes lluvias que afectaron principalmente la región Pacífica del país, lo que llevó a la movilización de más de 800 personas en 27 albergues habilitados principalmente en la provincia de Guanacaste. La movilización de las personas a los albergues requirió de una importante logística liderada por la Comisión Nacional de Emergencias, quien instaló tres tipos de albergues para casos positivos, sospechosos y personas que no habían tenido contacto conocido con personas infectadas.

Situación epidemiológica

En lo que respecta a la condición epidemiológica, al 31 de agosto el país reportaba una tasa de incidencia acumulada de 799.7 casos por cada 100 mil habitantes. Esto representó un incremento de 23 467 casos respecto al mes anterior para llegar a un total de 41 287 casos confirmados. De la totalidad de casos reportados en agosto, 3779 fueron diagnosticados por nexo epidemiológico, reporte que se inició a realizar a partir del 2 de agosto.

Los diagnósticos por nexo representaron el 16.3% de los casos reportados. A finales de agosto, el país reportaba 436 fallecimientos relacionados con COVID-19, para una tasa de mortalidad del 1.1%.

Figura 135. Situación epidemiológica COVID-19 al 31 de agosto del 2020



Fuente: Ministerio de Salud

Tabla 29.. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de agosto del 2020

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de junio 2020	
Acumulados	3459
Recuperados	1436
Hospitalizados en salón	39
Hospitalizados UCI	5
Fallecimientos	16

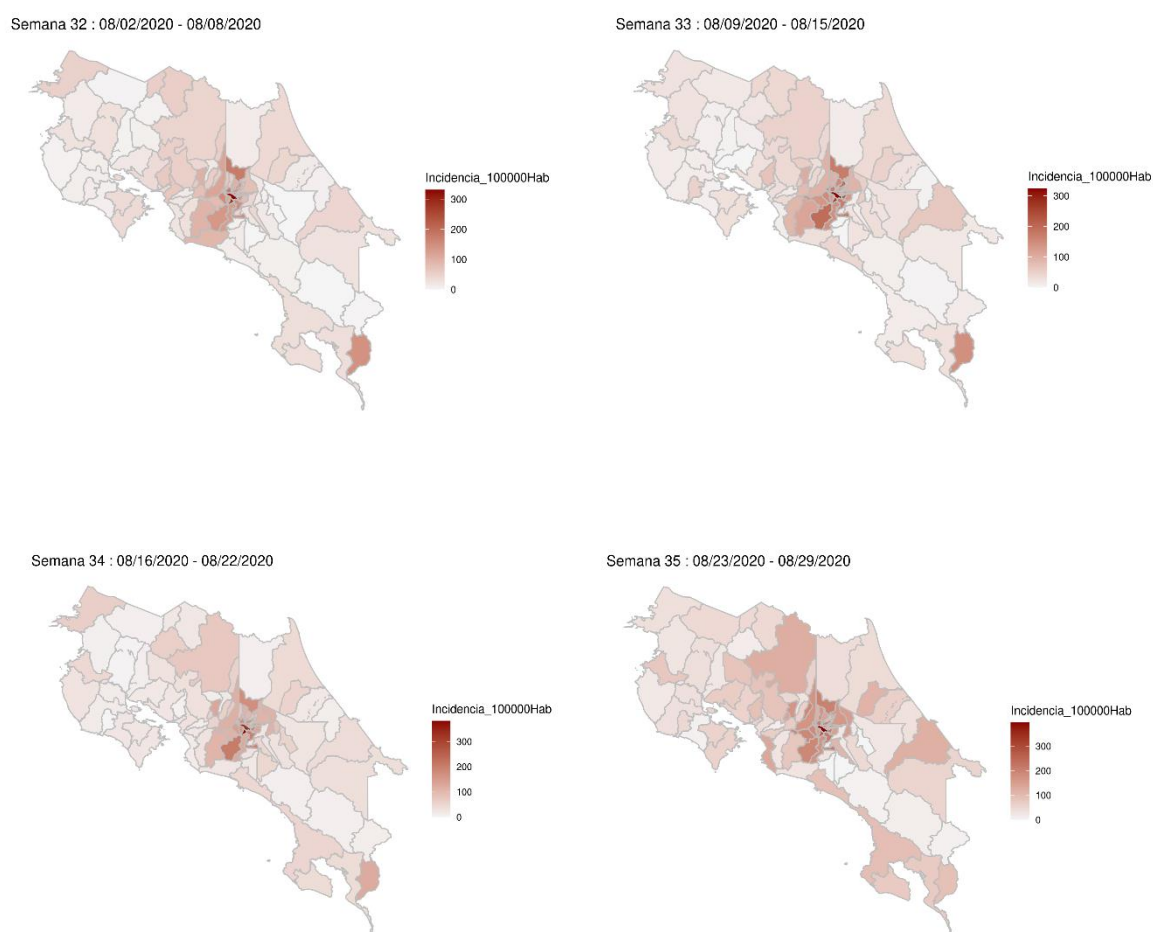
Fuente: Ministerio de Salud



En vista de la alta ocupación hospitalaria, el 27 de agosto se habilita la tercera fase de expansión, con la que se ponen en funcionamiento 64 camas más para la atención de pacientes COVID-19, las cuales estarían ubicada en la Torre Este del Hospital Calderón Guardia. En cuanto a las pruebas diagnósticas, el 28 de agosto se anuncia el aval del uso de pruebas serológicas para la identificación de anticuerpos del SARS-CoV-2 y se inicia la regionalización de laboratorios para analizar pruebas COVID-19.

Al 31 de agosto, se reportaban casos positivos en los 82 cantones que existían en ese momento en las siete provincias.

Figura 136. Distribución cantonal de los casos COVID- 19 en Costa Rica al 31 de agosto 2020



Fuente de datos: Ministerio de Salud



Modelos matemáticos



Modelo de Redes

En el diseño de escenarios se intenta capturar los cambios en el comportamiento social a través de dos parámetros denominados uso de proyección personal y distanciamiento social. Además de los supuestos que se hacen en cuanto a las conexiones en las redes de contacto.

La **Figura 137** presenta una breve explicación de los diferentes parámetros incorporados en el modelo a través de los cuales se intenta simular el comportamiento social cuando se implementan diferentes medidas sanitarias.

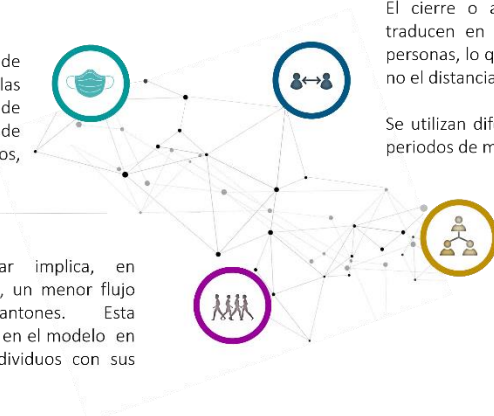
Figura 137. Parámetros destacados en el modelo.

Uso de protección personal

Se considera que un 50% de la población sigue las recomendaciones de protección personal, uso de mascarilla, lavado de manos, entre otros.

Movilidad

La restricción vehicular implica, en términos de modelación, un menor flujo de personas entre cantones. Esta movilidad se ve reflejada en el modelo en la interacción de un individuos con sus redes de contacto.



Danza



Las personas pueden moverse entre cantones fácilmente.



Distanciamiento Social

El cierre o apertura de establecimientos y restricciones vehiculares se traducen en términos de modelación en mayor o menor circulación de personas, lo que permite que los individuos mantengan con mayor facilidad o no el distanciamiento social.

Se utilizan diferentes porcentajes de distanciamiento social para simular los periodos de martillo y danza.

Redes de Contacto

Dependiendo de la densidad poblacional cantonal, un individuo tiene mayor o menor número de contacto en su red. De manera aleatoria cada día un individuo entra en contacto con un número de personas dentro de rangos establecidos.

En los periodos de cierre (martillo), estas conexiones se reducen a individuos que se encuentran en lugares con el mismo estado de alerta.

Martillo

Las interacciones de los individuos se restringen a los contactos dentro del mismo cantón (en los cantones naranja).



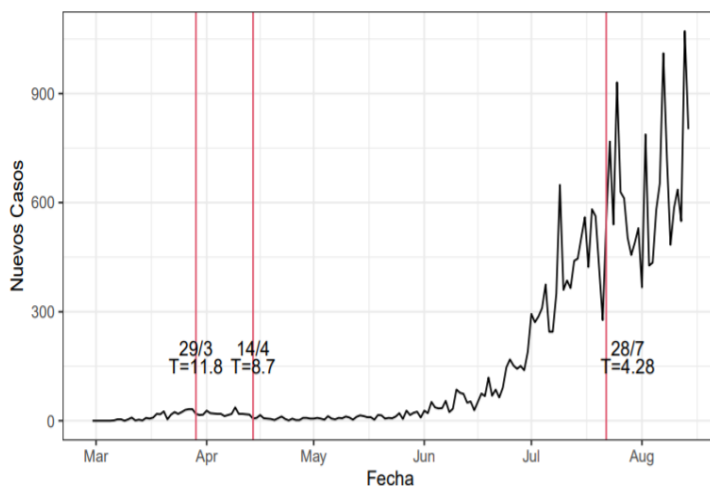
En respuesta a la pandemia por COVID-19, países a nivel mundial han buscado controlar la transmisión del virus SARS-CoV-2 restringiendo el movimiento de la población mediante intervenciones de distanciamiento físico, reduciendo así el número de contactos. Algunas medidas implementadas alrededor del mundo han consistido en restricción de movilidad entre ciudades, vuelos comerciales y restricciones vehiculares (31; 57; 58; 59; 59; 60) Una pregunta que surgió, por parte de las autoridades de salud, fue sobre el impacto de las medidas sanitarias implementadas en el país en la reducción de casos. Buscando dar respuesta a este interrogante, se plantea un análisis retrospectivo, el cual se describe brevemente a continuación y fue complementado y publicado posteriormente.



Análisis retrospectivo COVID-19 en Costa Rica

El principal objetivo de este análisis es encontrar algún tipo de asociación entre las medidas tomadas por parte de las autoridades de salud y el comportamiento de las series históricas de casos nuevos por día. Para este análisis, se toma la serie de casos nuevos de COVID-19 desde el 6 de marzo de 2020 hasta la primera semana de agosto 2020.

Figura 138. Serie de tiempo de casos nuevos por día de COVID-19 en Costa Rica.



Con el fin de determinar cuáles puntos en el tiempo tuvieron un cambio significativo en el número de casos diagnosticados (level shift), se ajustaron secuencialmente modelos de series de tiempo y se determinaron los cambios de nivel usando la metodología de (Chen y Liu, 1993) (53). Los únicos cambios de nivel que se consideraron fueron aquellos en donde hubo un decrecimiento significativo en la serie histórica. En este caso, solamente en tres puntos en el tiempo se logró encontrar una disminución significativa en el nivel de casos nuevos: (29/3, 14/4,

28/7).

Las series de cambios en los patrones de movilidad (Community Mobility Reports) calculadas por Google a nivel país se usan como indicadores del comportamiento de la población. Las seis series disponibles se promedian para sintetizar la información en un único indicador.

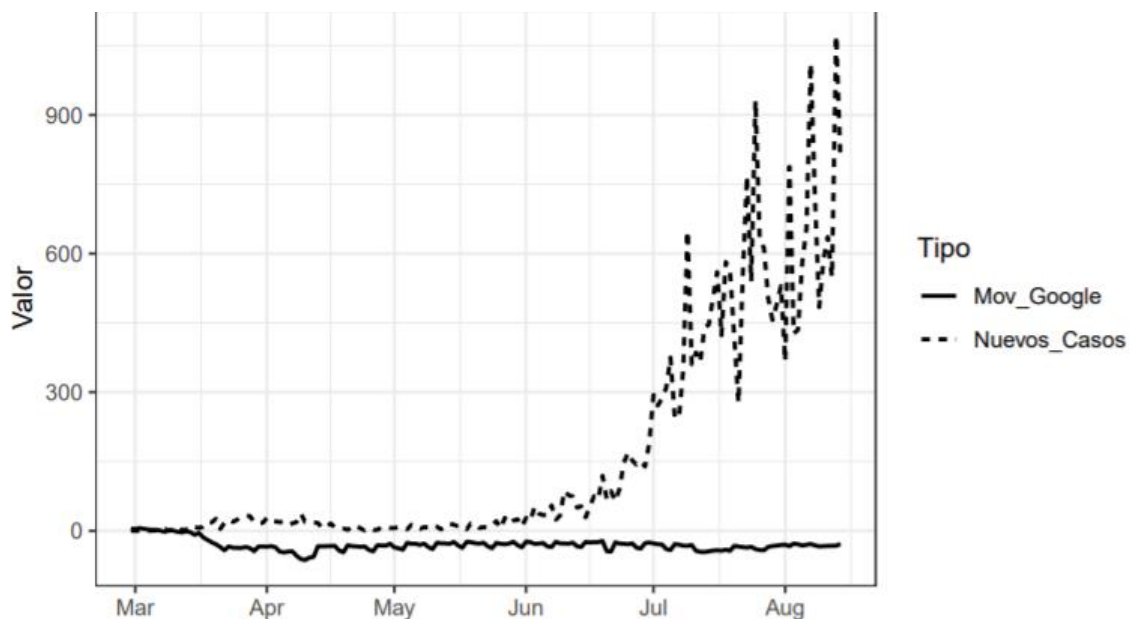
Figura 139. Patrones de movilidad de Google para Costa Rica.



Fuente: Google. Informe de movilidad de las comunidades ante el COVID-19. Costa Rica 21 de julio 2020. <https://www.google.com/covid19/mobility/>



Figura 140. Comparación entre los casos nuevos por día y los patrones de movilidad.



Tras analizar la correlación cruzada entre ambas series a través de técnicas de regresión, se logra encontrar rezagos significativos a los 10 y 18 días entre el comportamiento de movilidad observado en la población y el número de nuevos casos. Sin embargo, para definir con mayor precisión dicho rezago, se hace necesario tomar otras fuentes de información.

Una vez determinado un periodo de rezago, se asocian las fechas de cambio significativo a la baja en el número de casos con el conjunto de medidas tomadas.

- **Las medidas asociadas con la fecha 29/03 son:**

Teletrabajo en sector público	Teletrabajo	3/10/2020	Vigente
Cierre preventivo en escuelas de riesgo	Cierre de establecimientos	3/12/2020	Vigente
Reducción del 50% de la capacidad aprobada para espacios de reunión pública	Disminución de aforo	3/12/2020	Vigente
Suspensión de viajes al extranjero para empleados públicos	Movilidad	3/12/2020	Vigente
Cierre total de bares, discotecas, casinos y el Parque Nacional de Diversiones	Cierre de establecimientos	3/15/2020	Vigente
Declaratoria Estado de Emergencia Nacional	Declaratorias	3/16/2020	Vigente
Se suspenden lecciones en todos los centros educativos públicos y privados del país	Cierre de establecimientos	3/17/2020	Vigente

Es importante tener en cuenta que durante este periodo se tomaron varias medidas sanitarias en simultáneo, por lo que el resultado observado es un efecto agregado de todas ellas.



- **Las medidas asociadas con la fecha 14/04 son:**

Ampliación de Restricción vehicular sanitaria a partir de las 8:00 p.m. fines de semana (Medida aplica de viernes a lunes hasta las 5:00 a.m.)	Movilidad	3/28/2020	3/29/2020
Cierre de todos los establecimientos que tengan permiso sanitario de funcionamiento y atiendan al público a partir de las 8:00 p.m. y por los fines de semana (viernes, sábado y domingo), quedando como excepción los envíos de alimentos y medicamentos	Cierre de Establecimientos	3/28/2020	3/29/2020

- **Las medidas tomadas con la fecha 28/07 están relacionadas con el cerco epidemiológico del GAM del 11 al 19 de julio:**

Los fines de semana (sábado 11 y domingo 12, sábado 18 y domingo 19 de julio) registró en todo el país una restricción vehicular de 5:00 a.m. a 5:00 p.m. para acceso a los establecimientos autorizados por el Ministerio de Salud según el tipo de alerta amarilla o naranja.	Movilidad	7/11/2020	7/19/2020
Se aplica restricción vehicular total y cierre de establecimientos de manera total por cinco días, del lunes 13 al viernes 17 de julio, a todos los cantones en alerta naranja, tanto dentro como fuera de la GAM	Movilidad y cierre de establecimientos	7/11/2020	7/19/2020

Resultado

Tanto en este análisis retrospectivo como en las proyecciones del modelo de redes, las medidas sanitarias que involucran una disminución en la movilidad de personas han demostrado tener un efecto en la reducción de número de casos.



Publicación

Estos resultados fueron complementados con otra serie de análisis y posteriormente publicados.

Barboza LA, Vásquez P, Mery G, Sanchez F, García YE, Calvo JG, Rivas T, Pérez MD, Salas D. The Role of Mobility and Sanitary Measures on the Delay of Community Transmission of COVID-19 in Costa Rica. *Epidemiologia*. 2021 Sep; 2(3):294-304.



Proyecciones

Agosto 3, 2020

En esta nueva etapa de la pandemia se planea implementar medidas durante el mes de agosto que contemplan periodos de cierre y apertura. En la literatura, el término designado a este tipo de estrategias es danza, para los periodos de apertura y martillo para los periodos de cierre. Las medidas implementadas en los periodos de martillo consisten en cerrar comercios y restringir la movilidad en los cantones que se encuentran en alerta naranja.

Principales supuestos y parámetros

- Los escenarios implementados contemplan fases de apertura y cierre durante los meses de agosto, septiembre y principios de octubre.
- Los cantones en alerta naranja irán cambiando en cada periodo (danza y martillo). Para capturar estos cambios, se propone utilizar la razón de riesgo cantonal. Este cálculo se hace tomando en cuenta los casos proyectados de las últimas tres semanas epidemiológicas.

$$\text{Razón de Riesgo Cantonal} = \frac{\frac{\text{Casos nuevos últimas 3 semanas cantón}}{\text{Población cantón}}}{\frac{\text{Casos nuevos últimas 3 semanas país}}{\text{Población país}}}$$

Cada vez que se hace el cambio de danza a martillo, se calcula este indicador para todos los cantones teniendo en cuenta el número de casos proyectados en las últimas tres semanas epidemiológicas. Si el valor es mayor a 1, el cantón pasaría a ser naranja. Los cantones en alerta naranja que están en el GAM o son fronterizos se mantienen con la misma alerta, el indicador se usa solamente para subir de amarillo a naranja.

- Los cantones en alerta amarilla, tanto en danza como en martillo, mantienen un porcentaje de distanciamiento social del 50%. En los cantones con alerta naranja, se utiliza un porcentaje de distanciamiento social igual al 50% en los periodos de apertura y, durante el periodo de martillo, del 70%.
- La restricción de la movilidad de personas se simuló considerando dos supuestos: el primero, relacionado con los porcentajes de individuos que contribuyeron a nuevas infecciones (parámetro de distanciamiento social (DS)) y el segundo, restringiendo la interacción entre los nodos. Se asume que los individuos que se encuentran en cantones con alerta naranja solo tendrán contacto con otros individuos en el mismo cantón.



Tabla 30. Parámetros utilizados en las simulaciones.

Parámetro	Valor
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	8%
Porcentaje de personas hospitalizadas que requieren UCI	18%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas (diagnosticado y no diagnosticado)	7 días
Promedio de días en que una persona permanece en hospitalización antes de pasar a UCI	4 días
Días promedio que una persona permanece en UCI	18,1 días
Días promedio que una persona permanece en salón	10,2 días
Porcentaje de mortalidad en salón	5%
Porcentaje de mortalidad en UCI	60%
Porcentaje de mortalidad fuera de hospitalización	0,08%
Días promedio para recuperación	17
Porcentaje de pacientes diagnosticados	75%
Porcentaje de pacientes no diagnosticado	25%
Número de camas disponibles en UCI	Primer umbral: 67 Segundo umbral: 159
Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Tasa de transmisión	0,21
Periodo de incubación	5 días



Primer grupo de escenarios

Se diseñan dos escenarios considerando diferentes valores para el parámetro de distanciamiento con el fin de simular intervenciones más o menos restrictivas, con diferente periodo de cierre, según la restricción del cantón.

- Medidas Restrictivas 1.** En este escenario, las medidas de martillo se aplican a todo el país por 12 días (distanciamiento social del 70% y movilidad restringida entre cantones tanto amarillos como naranja).
- Medidas Restrictivas 2.** En este escenario las medidas de martillo se aplican por **seis días**, en los **cantones amarillos**, y por **12 días** en los **cantones naranja**. El martillo empezaría el mismo día para ambos, pero se levantaría a los seis días para los cantones en amarillo.



Periodos en danza

- 1-9 de agosto
- 22-30 de agosto
- 12-20 de septiembre
- 3-11 de octubre



Periodos en martillo

- 10-21 de agosto
- 31-11 de septiembre
- 21 de septiembre al 2 de octubre



Figura 141. Calendario de los periodos de apertura y cierre considerados en las simulaciones.



En las siguientes proyecciones se muestra: en azul, la tendencia sin restricciones; en magenta, el escenario que considera diferentes días de cierre según la alerta del cantón; y, en amarillo, el escenario que considera un cierre generalizado en todo el país de 12 días.

Figura 142. Proyección acumulados

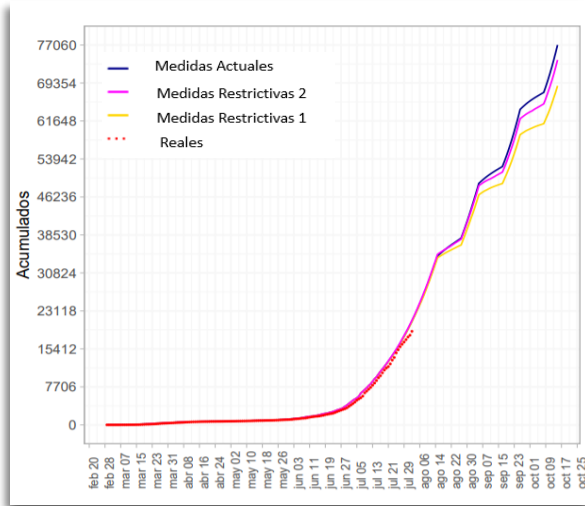


Figura 143. Proyección casos activos

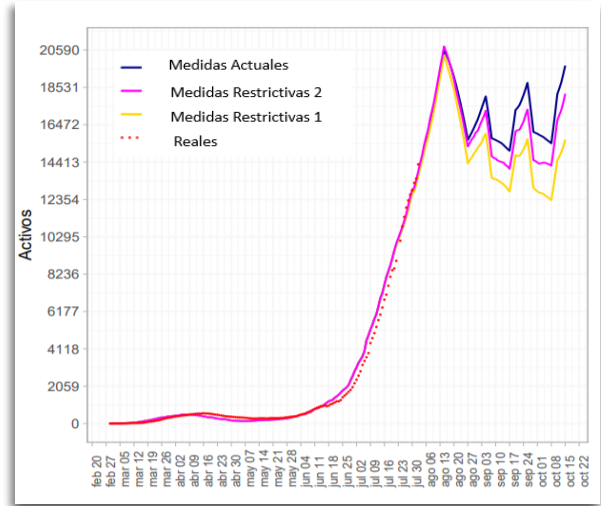


Figura 144. Proyección de hospitalizaciones

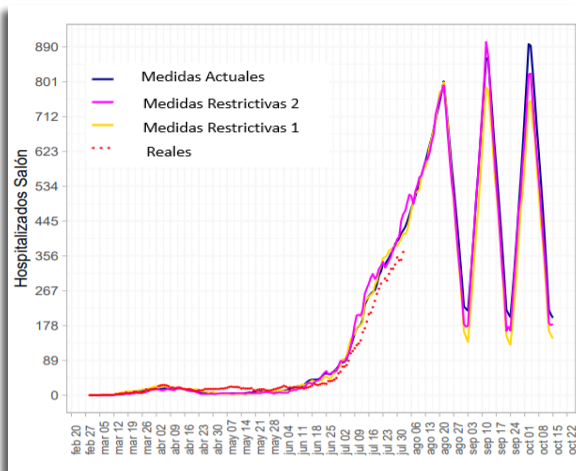


Figura 145. Proyección de ocupación en cuidados intensivos

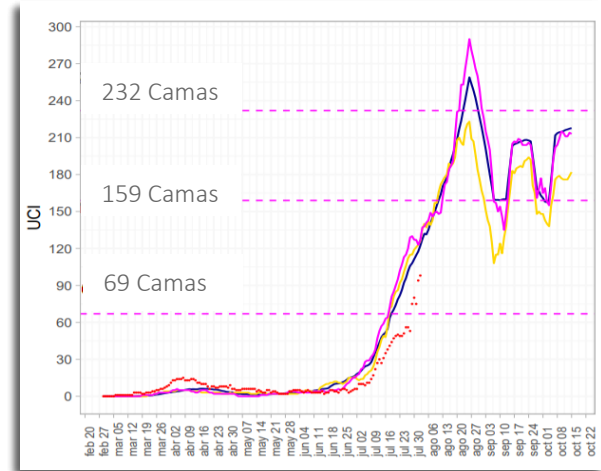
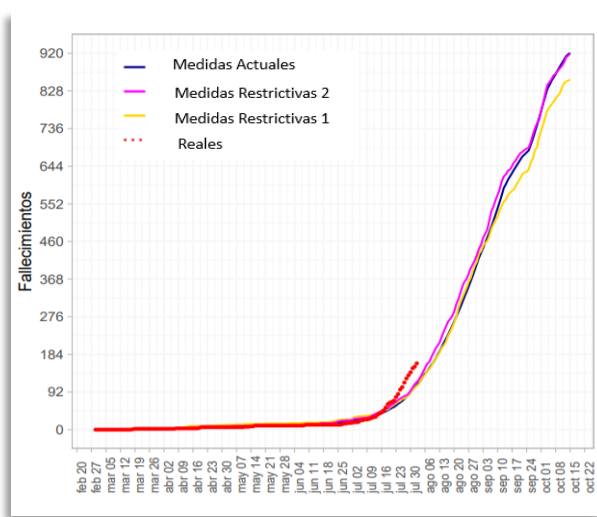




Figura 146. Proyección de fallecimientos



Resultados

Los resultados muestran que un cierre por 12 días en todo el país tendría un mayor efecto en la disminución de casos. Sin embargo, no parece tener un impacto significativo en las hospitalizaciones.

Las disminuciones drásticas en las hospitalizaciones pueden estar relacionadas con el supuesto en la conexión de los nodos durante la fase de cierre, en el cual se considera que solo puede existir interacción con nodos del mismo cantón.



Segundo grupo de escenarios

En este nuevo grupo de escenarios se consideran diferentes periodos de cierre y apertura según la alerta del cantón. La **Tabla 31** resume los supuestos considerados en cada uno de los escenarios. Se incluyen los días de cierre y los valores del parámetro de distanciamiento social. Un mayor valor para este parámetro intenta emular intervenciones más restrictivas. Los cambios en los periodos de cierre y apertura, en cada uno de los escenarios, se empiezan a tomar en cuenta a partir del 10 de agosto.

Tabla 31. Resumen de supuestos.

Cantones		Medida 1 (Medidas Actuales)	Medida 2	Restricción 1	Restricción 2
Amarillo	Danza	DS: 50%	DS: 50%	9 días apertura DS: 50%	15 días apertura DS: 50%
	Martillo	DS: 50%	DS: 50%	12 días cierre DS: 70% y restricción de movilidad	6 días cierre DS: 70% y restricción de movilidad
Naranja	Danza	9 días apertura DS: 50%	5 días apertura DS: 50%	9 días apertura DS: 50%	9 días apertura DS: 50%
	Martillo	12 días cierre DS: 70% y restricción de movilidad	7 días cierre DS: 70% y restricción de movilidad	12 días cierre DS: 70% y restricción de movilidad	12 días cierre DS: 70% y restricción de movilidad

En cada columna se describen los diferentes supuestos en cuanto a días de cierre y apertura y los valores para el parámetro de distanciamiento social (DS).



Figura 147. Proyección de casos acumulados.

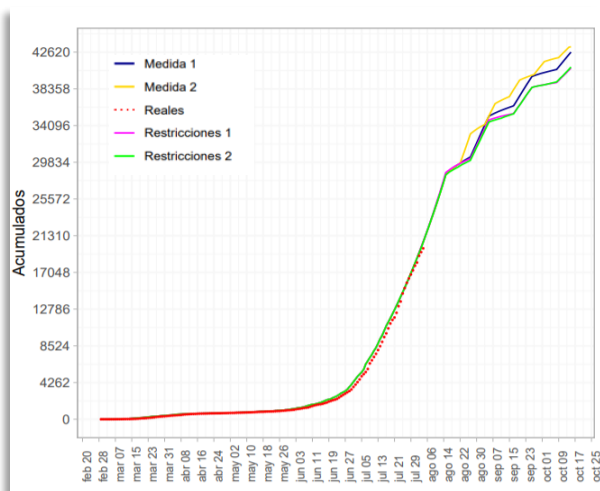


Figura 148. Proyección de hospitalizaciones.

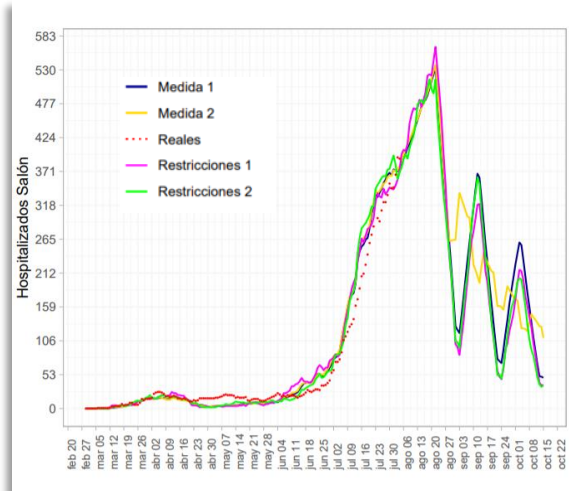


Figura 149. Proyección ocupación de cuidados intensivos.

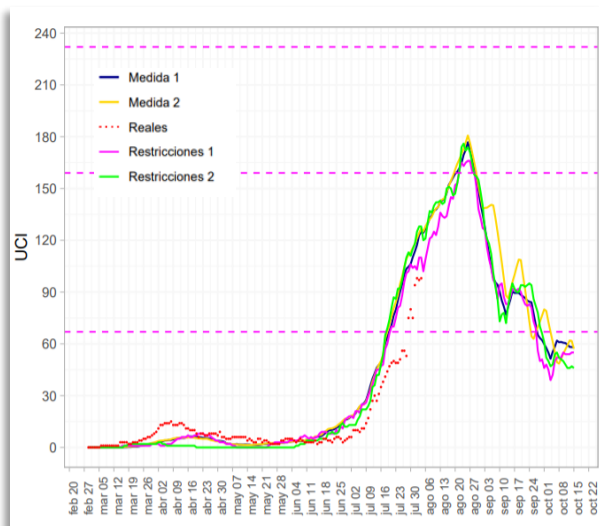
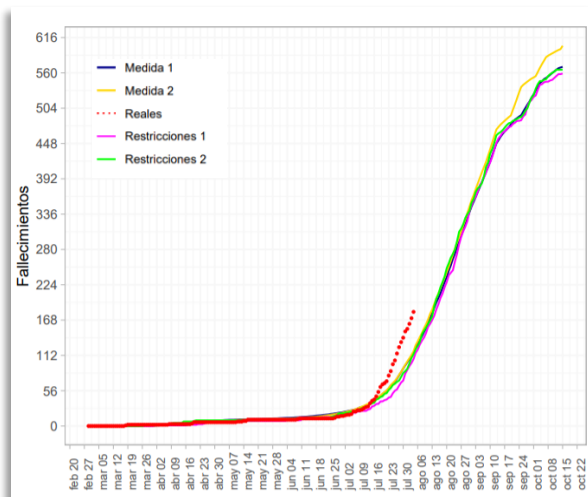


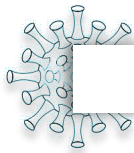
Figura 150. Proyección de fallecimientos.



Resultados

Las simulaciones muestran que realizar cierres estrictos en cantones amarillos o modificar los días de cierre no tiene un impacto significativo en la reducción de casos.

No se observa un impacto significativo al cambiar los días de cierre de 12 a 9 en los cantones naranja, una posible explicación puede ser que la disminución en el número de casos se debe al efecto agregado del cierre y apertura de los cantones naranja más que al número de días que permanezcan con restricción.



Tercer grupo de escenarios

En el segundo grupo de escenarios no se observó un cambio significativo en los resultados al variar los días de cierre y los porcentajes de distanciamiento social en los cantones amarillos. Por lo que se realiza un nuevo grupo de escenarios en los que se consideran la fase de cierre y apertura solo en los cantones naranja. La **Tabla 32** resume los supuestos). En los cantones con alerta amarilla se asume un 50% en el parámetro de distanciamiento social en todo momento.

Tabla 32. Resumen de las hipótesis consideradas en cada uno de los escenarios para los cantones en alerta naranja.

Cantones		Medida 1 (Medidas Actuales)	Medida 2	Medida 3	Medida 4
Naranja	Danza	9 días apertura 50% distanciamiento social	5 días apertura 50% distanciamiento social	7 días apertura 50% distanciamiento social	7 días apertura 50% distanciamiento social
	Martillo	12 días cierre 70% distanciamiento social y restricción de movilidad	7 días cierre 70% distanciamiento social y restricción de movilidad	7 días cierre 70% distanciamiento social y restricción de movilidad	9 días cierre 70% distanciamiento social y restricción de movilidad

En las figuras presentadas a continuación, los números en paréntesis en la leyenda indican los días de apertura y cierre respectivamente.

Figura 151. Proyección de Acumulados.

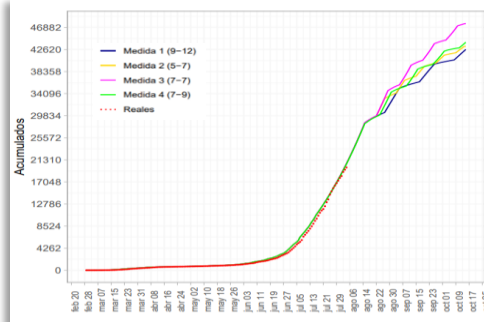


Figura 152. Proyección de hospitalizaciones.

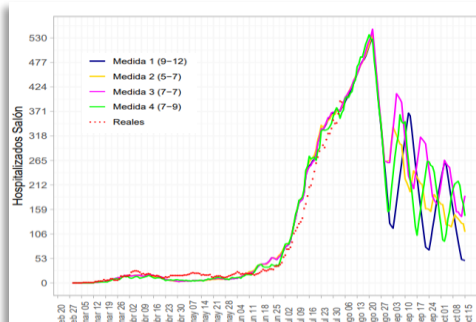


Figura 153. Proyección UCICI.

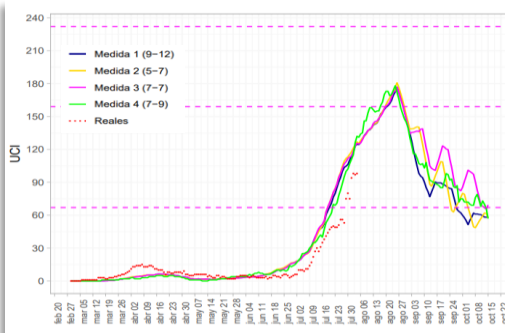
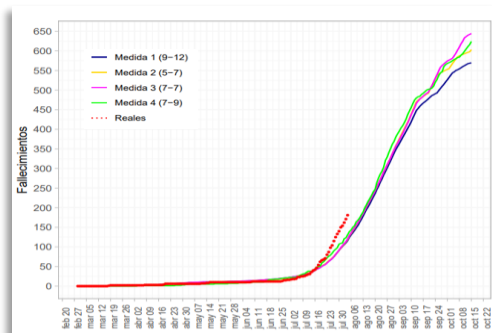
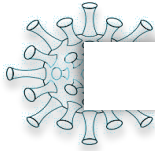


Figura 154. Proyección de fallecimientos.





Cuarto grupo de escenarios

Para capturar el cierre y apertura de establecimientos y la restricción vehicular, durante las fases de danza y martillo, se cambia el parámetro de distanciamiento social, tomando un mayor valor en los periodos de martillo, ya que, con las restricciones, se espera menor circulación de individuos.

Dado que las medidas sanitarias en los periodos martillo son más estrictas para los cantones naranja, se espera que haya menos movilidad de personas entre cantones, por ello, en el modelo las redes los contactos de un individuo se limitan solo a los contactos del mismo cantón naranja.

Tabla 33. Resumen de los supuestos considerados en cada uno de los escenarios. DS = distanciamiento social.

Cantones		Escenario 1 50-70%	Escenario 2a 50-60%	Escenario 2b 50-65%	Escenario 3 45%-55%	Escenario 4 30%-40%
Amarillo	Danza	DS: 50%	DS: 50%	DS: 50%	DS: 45%	DS: 30%
	Martillo	DS: 50%	DS: 50%	DS: 50%	DS: 45%	DS: 30%
Naranja	Danza	<u>9 días</u> apertura DS: 50%	<u>9 días</u> apertura DS: 50%	<u>9 días</u> apertura DS: 50%	<u>9 días</u> apertura DS: 45 %	<u>9 días</u> apertura DS: 30%
	Martillo	<u>12 días cierre</u> DS: 70% y restricción de movilidad	<u>12 días cierre</u> DS: 60% y restricción de movilidad	<u>12 días cierre</u> DS: 65% y restricción de movilidad	<u>12 días cierre</u> DS: 55% y restricción de movilidad	<u>12 días cierre</u> DS: 40% y restricción de movilidad

Figura 155. Proyección de casos acumulados.

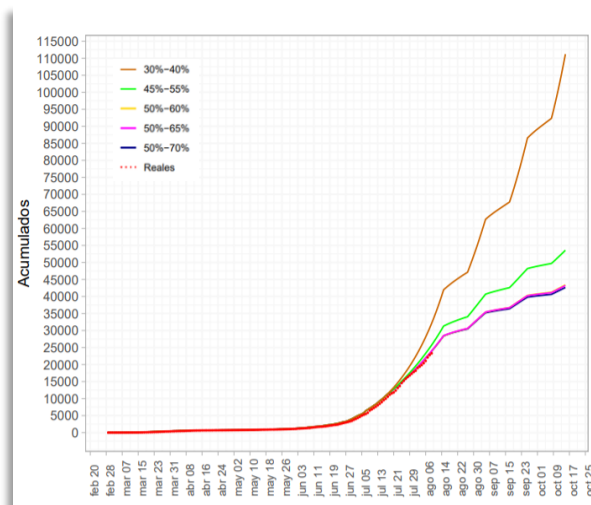


Figura 156. Proyección de hospitalizaciones.

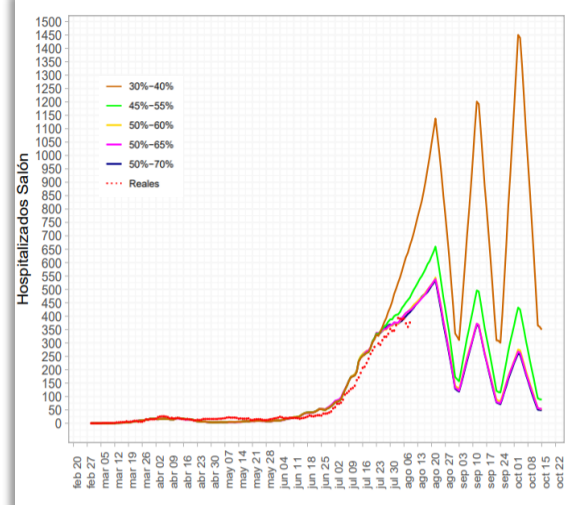




Figura 157. Proyección UCI.

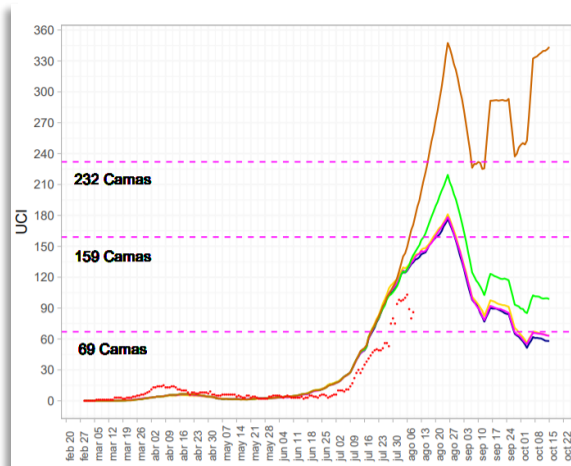
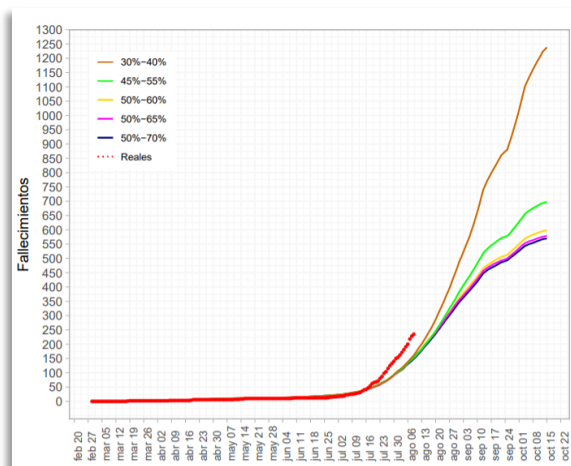


Figura 158. Proyección de fallecimientos.



Los gráficos muestran la comparación entre los diferentes escenarios. Los porcentajes en la leyenda hacen referencia al valor del parámetro de distanciamiento social en los cantones con alerta amarilla y cantones con alerta naranja, respectivamente.

Resultados

Los resultados muestran que la implementación de las tres fases de cierre reduce el aumento de casos exitosamente y las admisiones a UCI se mantienen dentro del umbral de 159 si la movilidad de personas se disminuye en más del 50%.

Es fundamental destacar las implicaciones del análisis en la ocupación hospitalaria. Para julio de 2020, Costa Rica había estado trabajando para aumentar su capacidad de UCI de 67 a 159 camas para COVID-19 y tenía la meta de llegar a 359 para fin de año. El levantamiento de las restricciones después de solo una semana del cerco epidemiológico presentó un escenario de un incremento acelerado en el número de casos y, por tanto, de hospitalizaciones. Los resultados sugirieron que la adopción de una estrategia de danza y martillo podría potencialmente contener un colapso del sistema y ganar un tiempo valioso para que el sistema de atención médica alcanzara su objetivo de 359 camas de UCI. Sin embargo, estas medidas por sí solas no pueden evitar dicho colapso, es necesario reducir la movilidad de la población en más del 55%. Por otra parte, las proyecciones muestran que, si se reduce la movilidad de personas en menos de un 45%, las admisiones a UCI podrían superar el umbral de 359 camas.

Los tres descensos abruptos en la proyección de hospitalizaciones pueden ser consecuencia de los tres períodos de cierre y los supuestos relacionados con la conectividad de los individuos.



Agosto 13, 2020

Comparación de simulaciones sin y con periodos de cierre

Tanto el cierre de establecimientos como la movilidad vehicular se traducen, a nivel de modelación matemática, en una mayor circulación de personas. La forma de capturar esto en el modelo es a través del parámetro de distanciamiento social y la dinámica de las redes de contacto.

Se ha hecho un análisis de este parámetro de distanciamiento social para tener un rango de posibilidades que se ajusten a lo observado en los periodos de cierre (particularmente el de la semana del 11 al 19 de julio) y se ha establecido que los valores que se acercan a la dinámica de estos periodos de cierre son 50% de distanciamiento social en los cantones amarillos y 70% en los cantones naranja.

Para modelar situaciones que representen mayor apertura a la que se tuvo del 11 al 19 de julio se relajan los parámetros de distanciamiento social, teniendo en cuenta que habrá mayor circulación de personas. Por otra parte, considerando las restricciones vehiculares, se espera que la circulación de personas entre cantones disminuya.

Se comparan dos escenarios:

Escenario 1. Sin medidas. Se realiza una corrida del modelo con los parámetros actuales y el nexa epidemiológico hasta el 20 de julio, considerando una mayor apertura del país. Para simular la apertura, se toma el parámetro de distanciamiento social igual a un 40% (tanto en cantones con alerta naranja como en cantones con alerta amarilla). En esta simulación no se considera el cierre que se realizó del 11 al 19 julio ni los periodos martillo.

Escenario 2. Se asume un distanciamiento social del 50% en cantones con alerta amarilla y un 65% en cantones con alerta naranja. Para modelar una mayor apertura en establecimientos, se modificó el parámetro de distanciamiento social en periodos de cierre en cantones naranja a 65% anteriormente era de 70%).

Figura 159. Proyección de casos acumulados.

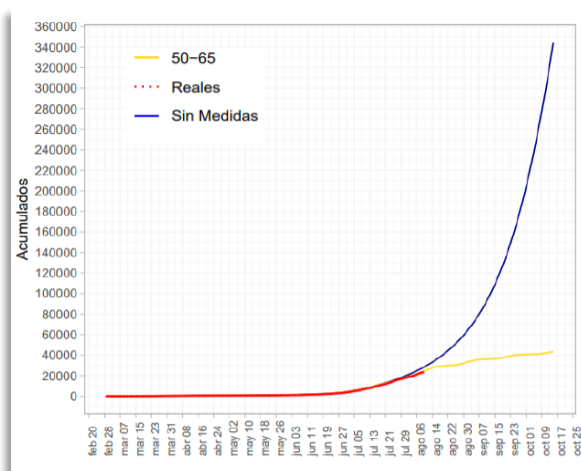


Figura 160. Proyección de hospitalización.

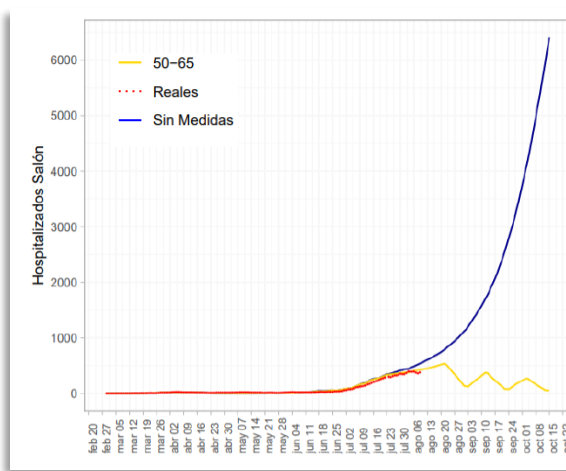




Figura 161. Proyección de la ocupación en UCI.

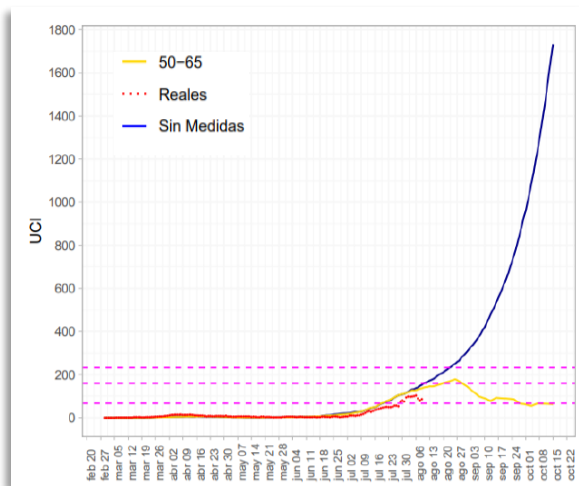
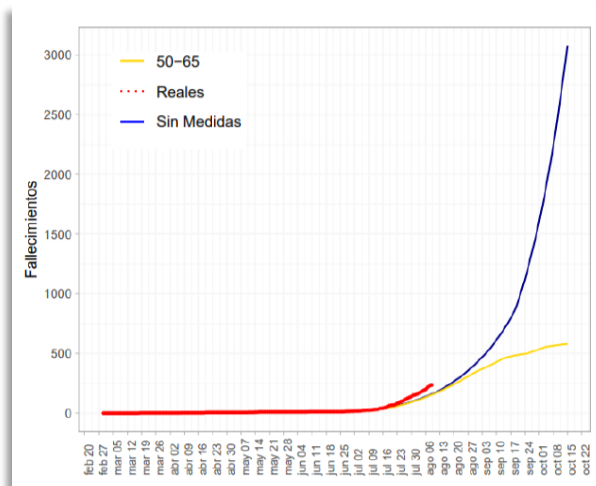


Figura 162. Proyección de los fallecimientos.



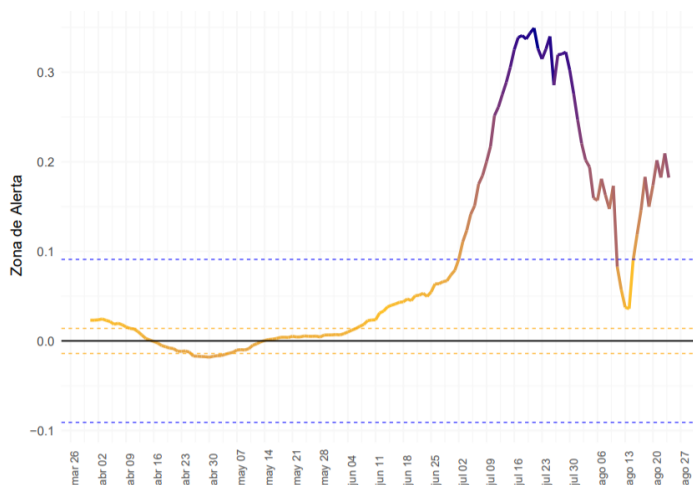
Resultados

Los resultados muestran que, sin los periodos de cierre, el crecimiento de los casos se hubiera dado de forma acelerada y los ingresos a UCI hubieran superado el tercer umbral de camas para mediados de agosto.

Agosto 28, 2020

Indicador de tendencia para los casos nuevos por día

Figura 163. Indicador de tendencia casos nuevos por día.



El comportamiento atípico que se observa a partir del 6 de agosto coincide con el reporte de casos por nexo epidemiológico que se empieza a hacer el 7 de agosto.

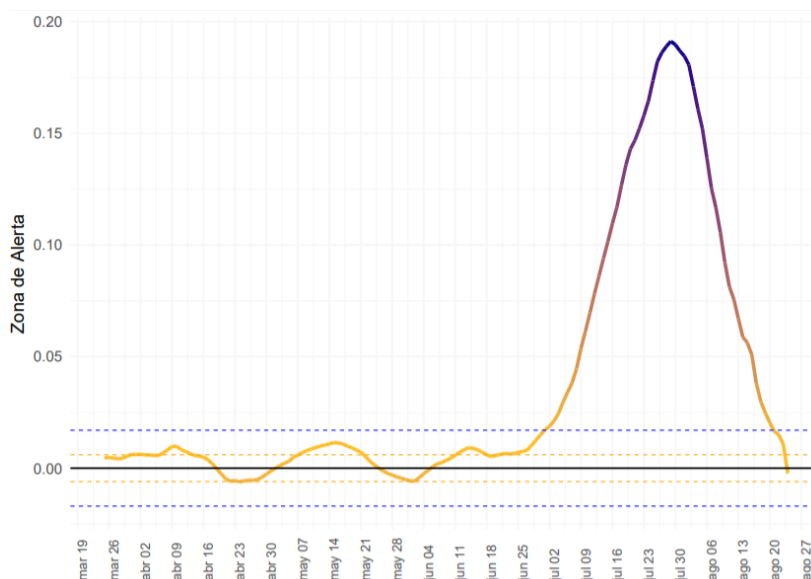
Se hace el promedio sobre 15 días teniendo en cuenta los rezagos encontrados en el análisis retrospectivo.



Indicador de tendencia de casos hospitalizados en salón

La tendencia se ha mantenido al alza, pero a finales de julio esta empieza a perder fuerza y el aumento en hospitalizaciones comienza a desacelerar hasta la fecha, lo que concuerda con la disminución de personas hospitalizadas recientemente.

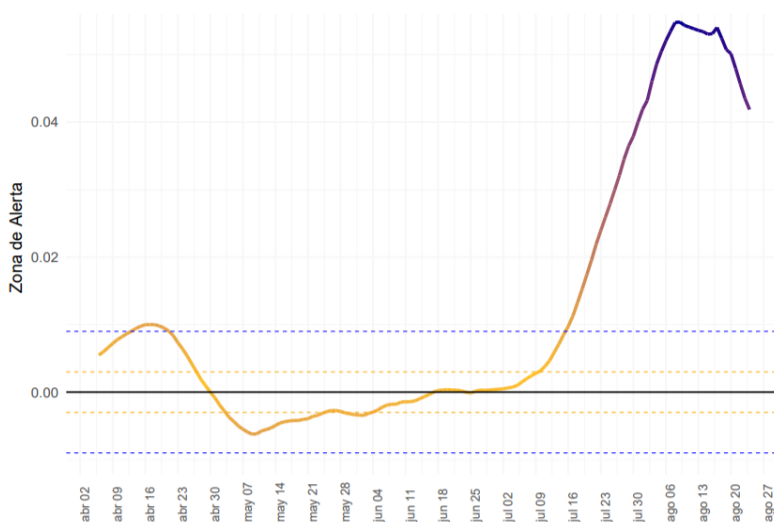
Figura 164. Indicador de tendencia hospitalización.



Indicador de tendencia de casos hospitalizados en UCI

Se toma un promedio móvil de 18 días teniendo en cuenta los periodos de estancia en UCI. Como el indicador es positivo, la tendencia sigue al alza, pero con menos fuerza a partir de la primera semana de agosto.

Figura 165. Indicador de tendencia UCI.





SEPTIEMBRE

2020



Septiembre 2020

Contexto país

Costa Rica inicia modelo de gestión compartida

Durante el mes de septiembre, en una constante búsqueda de medidas que permitieran mantener un equilibrio entre las condiciones sanitarias y socioeconómicas, el país inició el Modelo de Gestión Compartida “COSTA RICA TRABAJA Y SE CUIDA”.

Este modelo de gestión se desarrolló con el propósito de promover esfuerzos desde los gobiernos locales, en la articulación con actores nacionales, regionales, cantonales, distritales y comunitarios en sus formas de organización pública y privada, en la promoción, comunicación, autorregulación, control y supervisión de la aplicación de los protocolos y lineamientos de prevención de contagio por COVID-19, en cada uno de los territorios, y dentro de la estructura de organización del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR) (61)

Para la implementación de esta estrategia, y como se observa en la **Figura 166**, se desarrolló un cronograma dividido en dos fases: una fase de transición del 31 de agosto al 8 de septiembre, y una fase de apertura controlada del 9 de agosto al 30 de septiembre. Durante la fase de transición, se implementaron medidas de restricción en ciertos establecimientos y se definió, por parte de los Gobiernos Locales, las medidas acordes al nivel de alerta vigente para cada uno de los cantones que permitiera llegar a un modelo de reapertura controlada y de corresponsabilidad con municipalidades, sector privado y comunidades. En cuanto a la restricción vehicular, a partir del 1 de septiembre se unificó el horario de circulación vehicular en todo el país, eliminando las medidas de circulación diferenciadas en zonas fronterizas.

Figura 166. Cronograma de medidas sanitarias para el mes de septiembre 2020



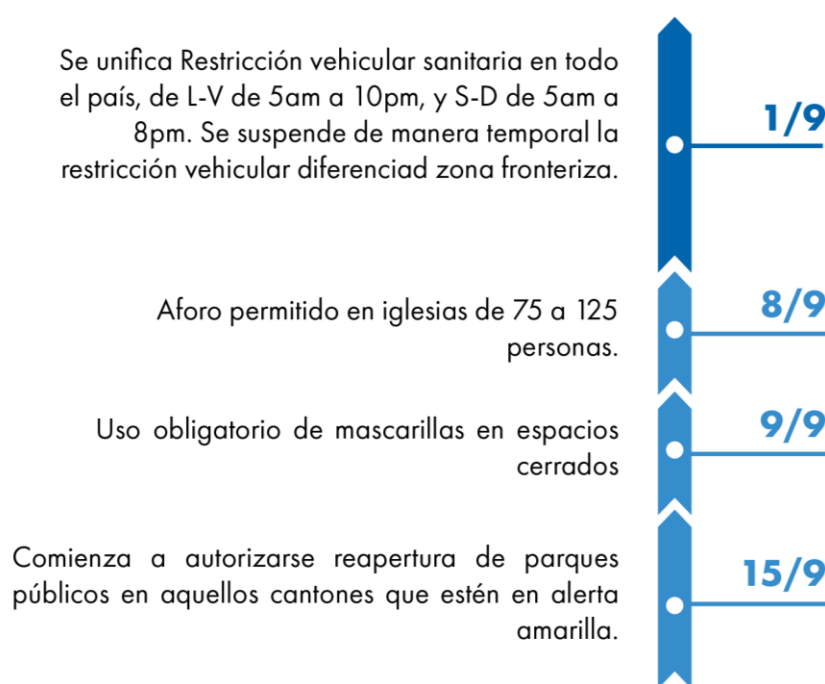
Fuente: Ministerio de Salud, 2020



Para otra parte, durante la fase de reapertura controlada, se amplió el horario de los establecimientos hasta las 10:00 p.m. durante la semana y hasta las 8:00 p.m. en fines de semana, respetando el 50% de aforo de su capacidad máxima. A su vez, con base en las directrices epidemiológicas y la evidencia científica disponible al momento, a partir del 9 de septiembre se establece el uso obligatorio de mascarillas en espacios cerrados y en transporte público, permitiéndose el uso de careta o protector facial como complemento al uso de la mascarilla.

En la **Figura 167** se resumen las principales medidas sanitarias adoptadas durante el mes de septiembre.

Figura 167. Principales medidas implementadas en septiembre 2020.



Fuente: Ministerio de Salud

Es durante este mes, que el gobierno contacta a 6 farmacéuticas y desarrolladoras para la eventual vacuna contra el COVID-19.



Situación epidemiológica

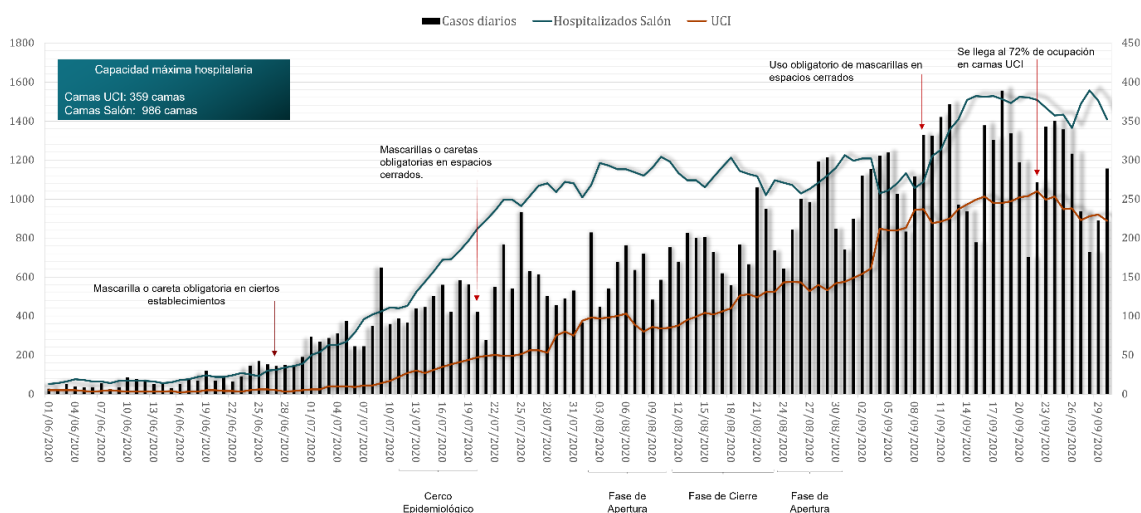
En el mes de septiembre se registra un total de 34 473 pacientes, 5796 de los cuales fueron diagnosticados por nexo epidemiológico (16.8%). Estos nuevos casos elevaron la cifra confirmados a un total de 75 760 casos, lo que corresponde a una tasa de incidencia acumulada de 1482 casos por cada 100 mil habitantes. En cuanto a los fallecimientos, el mes de septiembre concluyó con un total de 904 personas fallecidas.

En cuanto a la ocupación hospitalaria, septiembre finaliza con un total de 352 personas internadas en salón y 222 personas en una UCI. El exhaustivo trabajo realizado por las autoridades sanitarias en los meses previos permitió que las altas cifras de ocupación hospitalaria no colapsaran el sistema ni redujeran la capacidad de atención de calidad al usuario. En seis meses de circulación del virus SARS-CoV-2 en territorio nacional, la CCSS aumentó la capacidad de camas de UCI en casi 15 veces; así, pasó de un máximo de 24 camas exclusivas para casos COVID a 359 camas UCI al 5 de septiembre, cifra que incluso logró sobrepasar lo estipulado en la estrategia de expansión hospitalaria, aunado a un proceso de reconversión de camas y readecuación de servicios en todo el país.

Sin embargo, con el continuo aumento en el número de casos, se puso a disposición de la CCSS el uso de hospitales privados para la atención de pacientes COVID-19, mediante la activación de la norma de la Ley General de Salud. No obstante, en el mes de septiembre, las autoridades sanitarias de la CCSS no requirieron el uso de estos servicios. En esta línea, y ante un eventual colapso en la capacidad de respuesta de los centros de salud, los respiradores desarrollados por la UCR y el TEC, recibieron el visto bueno para su uso.

Figura 168. Situación Epidemiológica COVID-19 al 30 de septiembre 2020.

Septiembre



Fuente. Elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud.



Tabla 34. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de septiembre del 2020

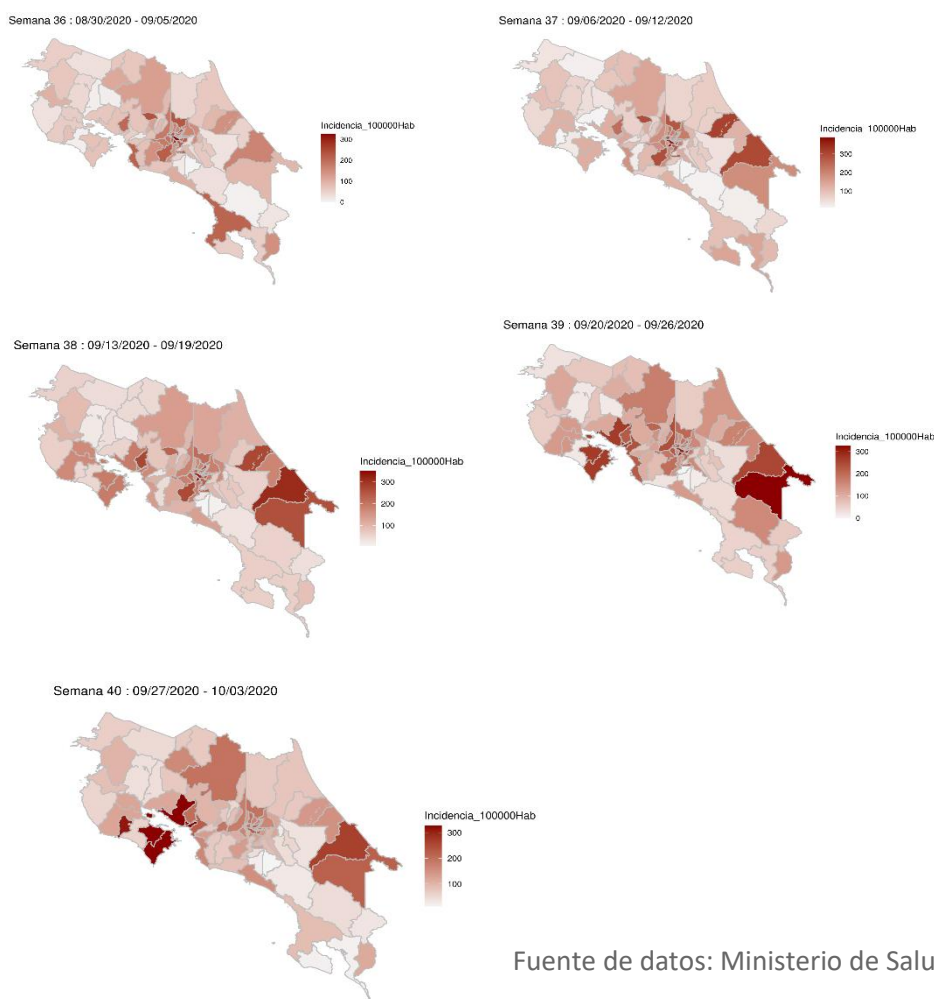
Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de septiembre 2020	
Acumulados	75 760
Recuperados	37 841
Hospitalizados Salón	574
Hospitalizados UCI	222
Fallecimientos	904

Fuente datos: Ministerio de Salud

Durante este mes se inicia un estudio clínico, aleatorizado, controlado, doble ciego y multicéntrico que permitiera comparar la eficacia y seguridad de la administración de dos formulaciones de inmunoglobulinas equinas anti-SARS-CoV-2 en pacientes hospitalizados con COVID-19. Durante la primera fase del estudio, participaron 26 pacientes hospitalizados en cuatro hospitales del país. (62)

Al 30 de septiembre, se reportaban casos positivos en los 82 cantones de las siete provincias.

Figura 169. Distribución cantonal de los casos COVID- 19 en Costa Rica al 30 de septiembre 2020



Fuente de datos: Ministerio de Salud

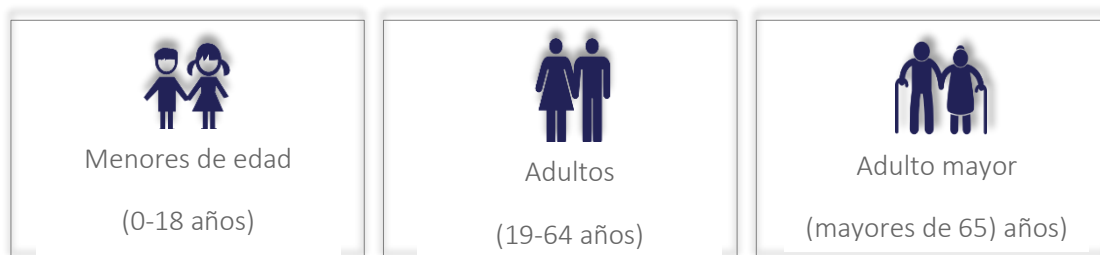


Modelos matemáticos



Versión 5: Modelo de Redes

Con la evolución de la pandemia, el rango de edades de las personas infectadas comienza a ampliarse. La **Figura 170** muestra la distribución, por grupo de edad, de las infecciones registradas desde el 6 de marzo hasta el 28 de agosto de 2020 y, la **Figura 171** la distribución por grupos de edad de las hospitalizaciones y personas ingresadas a cuidados intensivos. Se sabe que la edad es un factor de riesgo, por lo que no se espera que todas las personas tengan la misma probabilidad de hospitalizarse ni de ingresar a cuidados intensivos. Por lo que, ante el aumento de infecciones, se hace necesario separar la dinámica hospitalaria del modelo por grupo etario. Se modifica el modelo dividiendo la dinámica hospitalaria en tres grupos de edad:



La información sobre el total de personas por cantón en cada grupo etario se toma de la encuesta nacional de hogares realizada por el INEC.

Figura 170. Distribución de casos por grupo etario.

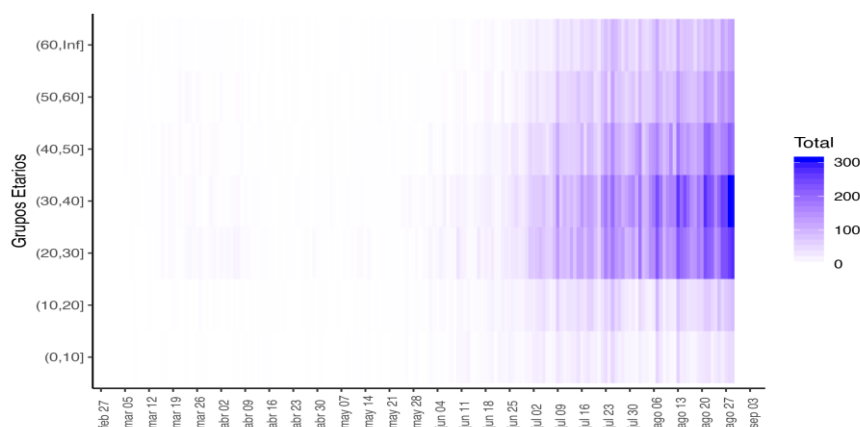




Figura 171. Hospitalización en Salón y UCI por grupo etario (agosto 28, 2020). Datos suministrados por la caja de seguro social.



Proyecciones

Septiembre 8, 2021

Se corren 100 simulaciones. Se asume que el 50% de las personas toman medidas de protección personal hasta el 8 de septiembre y, a partir del 9, fecha en la cual se hace obligatorio el uso de mascarilla en ciertos lugares, se aumenta el porcentaje al 70%.

Se asumen diferentes porcentajes de distanciamiento físico dependiendo de las medidas sanitarias adoptadas. La [tabla 35](#) resume los supuestos para los diferentes periodos de cierre y apertura.

Tabla 35. Parámetros generales del modelo

Descripción de los parámetros	Valor
Días promedio para recuperación	17 días al 12 de junio y 14 días del 13 de junio en adelante
Porcentaje de pacientes diagnosticados	75%
Porcentaje de pacientes no diagnosticados	25%
Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Tasa de transmisión	0.21
Periodo de incubación	6 días
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas (diagnosticado y no diagnosticado)	7 días
Promedio de días desde inicio de síntomas a UCI	11 días



Tabla 36. Supuestos en los diferentes periodos de apertura y cierre.

Periodo	Fechas	Supuestos
Cerco epidemiológico	11-19 julio	Distanciamiento social de 60% en cantones naranja, 50% en cantones amarillo
Apertura1	20 julio al 31 julio	50% de distanciamiento en todo el país
Apertura 2	1-9 agosto	40% de distanciamiento en todo el país
Cierre	10 agosto al 21 agosto	40% amarillo 55% naranja
Apertura3	A partir del 22 agosto al 8 septiembre	40% de distanciamiento en todo el país
Apertura 4	Del 9 septiembre en adelante	30% de distanciamiento en todo el país

Tabla 37. Parámetros de hospitalización por grupo etario

Descripción de los Parámetros	Datos CCSS 2 septiembre
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	0-18 años: 2.2% 19-64 años: 4.7% mayores 65: 37.1%
Porcentaje de personas hospitalizadas que requieren UCI	0-18 años: 14% 19-64 años: 27% mayores 65: 30%
Días promedio que una persona permanece en UCI	0-18 años: 4.3 días 19-64 años: 15.5 días mayores 65: 15.1 días
Días promedio que una persona permanece en salón	0-18 años: 9.4 días 19-64 años: 14.1 días mayores 65: 15.4 días
Porcentaje de mortalidad en salón	0-18 años: 2% 19-64 años: 4% mayores 65: 28%
Porcentaje de mortalidad en UCI	0-18 años: 0% 19-64 años: 23% mayores 65: 44%

Figura 172. Proyección acumulados.

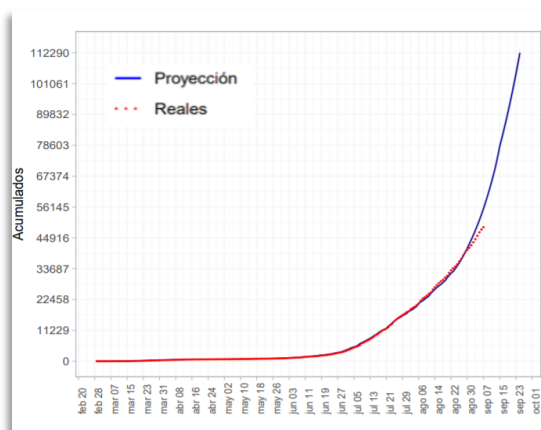


Figura 173. Proyección de hospitalizaciones.

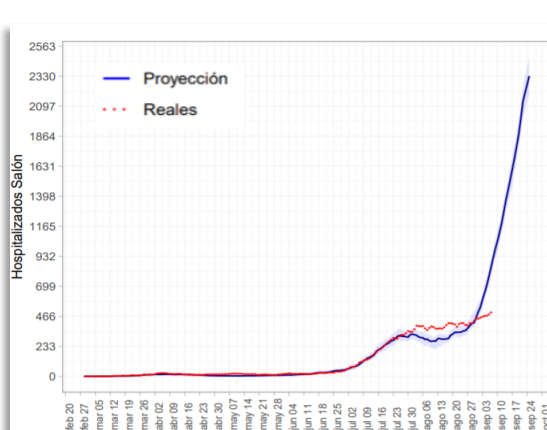
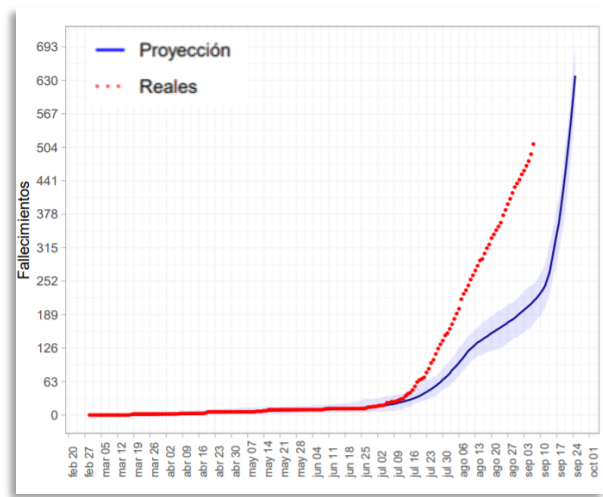
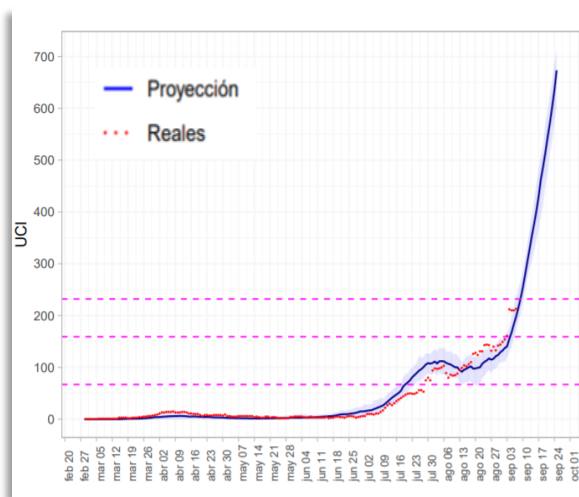




Figura 174. Proyección de admisiones a cuidados intensivos. **Figura 175. Proyección de fallecimientos.**



Proyección: Redes Integradas de Prestación de Servicios de Salud

Figura 176. Proyección de casos acumulados por área de salud.

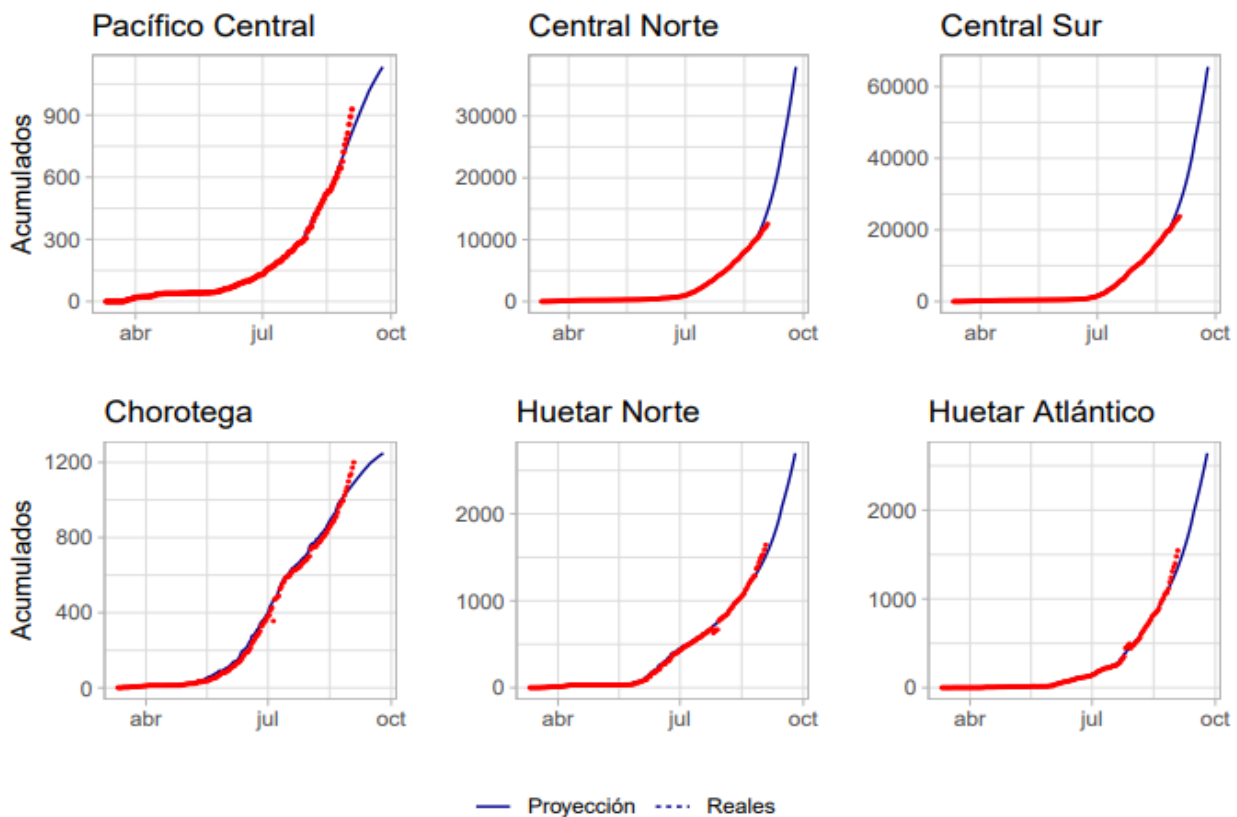




Figura 177. Proyección de casos activos por área de salud.

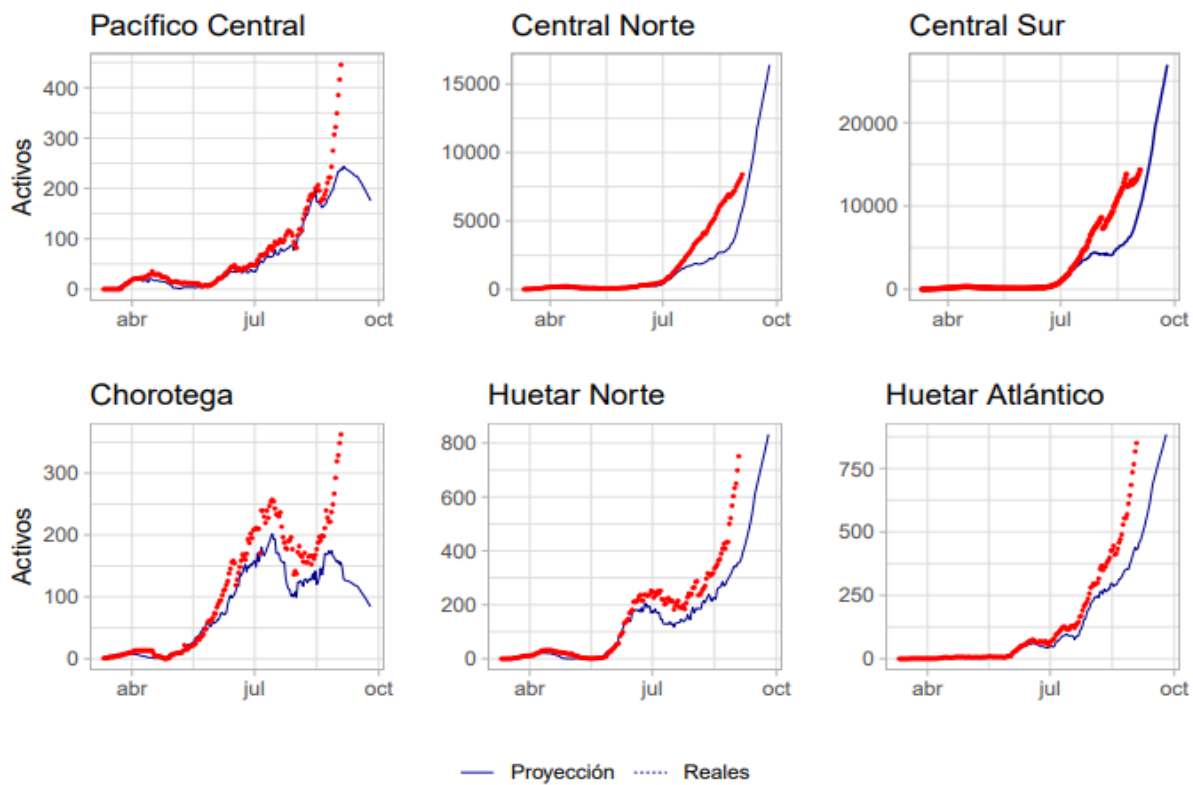


Figura 178. Proyección de hospitalización por áreas de salud.

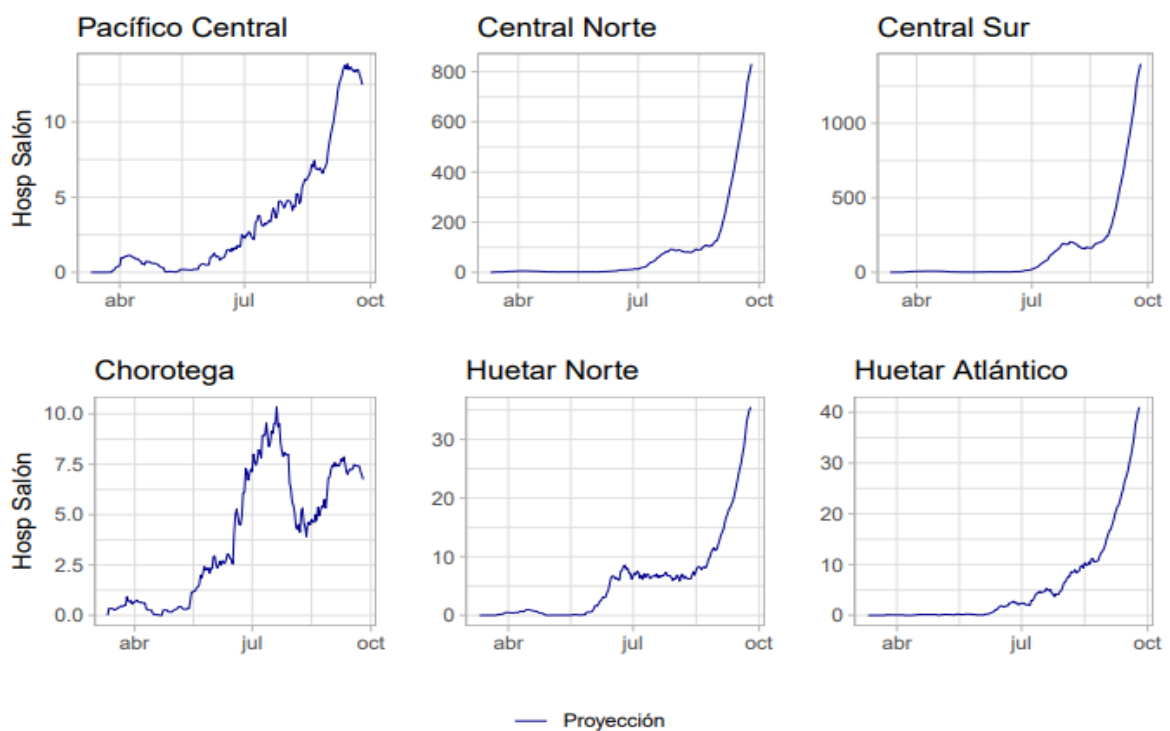




Figura 179. Proyección de admisiones a cuidados intensivos por área de salud.

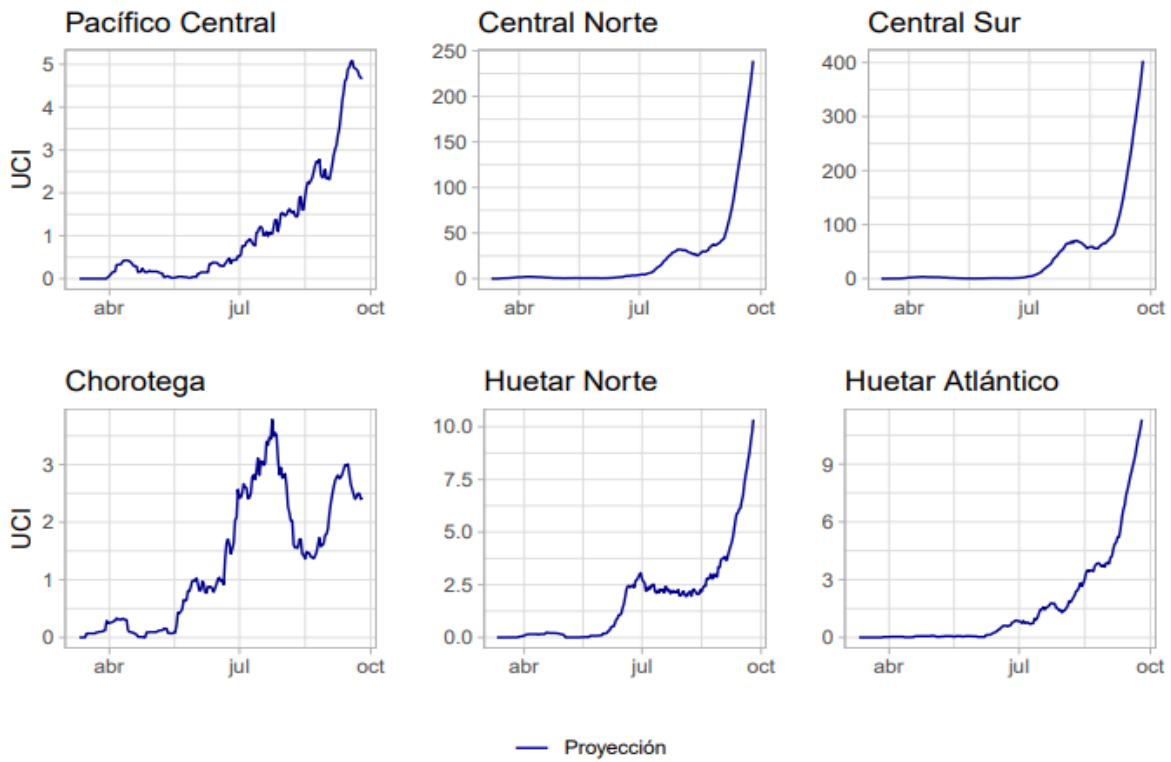


Figura 180. Proyección de fallecimientos acumulados por área de salud.

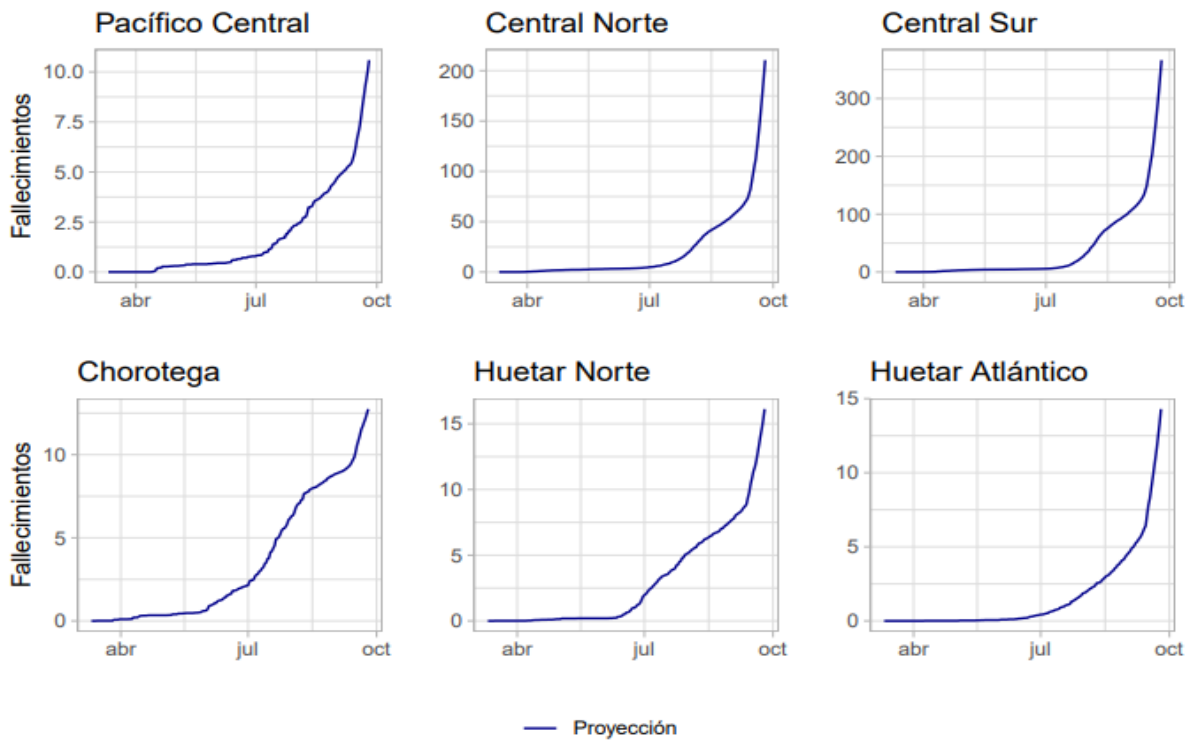
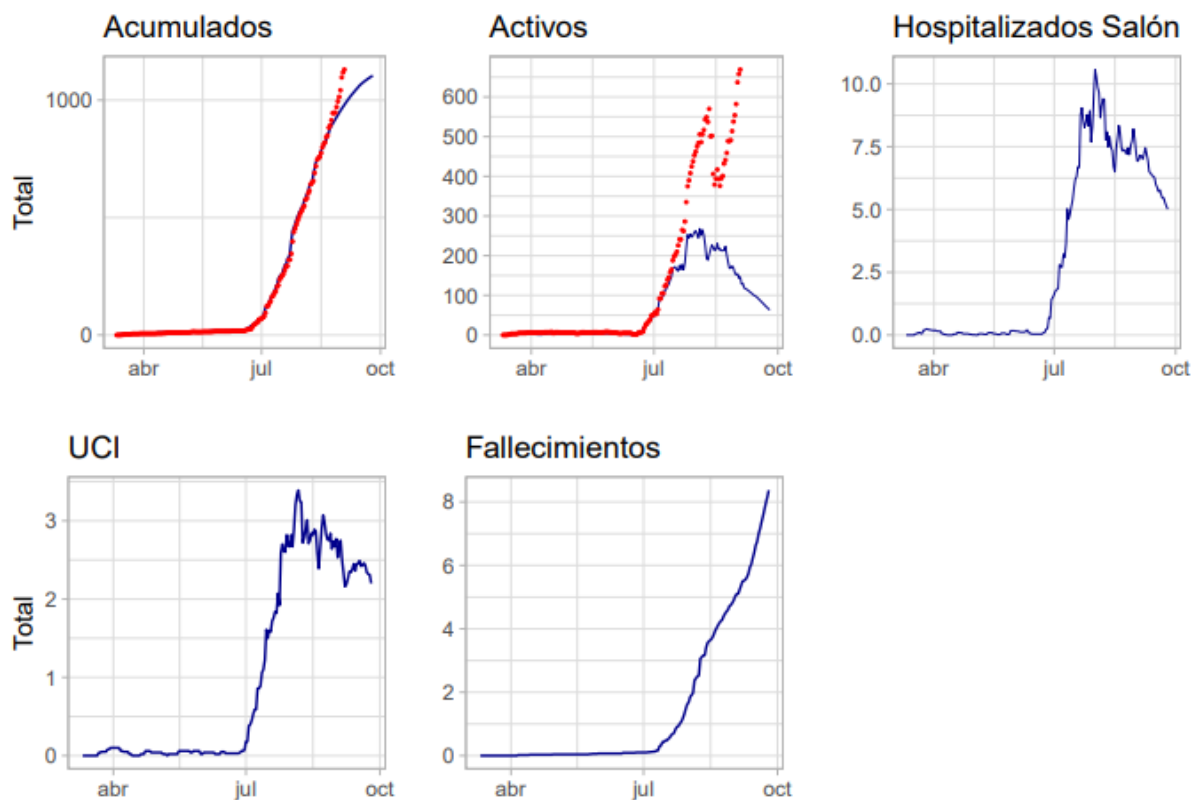




Figura 181. Proyecciones región Brunca.



Escenarios: Botones de Alerta

Teniendo en cuenta el número de ingresos hospitalarios, se diseñan dos estrategias de intervención denominadas Reacción 1 y Reacción 2, para simular una reacción temprana que evite el colapso hospitalario.

Se tienen dos referentes de periodos de cierre en el país; el primero en abril, en los días de Semana Santa, y el segundo corresponde al cerco epidemiológico. Para estos escenarios, se toman como referente los parámetros utilizados en estos dos momentos. Además, se establecen tres porcentajes de ocupación hospitalaria como indicador de alerta para la implementación de las restricciones. En la [Tabla 38](#) se resumen los supuestos para cada reacción.



Tabla 38. Resumen de los supuestos considerados en los tres botones de alerta y restricciones implementadas en cada caso.

Botón de Alerta					
Porcentaje de camas para botón de alerta	Camas ocupadas por casos confirmados (bajo el supuesto de 235 camas UCI habilitadas para pacientes Covid-19)	Camas ocupadas por casos sospechosos (10%)	Total	Reacción	
75%	269 camas	27 camas	296 camas	1a	Cierre como en el cerco epidemiológico esto implica: 70% de distanciamiento social en cantones naranja y 50% en cantones amarillos. Hacer el cierre por 12 días (tomando en cuenta el tiempo de hospitalización de un paciente y el máximo periodo de cierre que hemos tenido y el tiempo promedio que una persona permanece en salón). Hacer este cierre solo una vez
80%	287 camas	29 camas	316 camas	1b	Cierre en los cantones naranja similar al que se tuvo en semana santa. Esto implica un distanciamiento social del 95% en cantones naranja y 50% en cantones amarillo. Reducir contactos a los del mismo cantón. Hacer el cierre por 7 días tomando en cuenta que es un cierre casi total. Hacer este cierre solo una vez
85%	305 camas	31 camas	336 camas	1c	

Figura 182. Proyección de casos acumulados.

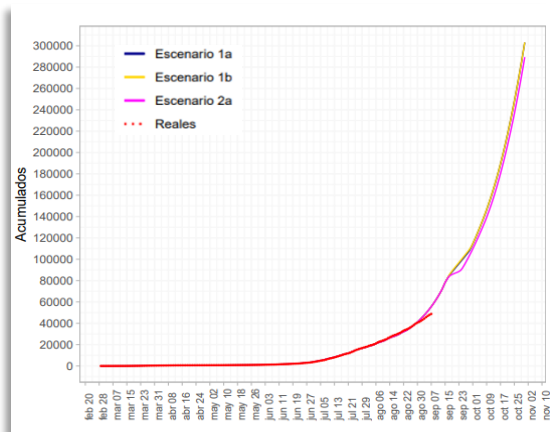


Figura 184. Proyección en cuidados intensivos.

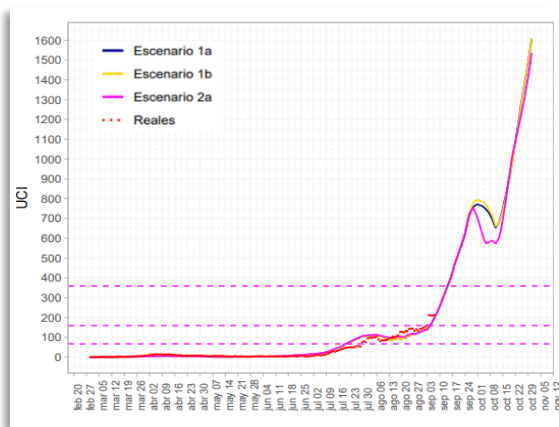


Figura 183. Proyección de hospitalizaciones.

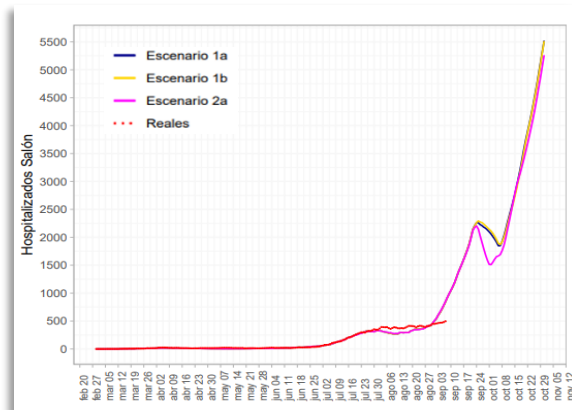
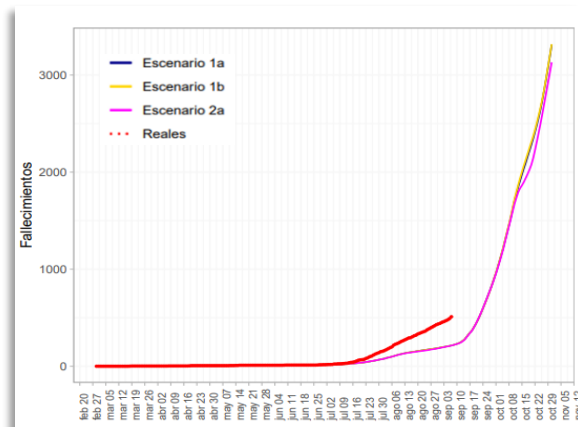


Figura 185. Proyecciones fallecimientos.





Resultados

En los resultados se presentan tres de los seis escenarios. Las proyecciones muestran que, si los casos siguen creciendo al mismo ritmo, implementar intervenciones equivalentes a las que se tuvieron durante el cerco epidemiológico o durante el periodo de Semana Santa disminuiría los casos por un periodo de tiempo corto, pero esto no sería suficiente para evitar el colapso hospitalario, como se ve en la proyección de cuidados intensivos.

Una disminución de aforos y movilidad similar al que se implementó en Semana Santa muestra un mayor efecto, lo que deja ver que para detener el crecimiento de casos y hospitalizaciones se requiere de medidas estrictas y por periodos de tiempo superiores a los contemplados en las simulaciones si se toma como indicador de alerta la ocupación hospitalaria.

Septiembre 18, 2020

Los resultados corresponden al promedio de 20 simulaciones. **Se realizan tres escenarios** en los que, a partir del 22 de agosto y hasta el 23 de octubre se asumen **valores diferentes para el parámetro de distanciamiento social** con el fin de analizar cuál sería la dinámica de la enfermedad ante diferentes comportamientos sociales. Los valores considerados fueron de **30%, 40% y 50%** en cantones naranja. Durante las fases de cierre y apertura de julio y agosto se consideran los valores presentados en la

La simulación se realizó con la actualización de cantones naranja realizada al martes 8 de septiembre y estos se mantienen hasta el 23 de octubre. A partir del 9 de septiembre, se supone un 70% de uso de mascarillas y antes de esa fecha se utiliza un 50%.

Tabla 39. *Parámetros utilizados en el modelo para la simulación de los escenarios.*

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	0-18 años: 2.2% 19-64 años: 4.7% mayores 65: 37.1%	Días promedio para recuperación	17 días al 12 de junio y 14 días del 13 de junio en adelante
Porcentaje de personas hospitalizadas que requieren UCI	Total: 32% 0-18 años: 13% 19-64 años: 31% mayores 65: 34%	Porcentaje de pacientes diagnosticados	75%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas (diagnosticado y no diagnosticado)	0-18 años: 4 días 19-64 años: 5.33 días mayores 65: 4 días	Porcentaje de pacientes no diagnosticado	25%
Promedio de días desde inicio de síntomas a UCI	11 días (esto implica 5 días entre salón y UCI)	Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%



Días promedio que una persona permanece en UCI	0-18 años: 4.4 días 19-64 años: 17.4 días mayores 65: 14.7 días	Tasa de transmisión	0,21
Días promedio que una persona permanece en salón	0-18 años: 9.1 días 19-64 años: 10.7 días mayores 65: 14.7 días	Período de incubación	6 días
Porcentaje de mortalidad en salón	0-18 años: 0% 19-64 años: 4% mayores 65: 25%	Tiempo en el que una persona está en salón antes de fallecer	6 días
Porcentaje de mortalidad en UCI	0-18 años: 0% 19-64 años: 22% mayores 65: 41%	Tiempo en el que una persona en UCI antes de fallecer	9 días

Figura 186. Proyecciones acumuladas.

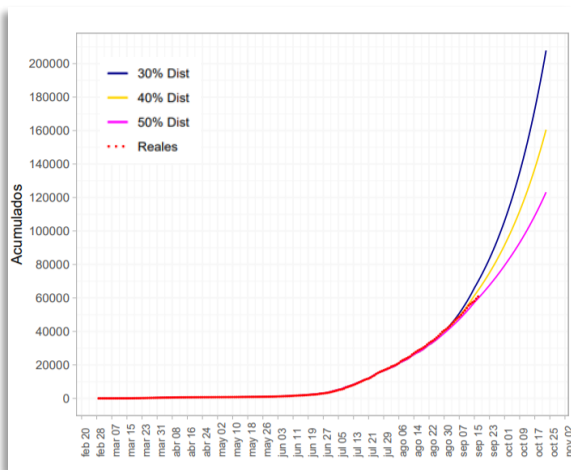


Figura 187. Proyección de hospitalizaciones.

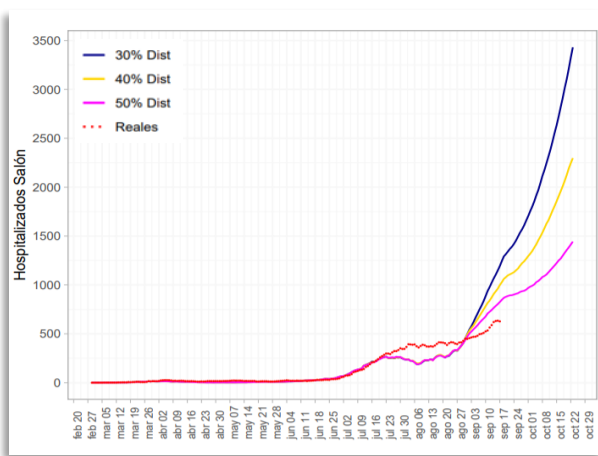


Figura 188. Proyecciones de admisión a cuidados intensivos.

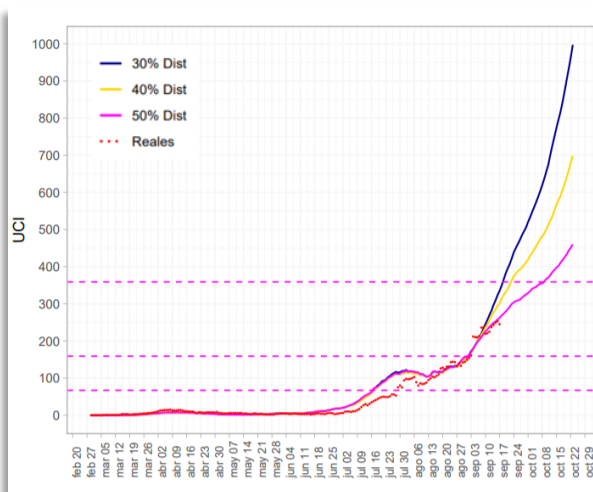
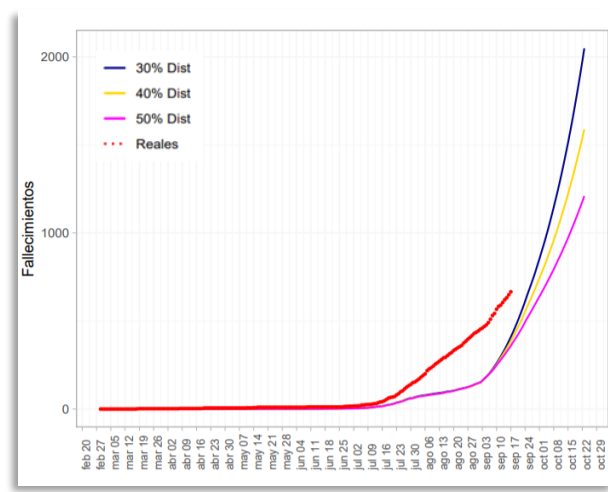


Figura 189. Proyección de fallecimientos.





Resultados

Los resultados muestran que la tendencia de los casos reportados se acerca a la trayectoria en la que se supone que el 50% de la población mantiene medidas de distanciamiento social. Si la tendencia se mantiene, los resultados indican que para mediados de octubre se estaría superando el tercer umbral de camas en cuidados intensivos. Las líneas magenta punteadas, en la proyección de cuidados intensivos, indica la meta de camas que la Caja ha trazado como objetivo de ampliación para diferentes momentos del año, siendo el tercer umbral la capacidad máxima esperada.

Las otras dos trayectorias muestran que, con mayor movilidad e interacción de personas, se daría un crecimiento más acelerado, tanto de casos como de hospitalizaciones.

Septiembre 24, 2020

El 22 de septiembre el país alcanza un 72% de la capacidad total para camas UCI. Ante un posible colapso del sistema de salud, se desarrollan distintos escenarios en los que, además de variar el porcentaje de distanciamiento social, se incluyen medidas de cierre en el momento que se alcanzan las 359 camas disponibles para UCI. Esto con el fin de analizar el impacto de diferentes intervenciones en la reducción de casos y hospitalizaciones.

La **Tabla 40** resume los supuestos y fechas para cada uno de los escenarios. El valor para el parámetro de distanciamiento social se toma de forma aleatoria cada cierto tiempo para capturar los cambios en la dinámica social a lo largo de las semanas, ya sea por actividades festivas, fines de semana o respuesta de la población ante el aumento de casos.

Tabla 40. Resumen de los supuestos considerados en cada uno de los escenarios

Escenarios		
Escenario 1	Del 22 agosto al 31 diciembre	Seleccionar cada 4 días de una distribución uniforme entre 40% y 50% el porcentaje de distanciamiento social diferenciado entre cantones naranja y cantones amarillos.
Escenario 2	Del 22 agosto al 31 diciembre	Seleccionar cada 4 días de una distribución uniforme entre 50% y 60% el porcentaje de distanciamiento social diferenciado entre cantones naranja y amarillo.
Escenario 3	Del 22 agosto y hasta el día en que se alcancen 359 camas	Distanciamiento social para los cantones naranja 50%, cantones amarillos con un 40%.
	A partir del día en que se alcancen 359 camas botón de alerta	Distanciamiento social de 90% por 21 días para todo el país (tomando en cuenta 7 días en promedio de incubación y 14 días de recuperación)



	Fecha posterior a los 21 días de cierre	50% para el parámetro de distanciamiento social en todo el país
Escenario 4	Del 22 agosto hasta el día en que se alcancen 359 camas.	Distanciamiento social para los cantones naranja 50%, cantones amarillos con un 40%
	A partir de día en que se alcancen 359 camas botón de alerta	Distanciamiento social de 70% por 14 días para todo el país
	Fecha posterior a los 21 días de cierre	50% el porcentaje de distanciamiento social en todo el país

Figura 190. Proyección casos acumulados.

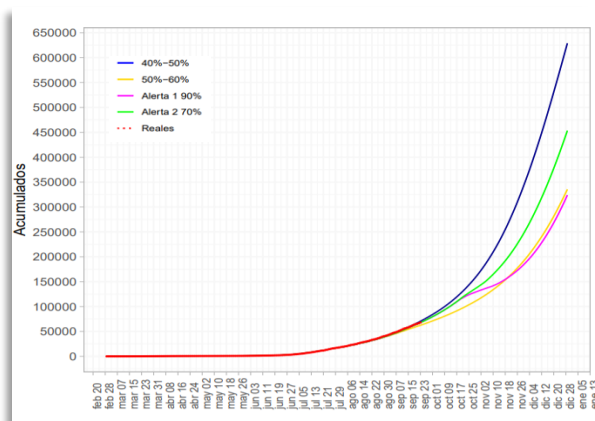


Figura 191. Proyección hospitalizaciones.

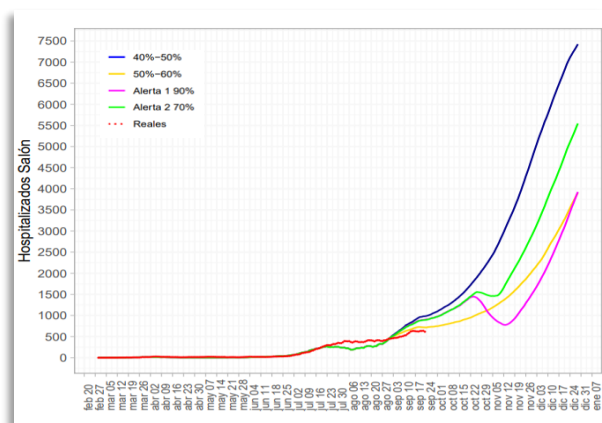


Figura 192. Proyección cuidados intensivos.

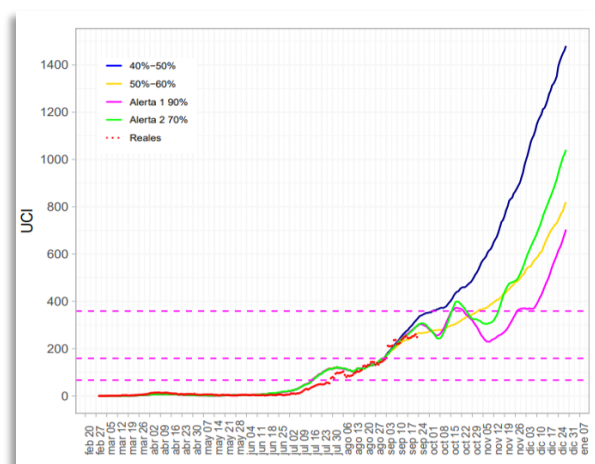
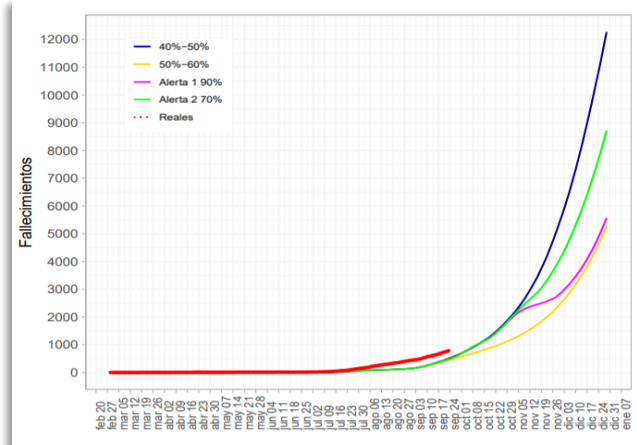


Figura 193. Proyección fallecimientos.





Resultados

Los resultados muestran que la tendencia de los casos reales reportados se acerca a la trayectoria que contempla valores para el parámetro de distanciamiento entre 50% y 60%. Si se mantuviera la trayectoria, las proyecciones muestran que se alcanzaría el tercer umbral de camas UCI a finales del mes de octubre; mientras que, si se aplican los botones de alerta, se lograría desacelerar los ingresos a UCI, y se superaría el tercer umbral en diciembre -en el escenario con el botón de alerta 1 (magenta)- y a mediados de noviembre con el botón de alerta 2 (verde).

Los resultados también dejan ver que sería necesario implementar medidas estrictas si se quiere desacelerar el crecimiento de los casos.



OCTUBRE

2020

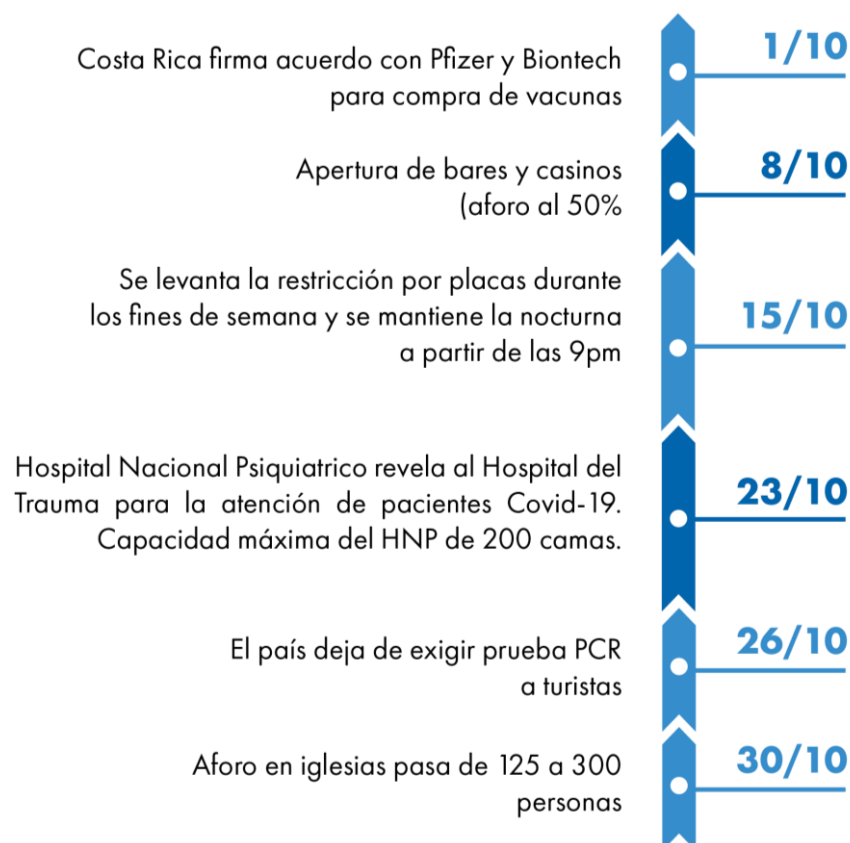


Octubre 2020

Contexto país

Durante el mes de octubre, el país continúa con las medidas de apertura y reactivación económica bajo el modelo de “Costa Rica trabaja y se cuida”. Sin embargo, durante este mes, el país se vio envuelto en una serie de protestas ciudadanas y bloqueos en diversas carreteras y puestos fronterizos. El desencadenante de las manifestaciones fue la negociación de un préstamo con el Fondo Monetario Internacional (FMI), con el cual se buscaba estabilizar las finanzas del país. Sin embargo, esto incluía el aumento de impuestos y ventas de activos estatales, situación que creó inconformidad en un sector de la población costarricense. Si bien la decisión de negociar el préstamo fue desestimada el 4 de octubre, las manifestaciones continuaron durante un periodo prolongado del mes de octubre, donde hubo enfrentamientos con la fuerza pública.

Figura 194. Principales medidas sanitarias en octubre 2020





En medio de este escenario convulso, el país continuaba presentando altos niveles de contagio y una alta ocupación hospitalaria, superando los 1000 fallecimientos para el 6 de octubre. En cuanto a las medidas sanitarias, y bajo el esquema de Gestión Compartida, se habilita el funcionamiento de bares y casinos de alojamiento con un aforo del 50%, y se aumenta la cantidad de personas permitidas en cultos religiosos, pasando de 125 a 300 personas. Además, se presentan los lineamientos para la apertura de espacios públicos al aire libre con fines recreativos y de actividad física (12).

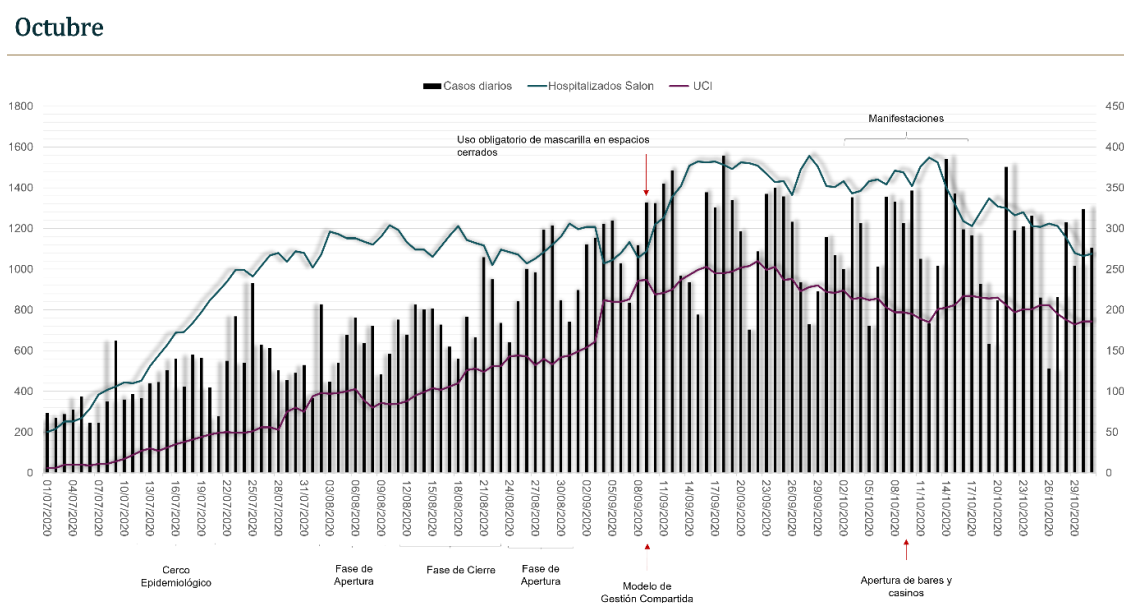
Para el 15 de octubre 2020, se da la reapertura de fronteras aéreas con países centroamericanos, viajeros que debían cumplir los requisitos de completar el formulario de salud digital, adjuntar el resultado de una prueba PCR negativa 72 horas antes de abordar y presentar el comprobante de un seguro médico internacional (12).

Sin embargo, uno de los principales hitos del mes de octubre fue la firma de un acuerdo con la empresa Pfizer-BioNTech para la adquisición de vacunas que permitieran la inmunización de 1.5 millones de personas. Este acuerdo se sumaba a la incorporación de Costa Rica al mecanismo COVAX, el cual se tenía planificado cubriera al 20% de la población costarricense (12).

Situación epidemiológica

Durante el mes de octubre, el país reportó un total de 34 211 casos, de los cuales 7377 fueron diagnosticados por nexos epidemiológicos. Este número elevó la cifra total de casos acumulados a 109 972 confirmados, para una tasa de incidencia acumulada de 2151 por cada 100 mil habitantes. Para el 31 de octubre 2020, el 60.7% de los casos se reportaban como recuperados y se llegó a la cifra de 1385 fallecimientos, para una tasa de mortalidad del 1.3%.

Figura 195. Situación Epidemiológica COVID-19 al 31 de octubre 2020.



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud.



En cuanto a hospitalizaciones, al 31 de octubre 269 personas se encontraban hospitalizadas en salón, mientras que 186 personas se encontraban en UCI. Estas altas cifras de ocupación hospitalaria se mantuvieron en una meseta y, para el 23 de octubre, en vista de la continua alta demanda de servicios de hospitalización, el Hospital Nacional Psiquiátrico relevaba al Hospital de Trauma en la atención de pacientes COVID-19, habilitando un total de 58 camas para la atención de pacientes leves a moderados con la capacidad de llegar a un máximo de 200 camas.

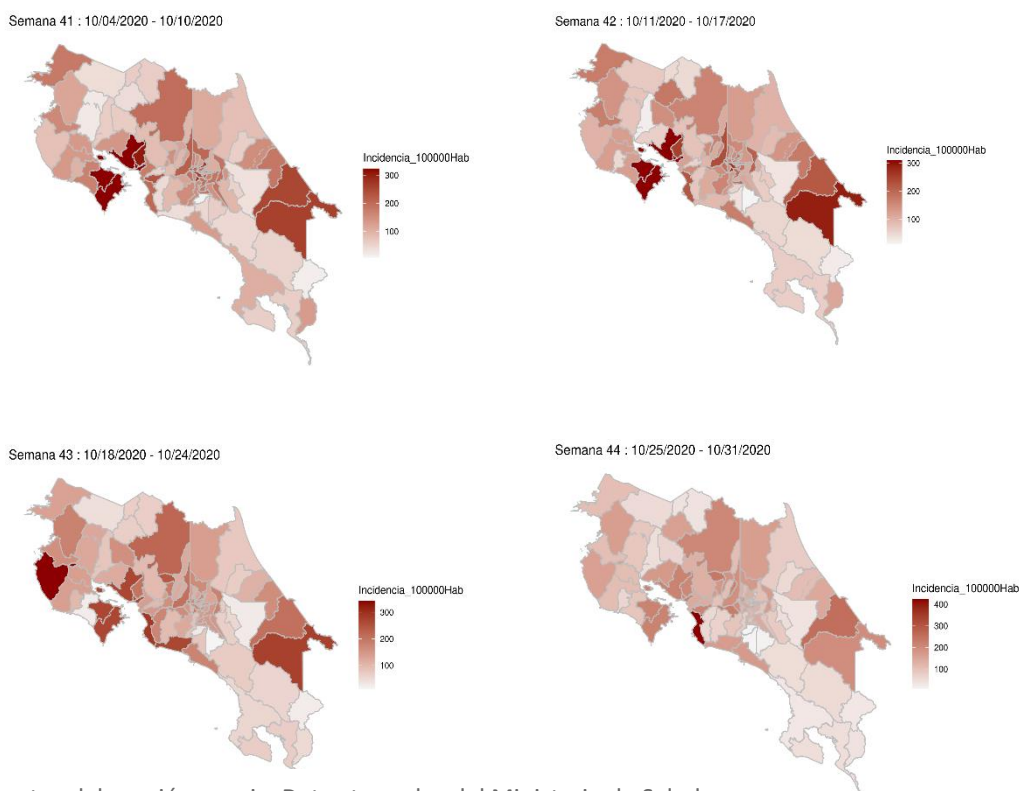
Tabla 41. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de octubre del 2020

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de junio 2020	
Acumulados	109 971
Recuperados	66 791
Hospitalizados en salón	269
Hospitalizados UCI	186
Fallecimientos	1385

Fuente: Ministerio de Salud

En cuanto a la distribución geográfica de los casos detectados, durante octubre se reportaban casos positivos en 82 cantones de las siete provincias, se presentó una alta incidencia en la mayor parte de los cantones del país y se notó un incremento en incidencia en cantones del Caribe Sur del país, principalmente en el cantón de Talamanca.

Figura 196. Distribución cantonal de los casos COVID-19 en Costa Rica al 30 de setiembre 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud



Proyecciones

Octubre 21, 2020

Se actualiza la base de nexos hasta el 11 de octubre y se simulan dos escenarios:

Escenario 1: 50% de la población usa mascarilla (20 simulaciones)

Escenario 2: 70% de la población usa mascarilla (19 simulaciones)

Para estos escenarios se toma de forma aleatoria un porcentaje de distanciamiento social de lunes a jueves de una distribución uniforme entre 50% y 60% y un valor entre 40% y 50% de viernes a domingo.

Tabla 42. *Parámetros utilizados en el modelo para las simulaciones de los escenarios.*

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	0-18 años: 3% 19-64 años: 6% mayores 65: 67%	Días promedio para recuperación	17 días al 12 de junio y 14 días del 13 de junio en adelante
Porcentaje de personas hospitalizadas que requieren UCI	0-18 años: 11% 19-64 años: 34% mayores 65: 33%	Porcentaje de pacientes diagnosticados	75%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas (diagnosticado y no diagnosticado)	5 días	Porcentaje de pacientes no diagnosticado	25%
Promedio de días desde inicio de síntomas a UCI	11 días (esto implica 5 días entre salón y UCI)	Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Días promedio que una persona permanece en UCI	0-18 años: 4.41días 19-64 años: 17.4 días mayores 65: 17.79días	Tasa de transmisión	0.21
Días promedio que una persona permanece en salón	0-18 años: 7.4días 19-64 años: 10.7 días mayores 65: 16.7 días	Período de incubación	6 días
Porcentaje de mortalidad en salón	0-18 años: 0% 19-64 años: 4% mayores 65: 27%	Tiempo en el que una persona está en salón antes de fallecer	6 días
Porcentaje de mortalidad en UCI	0-18 años: 0% 19-64 años: 23% mayores 65: 46%	Tiempo en el que una persona está en UCI antes de fallecer	9 días



Figura 197. Proyección de casos acumulados.

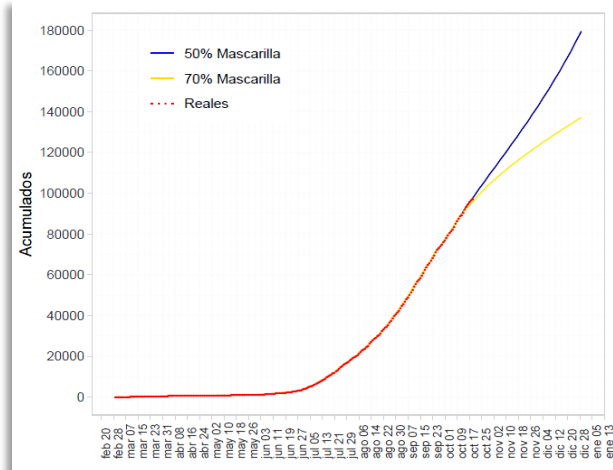


Figura 198. Proyección de hospitalizaciones.

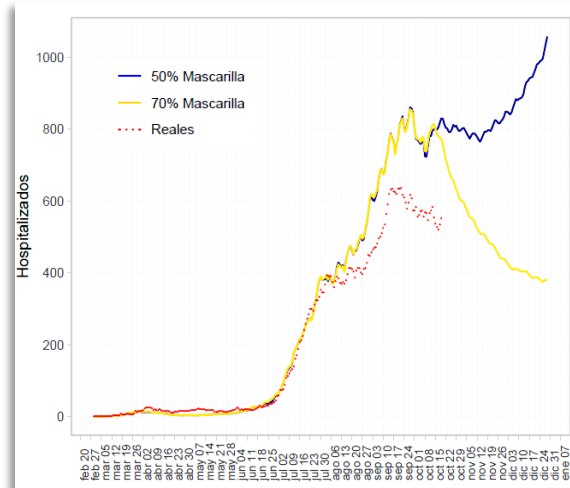


Figura 199. Proyección de admisiones a cuidados intensivos.

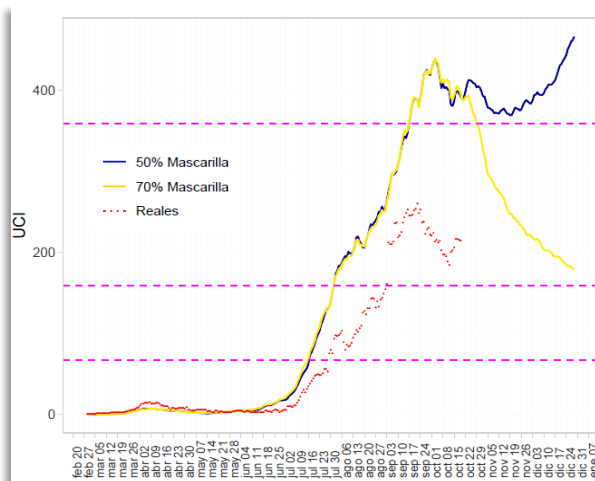
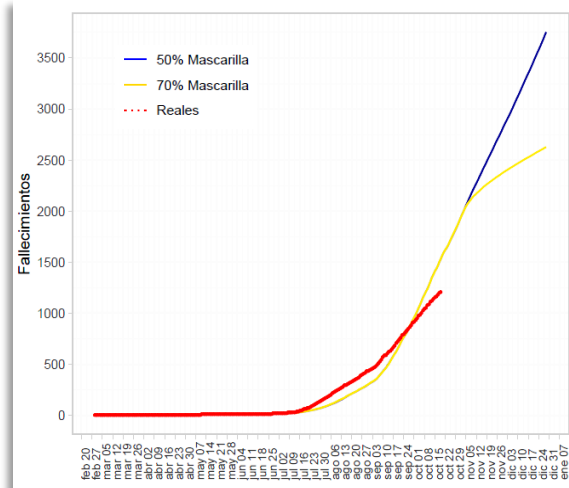


Figura 200. Proyección de fallecimientos.



Resultados

Los resultados muestran que, si un porcentaje alto de la población adopta medidas de protección personal, como lavarse las manos, usar mascarilla, entre otros, el número de casos y hospitalización podría continuar decreciendo.

Por otra parte, es necesario revisar los parámetros relacionados con las hospitalizaciones, ya que, aunque se captura la tendencia, la proyección se encuentra por encima de los casos reales, lo que indica que los porcentajes de hospitalización son inferiores a los que se están suponiendo o que los tiempos de estancia hospitalaria han disminuido.



Octubre 27, 2020

Se simularon dos escenarios en los que se considera que un 50% de la población usa mascarilla, porcentaje que mejor se ajusta a la dinámica actual. La base de nexos se encuentra actualizada al 11 de octubre y los casos reportados hasta el 26 de octubre.

Escenario 1. Se muestrea, de forma aleatoria, un porcentaje de distanciamiento social de lunes a jueves de una distribución uniforme entre 40% y 60% y un valor entre 30% y 50% de viernes a domingo.

Escenario 2. Se muestrea, de forma aleatoria, un porcentaje de distanciamiento social de lunes a jueves de una distribución uniforme entre 30% y 50% y un valor entre 20% y 40% de viernes a domingo.

Para estas simulaciones, se consideró que una persona permanece como caso activo después de ser diagnosticada por 10 días, lo cual permite captar de una mejor la dinámica de hospitalización actual (estos valores aún se encuentran en revisión y dan cuenta del rezago entre el inicio de síntomas y el diagnóstico). Además, se realiza un ajuste a los parámetros de hospitalización.

Tabla 43. *Parámetros utilizados en el modelo para la simulación de los escenarios.*

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	0-18 años: 1.82% 19-64 años: 3.68% mayores 65: 37.53%	Días promedio para recuperación	17 días al 12 de junio y 10 días a partir del 13 de junio
Porcentaje de personas hospitalizadas que requieren UCI	0-18 años: 11% 19-64 años: 34% mayores 65: 33%	Porcentaje de pacientes diagnosticados	75%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas (diagnosticado y no diagnosticado)	5 días	Porcentaje de pacientes no diagnosticado	25%
Promedio de días desde inicio de síntomas a UCI	11 días (esto implica 5 días entre salón y UCI)	Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Días promedio que una persona permanece en UCI	0-18 años: 4.1días 19-64 años: 17.4 días mayores 65: 17.79días	Tasa de transmisión	0.21
Días promedio que una persona permanece en salón	0-18 años: 7.4días 19-64 años: 10.7 días mayores 65: 16.7 días	Período de incubación	6 días
Porcentaje de mortalidad en salón	0-18 años: 0% 19-64 años: 4% mayores 65: 27%	Tiempo en el que una persona está en salón antes de fallecer	6 días
Porcentaje de mortalidad en UCI	0-18 años: 0% 19-64 años: 23% mayores 65: 46%	Tiempo en el que una persona en UCI antes de fallecer	9 días



Figura 201. Proyección casos acumulados

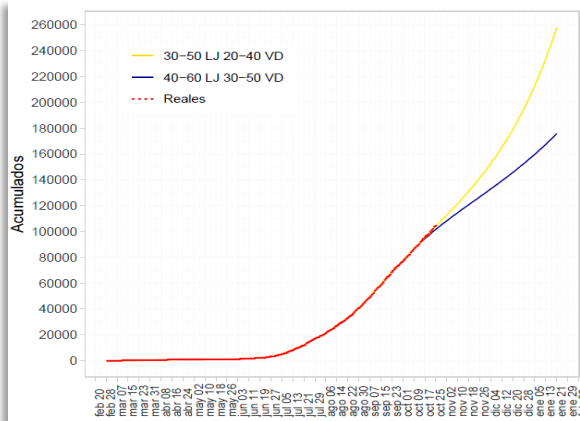


Figura 202. Proyección de hospitalizaciones.

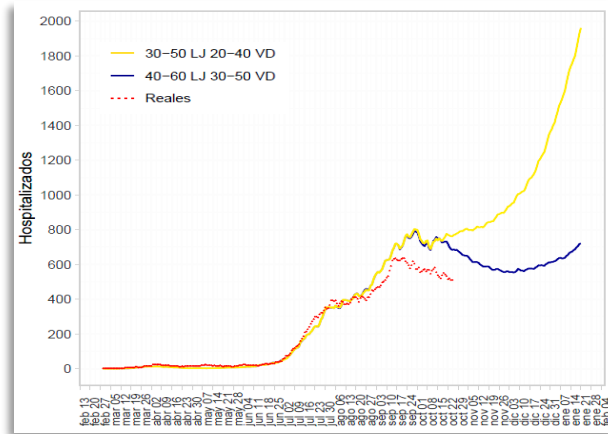


Figura 203. Proyección de cuidados intensivos

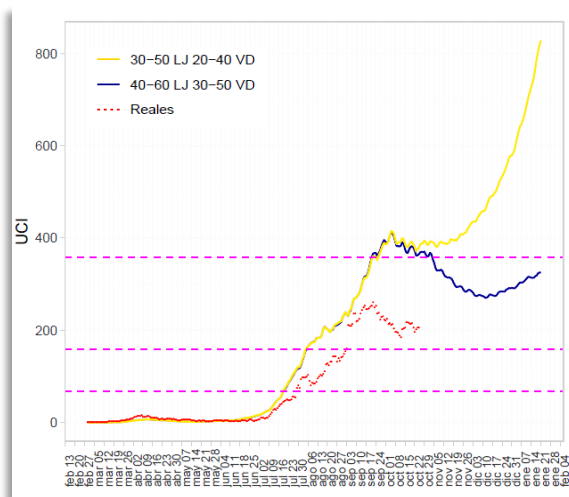
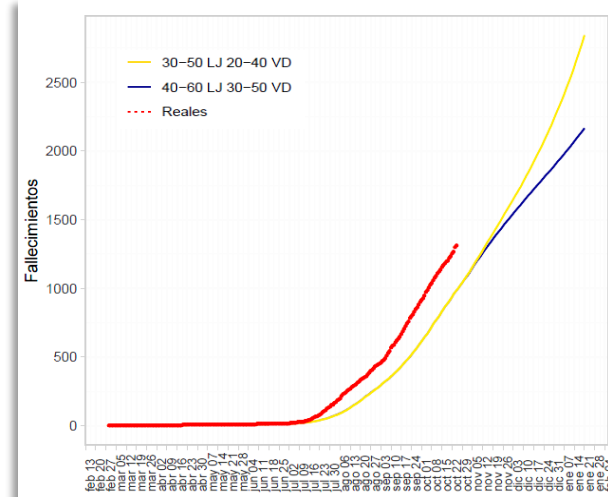


Figura 204. Proyección de fallecimientos.



Resultados

Los resultados muestran que con porcentajes de distanciamiento social entre el 30% y el 60% (escenario 1) se desaceleraría el crecimiento de casos y hospitalizaciones, las cuales entraría en una especie de meseta; mientras que, porcentajes entre el 20% y el 50% (escenario 2) llevarían a un crecimiento de los casos y las hospitalizaciones.



NOVIEMBRE

2020



Noviembre 2020

Contexto país

Durante el mes de noviembre, el país reabre fronteras aéreas con todos los países del mundo, mientras que las fronteras terrestres reabren para los extranjeros que contaran con permanencia legal en el país. Para su entrada, se estableció el requisito de estar al día con la CCSS o, en su defecto, cumplir con un seguro de viaje. Las personas que ingresaran al país por estas fronteras tendrían, además, que someterse a un periodo de aislamiento de 14 días y de acatamiento obligatorio (12).

Además, durante este mes, Costa Rica sufre los embates de inundaciones provocadas por el huracán ETA, que afectó principalmente la zona Pacífica del país. Las inundaciones resultantes provocaron la movilización de 2056 personas a 77 albergues temporales en 23 cantones, principalmente de la provincia de Puntarenas. En total, se estima que durante esta emergencia un total de 325 mil personas resultaron afectadas de forma directa e indirecta. Ante el nivel de afectación, el 10 de noviembre del 2020, el país declara Estado de Emergencia (63).

En lo que corresponde a la ruta para asegurar el inicio de la vacunación en el país, y en búsqueda de contar con suficientes dosis de vacunas, el país firma un contrato con Astra Zeneca que permitiera asegurar el suministro de un millón de dosis de vacunas. Este contrato de compra se sumó a los que anteriormente había sido firmados con la compañía Pfizer el 1 de octubre y con la compra de un millón de dosis bajo el mecanismo de COVAX-Facility, firmado el 25 de septiembre. En esta línea, el 9 de noviembre fue publicado por medio de la compañía Pfizer que los resultados del ensayo en fase 3 había demostrado una eficiencia del 90% en prevenir COVID-19 (64).

Situación epidemiológica

En cuanto a la situación epidemiológica, durante el mes de noviembre el país se encontraba en una meseta en el número de casos nuevos confirmados, con un aproximado de 1200 nuevos casos diarios mientras que los servicios hospitalarios permanecían con una alta ocupación.

Al finalizar noviembre, el Ministerio de Salud reportaba un total de 139 638 casos confirmados por COVID-19, lo que correspondía a una tasa de incidencia acumulada de 2732 casos por cada 100 mil habitantes. De los casos confirmados, el 62.7% de los casos de reportaban como recuperados.

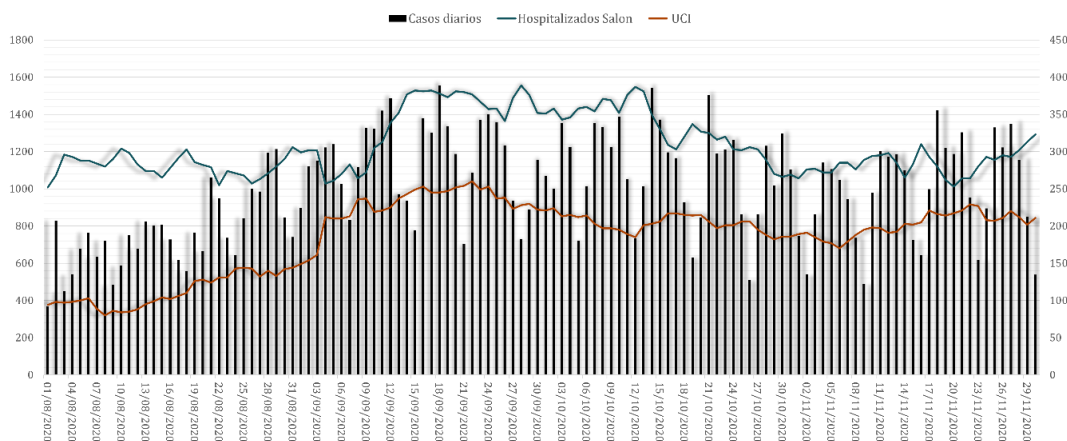
Es importante destacar que, durante el mes de noviembre, el país rondaba un índice de positividad del 34.5%. Por esto, en búsqueda de aumentar la capacidad de testeo, se habilitó un laboratorio en el Hospital Nacional de Geriátrica y Gerontología, con el cual se sumarían 200 pruebas de capacidad de procesamiento al día, para llegar a un total de 2500 pruebas diarias.

En lo que respecta a los niveles de ocupación hospitalaria, para el 30 de noviembre un total de 323 personas se encontraban hospitalizadas en salón, mientras que 211 personas se encontraban en una UCI y se notificaba un total de 1726 fallecimientos para una tasa de mortalidad del 1.2%.



Figura 205. Situación epidemiológica COVID-19 al 30 de noviembre 2020

Noviembre



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud

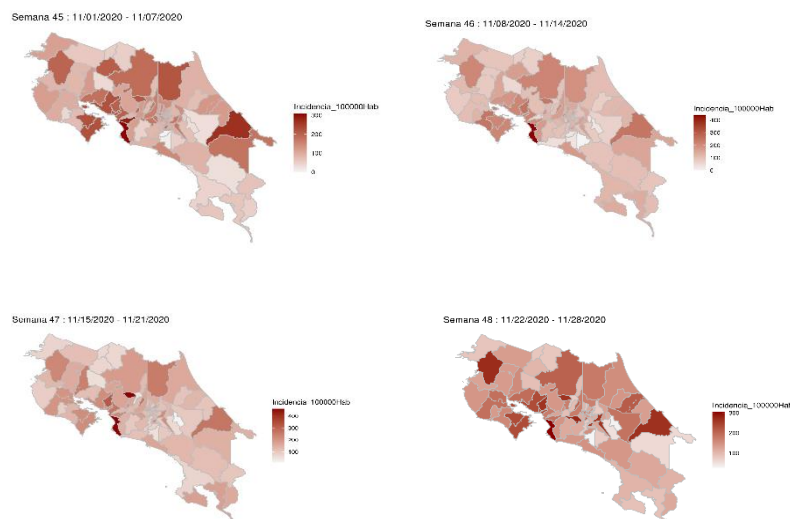
Tabla 44. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de noviembre del 2020

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 30 de junio 2020	
Acumulados	109.971
Recuperados	66791
Hospitalizados en salón	269
Hospitalizados UCI	186
Fallecimientos	1385

Fuente: Ministerio de Salud

En cuanto a la distribución geográfica de los casos detectados, durante el mes de noviembre se reportaban casos positivos en 82 cantones de las siete provincias, y se presentó una alta incidencia en la mayor parte de los cantones del país.

Figura 206. Distribución cantonal de los casos COVID- 19 en Costa Rica al 30 de noviembre del 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud



Modelos matemáticos



Análisis de la dinámica hospitalaria

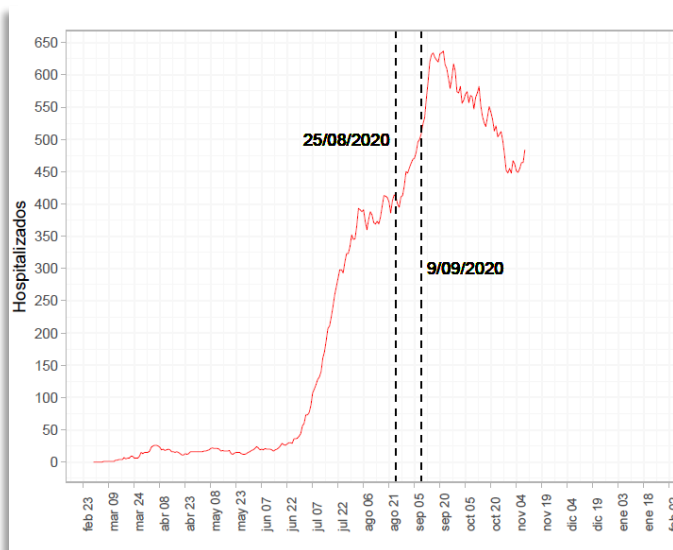
Como en otros momentos de la epidemia, los cambios en la dinámica social y en las medidas sanitarias llevan a revisar las hipótesis de modelación y el nuevo contexto epidemiológico del país. Las proyecciones de hospitalización muestran un desfase con respecto a los casos reales por lo que se analizan situaciones que puedan explicar la diferencia.

- A la fecha, se ha ganado experiencia en el manejo de pacientes con COVID-19, lo cual influye en los días de estancia de hospitalización y egreso de los pacientes.
- Las medidas sanitarias han tenido un efecto en la dinámica del virus y de forma indirecta en la dinámica hospitalaria. Actualmente, existen hipótesis no comprobadas que indican que el uso de mascarillas puede ayudar a reducir la severidad de la enfermedad (55; 56).
- El país se encuentra en una fase de mayor apertura y, dadas las condiciones laborales, algunas personas pueden preferir no consultar por temor a recibir una orden sanitaria, lo que puede verse reflejado en el número de casos diarios.
- Las personas pueden estar consultando de forma tardía los servicios de salud, por lo que un porcentaje de ellos ingresa directamente a las unidades de cuidados intensivos, impactando a su vez los porcentajes y tiempo de fallecimiento.

Parámetros

Dado que, con la evolución de la pandemia se va ganando experiencia en el cuidado y tratamiento de pacientes, se considera cambiar los parámetros de hospitalización en el tiempo y dejar de usar valores constantes durante toda la proyección, como se ha hecho hasta el momento. Inicialmente se definen dos periodos. La Tabla 45 muestra los principales parámetros con los que se realizan las pruebas, estos parámetros se toman teniendo en cuenta la última actualización de datos proporcionada por la CCSS el 1 de octubre.

Figura 207. Datos reales de hospitalización (rojo).



Las líneas verticales indican periodos en los que se observa un cambio en la dinámica de hospitalización.



Tabla 45. Parámetros utilizados en las simulaciones.

Parámetro	Valores del 6 de marzo al 25 de agosto	Valores del 25 de agosto a la actualidad
Porcentaje de hospitalización en salón	0-18 años: 1.82 19-64 años: 3.68 65 años y más: 37.53	0-18 años: 1.82 19-64 años: 3.68 65 años y más: 37.53
Porcentaje de personas hospitalizadas en salón que requieren UCI	0-18 años: 11 19-64 años: 33.6 65 años y más: 37.53	0-18 años: 11 19-64 años: 33.6 65 años y más: 37.53
Días hospitalizado en salón	0-18 años: 7 días 19-64 años: 11 días 65 años y más: 17 días	0-18 años: 4 días 19-64 años: 6 días 65 años y más: 8 días
Días hospitalizado en UCI	0-18 años: 7 días 19-64 años: 17 días 65 años y más: 18 días	0-18 años: 7 días 19-64 años: 10 días 65 años y más: 11 días

Figura 208. Proyección de hospitalización.

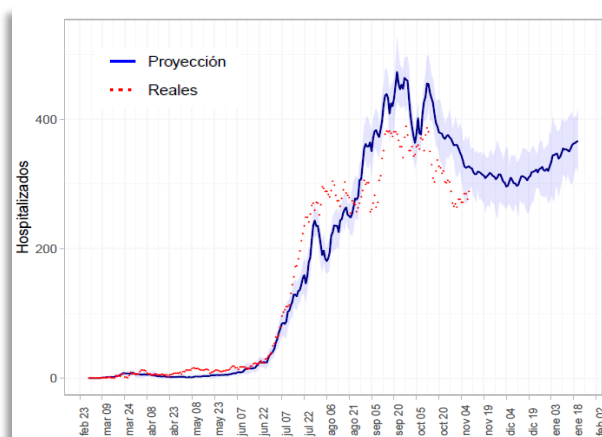


Figura 209. Proyección cuidados intensivos.

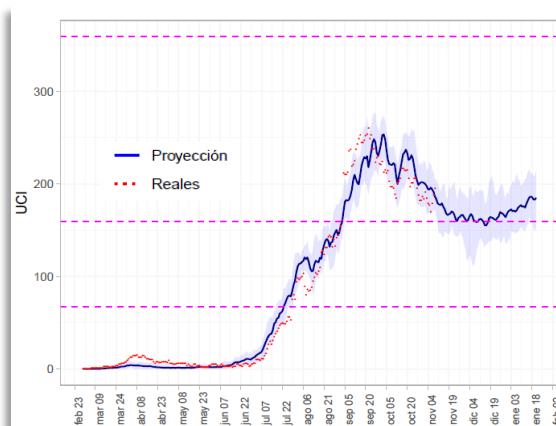
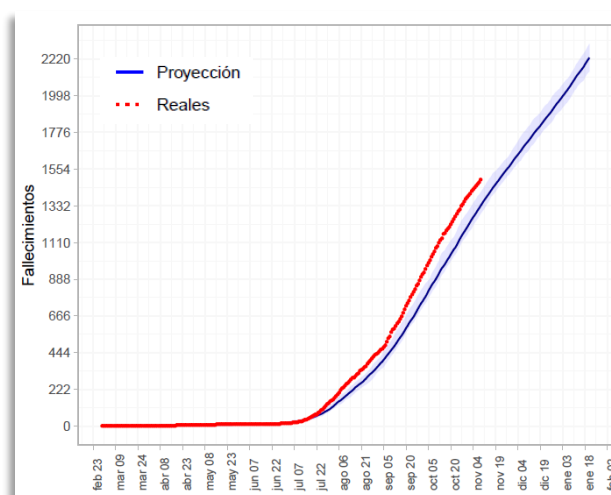


Figura 210. Proyección de fallecimientos.



Resultados

Hasta el momento, en el proceso de modelación se habían utilizado parámetros fijos de hospitalización durante todo el periodo de pandemia (estos parámetros son actualizados cada cierto tiempo por la CCSS).

Sin embargo, las pruebas y análisis que se han venido realizando han evidenciado la necesidad de tomar diferentes conjuntos de parámetros a lo largo del tiempo.

Estas primeras pruebas se hacen con parámetros diferentes antes y después del 25 de agosto (las gráficas que se muestran corresponden a 20 simulaciones).



Con las pruebas que se realizan con hospitalización, se observa de igual forma un mejor ajuste con el reporte de fallecimientos.

PROYECCIONES

Noviembre 10, 2020

A continuación, se presenta el cálculo del promedio móvil de hospitalizaciones y cuidados intensivos.

Figura 211. Indicador usando datos de hospitalización.

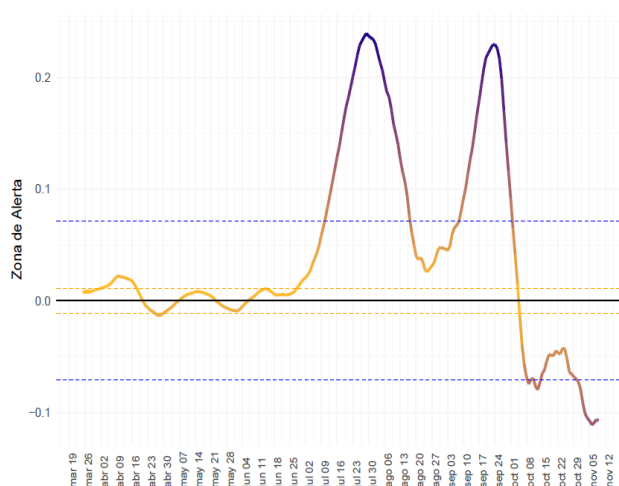
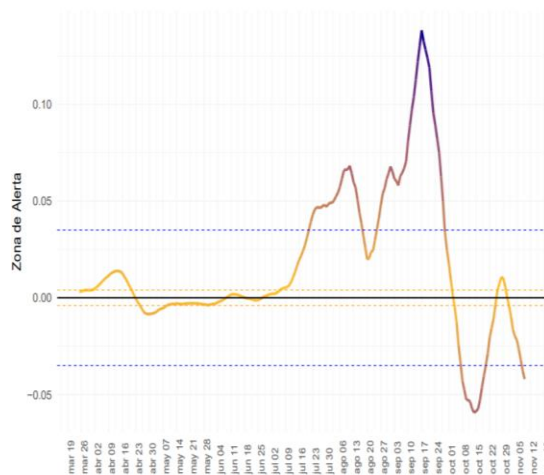


Figura 212. Indicador usando datos de UCI



Al calcular un promedio móvil de los datos de hospitalización, se pueden ver cuatro momentos:

1. Fase inicial de la pandemia hasta mediados de julio, el cual coincide con el incremento de casos en el país.
2. De mediados de julio a finales de agosto, que coincide con las fases de cierre y apertura y cerco epidemiológico.
3. Una tercera etapa de finales de agosto hasta mediados de octubre, que coincide con una fase de mayor apertura, modelo de corresponsabilidad y el uso obligatorio de mascarillas en espacios cerrados.
4. De mediados de octubre a la actualidad.

Noviembre 23, 2020

Se simulan dos escenarios:

Escenario 1: 50% de la población usa mascarilla (20 simulaciones)

Escenario 2: 60% de la población usa mascarilla (20 simulaciones)



Para estos escenarios, se toma de forma aleatoria un porcentaje de distanciamiento social de lunes a jueves de una distribución uniforme entre 40% y 60% y un valor entre 30% y 50% de viernes a domingo. Cada uno de los cantones cuenta con un porcentaje de distanciamiento social distinto dentro de estos rangos.

Las simulaciones consideran que una persona permanece como caso activo por 10 días después de ser diagnosticada. Se considera, además, que un 40% de los casos son no observados y un 60% de los casos son diagnosticados.

La base de nexos está actualizada hasta el 16 de octubre y lo casos reales hasta el 23 de noviembre.

Tabla 46. *Parámetros utilizados en el modelo para realizar las simulaciones.*

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	0-18 años: 1.82% 19-64 años: 3.68% mayores 65: 37.53%	Días promedio para recuperación una vez es diagnosticado	17 días al 12 de junio y 10 días del 13 de junio en adelante
Porcentaje de Personas hospitalizadas que requieren UCI	0-18 años: 11% 19-64 años: 33.6% mayores 65: 33%	Porcentaje de pacientes diagnosticados	60%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez ha presentado síntomas (diagnosticado y no diagnosticado)	5 días	Porcentaje de pacientes no diagnosticado	40%
Promedio de días desde inicio de síntomas a UCI	11 días (esto implica 5 días entre salón y UCI)	Porcentaje de personas diagnosticadas que no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Días promedio que una persona permanece en UCI	0-18 años: 4.1 días 19-64 años: 17.4 días mayores 65: 17.8 días	Tasa de transmisión	0,21
Días promedio que una persona permanece en salón	0-18 años: 7.4 días 19-64 años: 10.7 días mayores 65: 16.7 días	Período de incubación	6 días
Porcentaje de mortalidad en salón	0-18 años: 0% 19-64 años: 4% mayores 65: 27%	Tiempo en el que una persona está en salón antes de fallecer	6 días
Porcentaje de mortalidad en UCI	0-18 años: 0% 19-64 años: 23% mayores 65: 46%	Tiempo en el que una persona en UCI antes de fallecer	9 días



Figura 213. Proyección casos Acumulados.

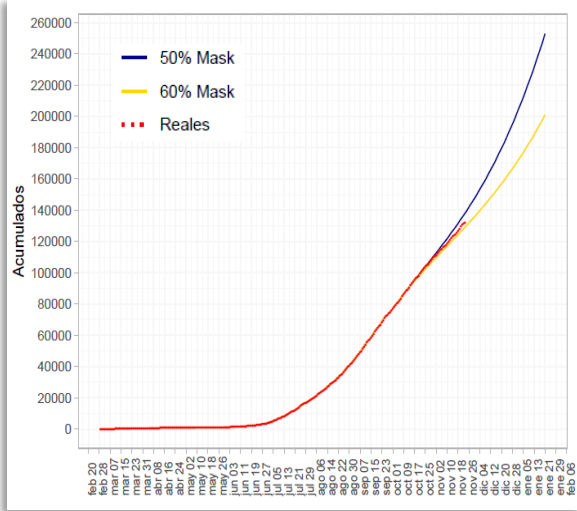


Figura 214. Proyecciones hospitalización.

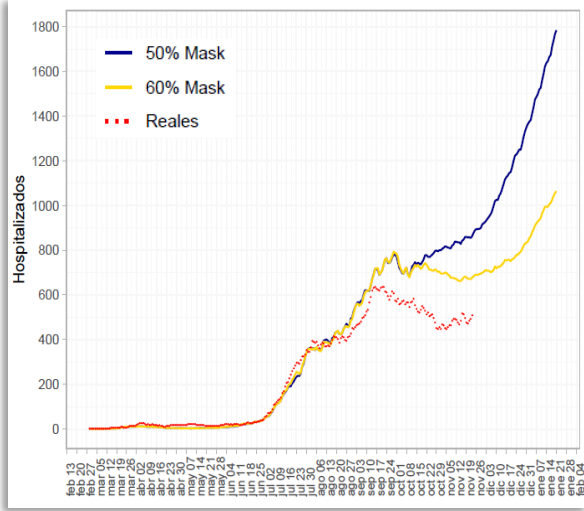


Figura 215. Proyección UCI

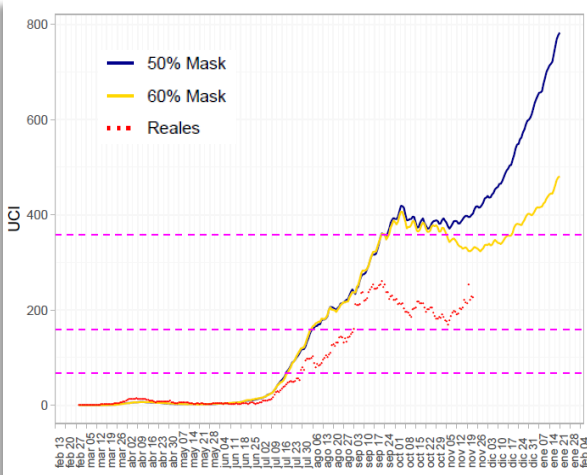
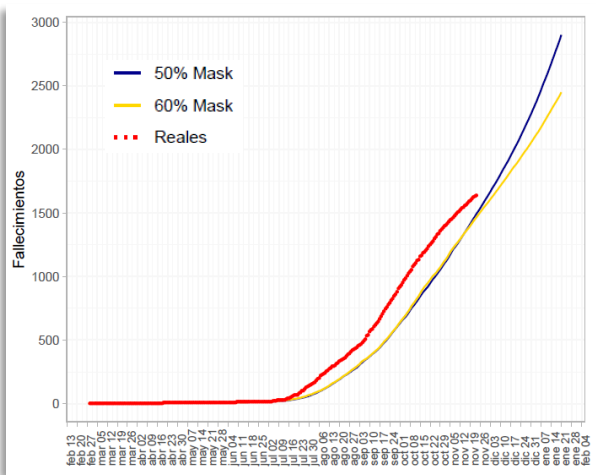


Figura 216. Proyección fallecimientos.





Noviembre 30, 2020

Resultados

La tendencia de los casos reales reportados (rojo) se acerca a la trayectoria en la que se considera que un porcentaje mayor de la población usa medidas de proyección personal, en este caso, cuando se asume un 60% de la población (amarilla). Lo que además sugiere que, la implementación de medidas de autocuidado permite desacelerar la propagación del virus teniendo un impacto directo en la desaceleración de las personas hospitalizadas.

Por otro lado, los resultados en hospitalización y muertes indican que es necesaria una revisión de los parámetros, ya que, aunque se captura la tendencia, la proyección sobreestima los casos reales observados.

Para esta proyección:

- Se corren 24 simulaciones.
- Se asume que un 60% de las personas usa medidas de protección personal.
- La base de nexos se actualiza hasta el 16 de octubre.
- Se muestrea el parámetro de distanciamiento social de una distribución uniforme con límites entre 40% y 60% para los días de lunes a jueves y para los fines de semana, viernes a domingo, se muestrea de una distribución con límites del 30% y 50%. Cada uno de los cantones cuenta con un porcentaje de distanciamiento social distinto dentro de estos rangos.
- Se asume un conjunto de parámetros para las hospitalizaciones antes y después del 9 de septiembre, fecha aproximada en la que se observa un cambio en la dinámica hospitalaria (ver Figura).



Tabla 47. Parámetros utilizados para las simulaciones.

Parámetros Hospitalización	Antes del 9 de Sept (Con datos al 1 de Oct)	Después del 9 de Sept (Con datos del 24 de Nov)
Días entre síntomas y hospitalización	5 días	
Días para que un paciente pase de salón a UCI	6 días	3 días
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	0-18 años: 1,82% 19-64 años: 3,68% mayores de 65 años: 37,53%	0-18 años: 1,58% 19-64 años: 3,44% mayores de 65 años: 34,44%
Días que un paciente permanece en salón	0-18 años: 7 días 19-64 años: 10 días mayores de 65 años: 15 días	
Días que un paciente permanece en UCI	0-18 años: 4 días 19-64 años: 14 días mayores de 65 años: 11 días	
Porcentaje de pacientes hospitalizados que requieren UCI	0-18 años: 11% 19-64 años: 33,6% mayores de 65 años: 33,16%	0-18 años: 13,2% 19-64 años: 35% mayores de 65 años: 34%
Mortalidad en salón	0-18 años: 0% 19-64 años: 4% mayores de 65 años: 27%	
Mortalidad en UCI	0-18 años: 0% 19-64 años: 23% mayores de 65 años: 44%	

Figura 217. Proyección de casos acumulados.

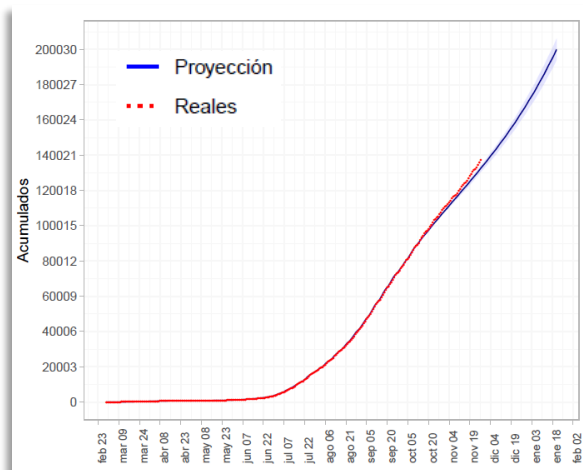


Figura 218. Proyección de hospitalizados.

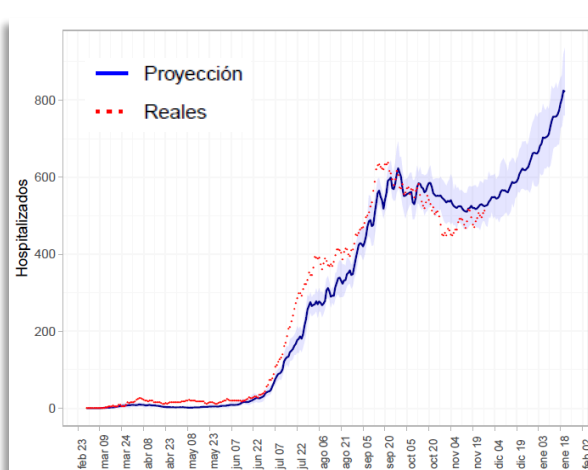




Figura 219. Proyección de ingresos a cuidados intensivos.

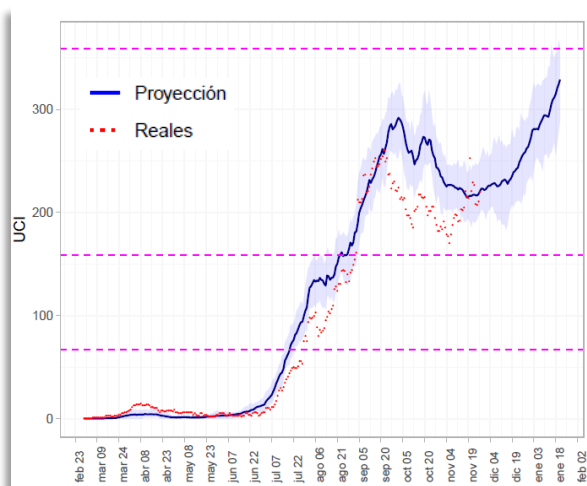
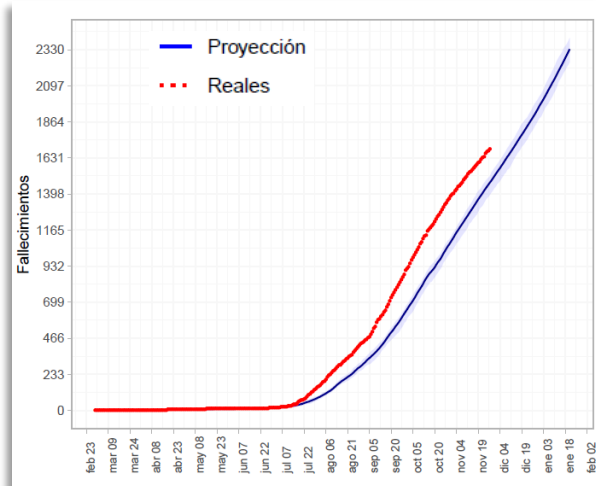


Figura 220. Proyección de fallecimientos.



Resultados

Las proyecciones muestran un mejor ajuste de las hospitalizaciones. Para estas simulaciones se tomaron valores diferentes, antes y después del 9 de septiembre, en los porcentajes de ingreso a salón, ingreso a UCI y se acortó el tiempo que una persona está en salón antes de ingresar a UCI. Es importante tener en cuenta que algunas personas ingresan directamente a cuidados intensivos, sin embargo, dicha transición no se considera en el modelo, en este se asume que toda persona ingresa primero a salón y luego a UCI, por lo que este tiempo entre salón y UCI en realidad está capturando tanto a las personas que hacen dicha transición como a las que entran directamente a cuidados intensivos.

El porcentaje de personas diagnosticadas que son hospitalizadas se reduce en los tres grupos etarios; la mayor reducción se da en personas mayores de 65 años y los porcentajes de personas hospitalizadas que son ingresadas a UCI aumentan en los tres grupos.

Los resultados indican que aún es necesario revisar los parámetros relacionados con las muertes.



DICIEMBRE

2020



Diciembre 2020

Contexto país

Al mes de diciembre, el país continuaba con altos niveles de contagio y de ocupación hospitalaria. Sin embargo, ante la falta de recursos económicos para volver a tomar medidas restrictivas como las implementadas a inicios de año, el gobierno de la República realizaba llamados a la población y a la responsabilidad individual para mitigar el impacto que el COVID-19 estaba teniendo sobre los centros de salud.

En cuanto a las medidas sanitarias, se continuaba bajo el modelo de gestión compartida y una restricción vehicular a partir de las 10:00 p.m. de lunes a viernes y a partir de las 9:00 p.m. los fines de semana, horario en el que además trabajaban los establecimientos comerciales. En preparación a los días festivos, durante el mes el gobierno de la República anunciaba una restricción vehicular sanitaria a partir de las 7:00 p.m. para el 31 de diciembre

Durante el último mes del año, se actualizan también los lineamientos de vigilancia de la enfermedad COVID-19, en los que se establece que los contactos cercanos de un caso confirmado que no presentara síntomas se pondrían en cuarentena en el domicilio por un espacio total de 10 días, los cuales se contarían a partir de la fecha en que se dio el último contacto con el caso confirmado. Mientras tanto, los contactos cercanos de un caso confirmado que no presenten síntomas y que sean cuidadores de personas de riesgo, trabajadores de hogares de larga estancia, centros penitenciarios y trabajadores de la salud deberán tener una cuarentena de 14 días. Se incorpora, además, en esta versión del lineamiento, la definición de COVID prolongado (12).

Inicio de vacunación en Costa Rica

El 24 de diciembre del 2020, marca el inicio de la campaña de vacunación en Costa Rica. Esta inicia tan solo 15 días posterior a que el Reino Unido se convirtiera en el primer país del mundo en iniciar a utilizar la vacuna BNT162b2 de Pfizer-BioNTech contra la COVID-19 (65)

Para la aplicación de la vacuna, la Comisión Nacional de Vacunación y Epidemiología anunció 5 grupos de vacunación en el orden de prioridad para su colocación, orden que fue seleccionado basado en el riesgo tanto de enfermar gravemente y morir, como el riesgo de contagiarse y contagiar a otras personas. De esta forma, las personas adultas mayores que habitan en un centro de larga estancia, así como quienes laboran en estos sitios, y el personal sanitario, policial y de emergencia serían los primeros en recibir la vacuna. Este personal de primera línea que se encontró conformado por: las y los trabajadores de la CCSS, el Ministerio de Salud, el personal que labora en los hospitales privados, la Comisión Nacional de Emergencias, Bomberos, Cruz Roja y los cuerpos policiales de: seguridad, tránsito, migración, penitenciarios, municipales y OIJ. Una vez completada en su totalidad la vacunación del primer grupo se pasará al segundo y así sucesivamente (12).



Figura 221. Grupos de vacunación anunciados en diciembre del 2020

Priorización de grupos a vacunar contra COVID-19



Según los criterios de riesgo establecidos por la **Comisión Nacional de Vacunación y Epidemiología** (tanto el riesgo de enfermar gravemente y morir, como el riesgo de contagiarse y contagiar a otras personas) se establecieron los grupos a vacunar.

Se inicia con el primer grupo y una vez completado, se pasa al segundo y así sucesivamente.

Las fechas de inicio y finalización de la vacunación de cada grupo dependerán de las entregas de las vacunas por parte de las empresas farmacéuticas.



Fuente: Comisión Nacional de Vacunación y Epidemiología. Ministerio de Salud

Situación epidemiológica

Durante el mes de diciembre, el Ministerio de Salud reportaba un total de 169 321 casos confirmados, para una tasa de incidencia acumulada de 3312 casos por cada 100 mil habitantes. Además, se reportaba un total de 2185 fallecimientos, para una tasa de mortalidad del 1.3%, convirtiendo a esta patología en la principal causa de mortalidad durante el 2020.

En cuanto a hospitalizaciones, al 31 de diciembre 351 personas se encontraban hospitalizadas en salón, mientras que 239 personas se encontraban en UCI. La alta ocupación en los servicios hospitalarios llevo a que la notificación el diciembre un 97%.

Tabla 48. Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de diciembre del 2020

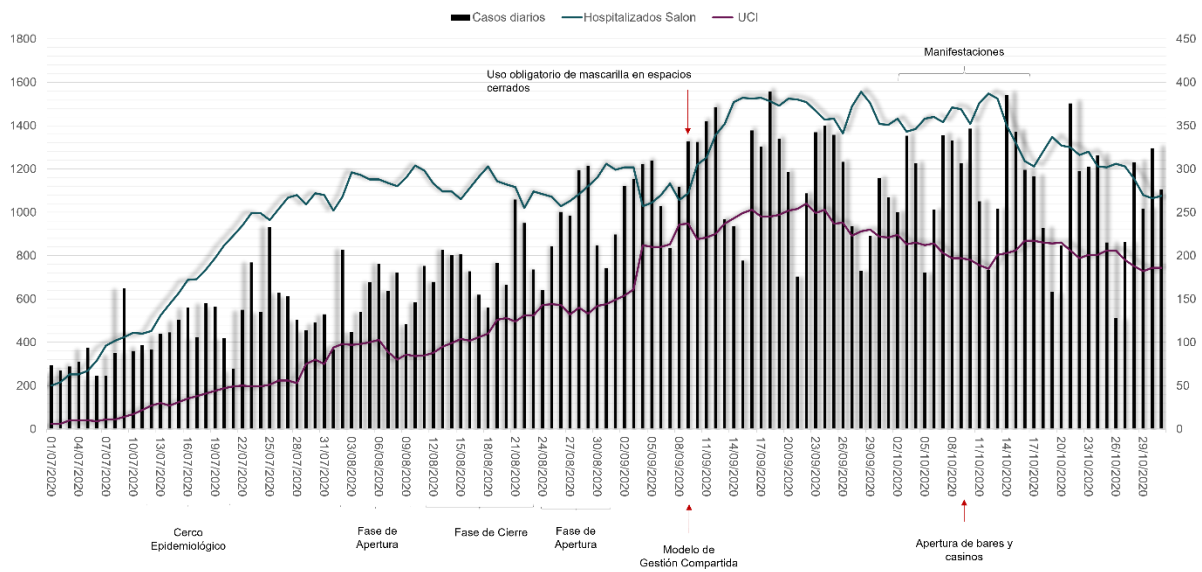
Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de diciembre 2020	
Acumulados	109.321
Recuperados	66791
Hospitalizados Salón	269
Hospitalizados UCI	186
Fallecimientos	1385

Fuente: datos tomados del Ministerio de Salud



Figura 222. Situación Epidemiológica COVID-19 al 31 de diciembre 2020.

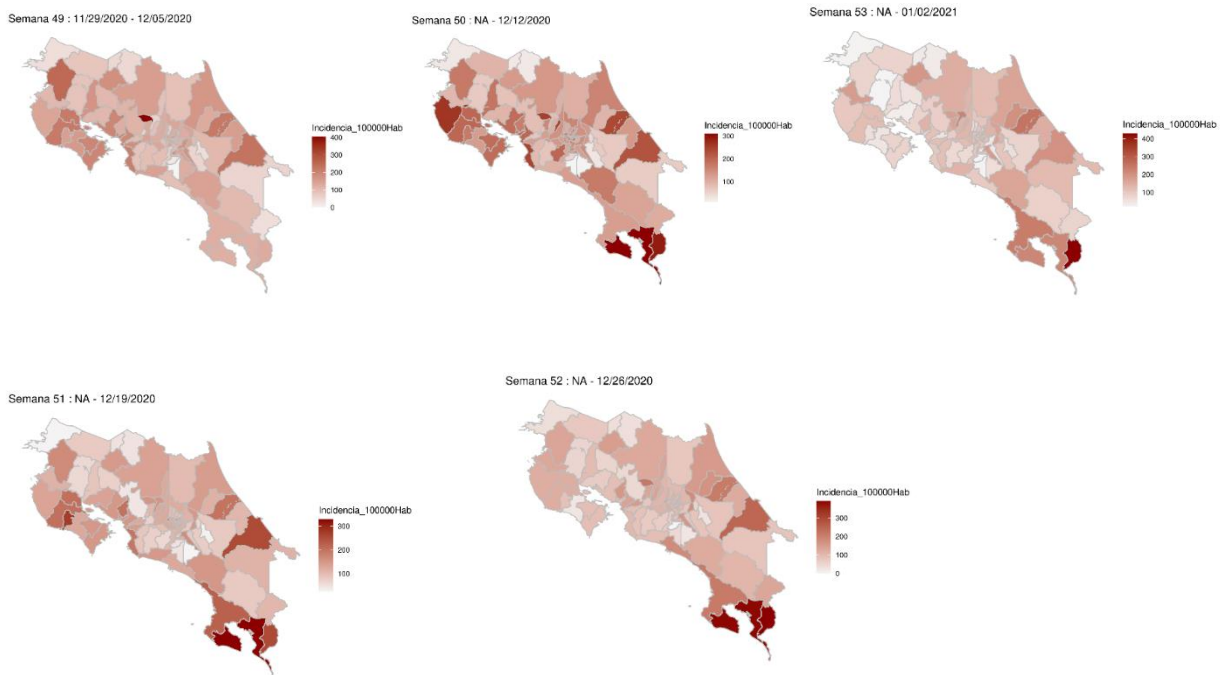
Octubre



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud

En cuanto a la distribución geográfica de los casos detectados, durante diciembre se reportaron casos positivos en 82 cantones de las siete provincias, presentándose una alta incidencia en la mayor parte de los cantones del país.

Figura 223. Distribución cantonal de los casos COVID-19 en Costa Rica al 30 de diciembre 2020



Fuente: elaboración propia. Datos tomados del Ministerio de Salud



Proyecciones

Diciembre 8, 2020

Para estas proyecciones:

- Se simulan dos escenarios considerando dos valores diferentes para el porcentaje de personas que toman medidas de autocuidado.
 - 60% de uso de mascarilla (89 simulaciones).
 - 58% de uso de mascarilla (48 simulaciones).
- La base de nexos está actualizada hasta el 16 de octubre.
- Se muestrea el parámetro de distanciamiento social de una distribución uniforme con límites entre 40% y 60% para los días de lunes a jueves y para los fines de semana, viernes a domingo, se muestrea de una distribución con límites del 30% y 50%. Cada uno de los cantones cuenta con un porcentaje de distanciamiento social distinto dentro de estos rangos.
- Se asume un conjunto de parámetros para las hospitalizaciones antes y después del 1 de octubre ([Tabla 49](#)).

Tabla 49. Parámetros de hospitalización utilizados en el modelo para las simulaciones.

Parámetros Hospitalización	Antes del 1 de oct.	Después del 1 de oct.
Días entre síntomas y hospitalización	5 días	
Días para que un paciente pase de salón a UCI	6 días	3 días
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	0-18 años: 1.82% 19-64 años: 3.68% mayores de 65 años: 37.53%	0-18 años: 1.58% 19-64 años: 3.44% mayores de 65 años: 34.44%
Días que un paciente permanece en salón	0-18 años: 7 días 19-64 años: 10 días mayores de 65 años: 15 días	
Días que un paciente permanece en UCI	0-18 años: 4 días 19-64 años: 14 días mayores de 65 años: 11 días	
Porcentaje de pacientes hospitalizados que requieren UCI	0-18 años: 11% 19-64 años: 33.6% mayores de 65 años: 33.16%	0-18 años: 13.2% 19-64 años: 35% mayores de 65 años: 34%
Mortalidad en salón	0-18 años: 0% 19-64 años: 4% mayores de 65 años: 27%	
Mortalidad en UCI	0-18 años: 0% 19-64 años: 23% mayores de 65 años: 44%	



Figura 224. Proyección casos acumulados.

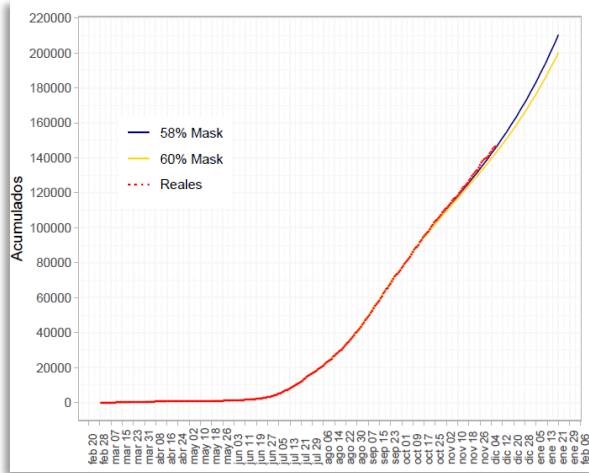


Figura 225. Proyección hospitalizaciones.

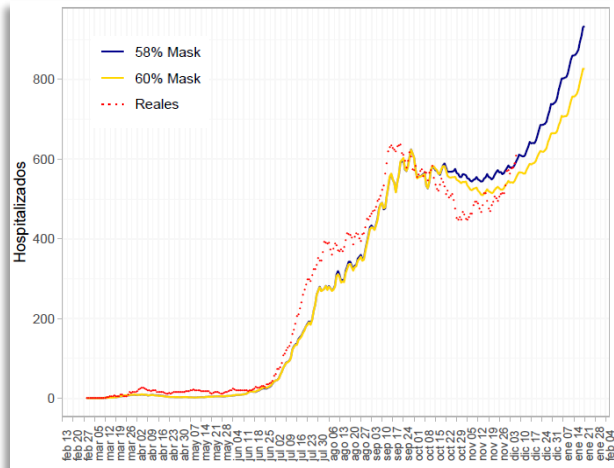


Figura 226. Proyección ingreso a cuidados intensivos.

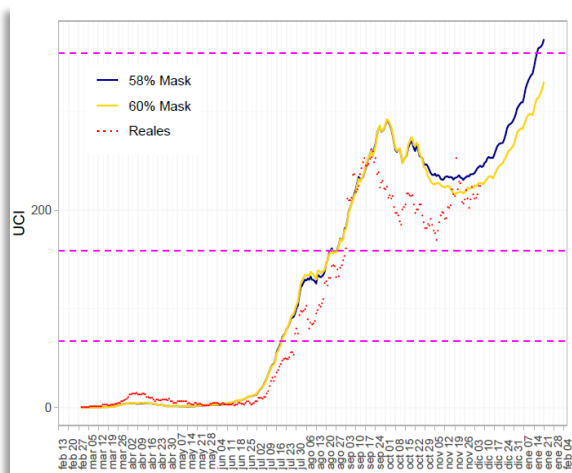
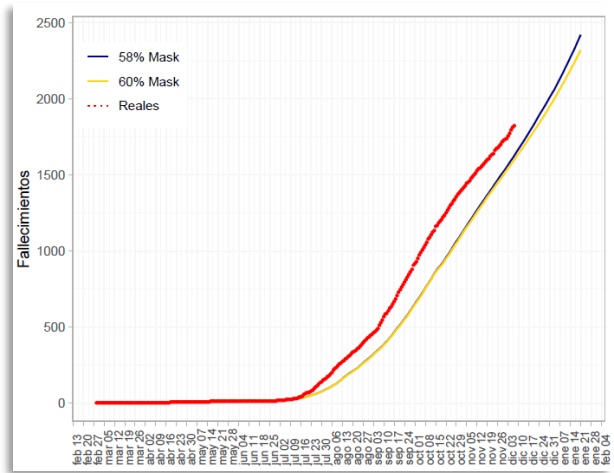


Figura 227. Proyección fallecimientos.



Resultados

Los resultados muestran que los casos reales reportados se ajustan mejor a la trayectoria en la que se disminuye el porcentaje de personas que usan protección personal. En simulaciones anteriores, el valor que daba una trayectoria más cercana a la dinámica real era un 60%.



Diciembre 15, 2020

Teniendo en cuenta los mismos supuestos y parámetros de la proyección anterior, se corre una gama de escenarios en los que se consideran diferentes porcentajes para la población que sigue medidas de autocuidado (en la leyenda de las figuras se hace referencia a este valor como Mask o Mascarilla).

Figura 228. Proyecciones casos acumulados.

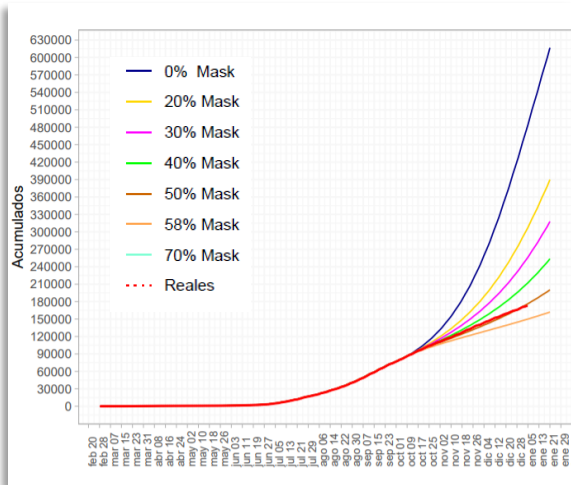


Figura 229. Proyecciones de hospitalizaciones.

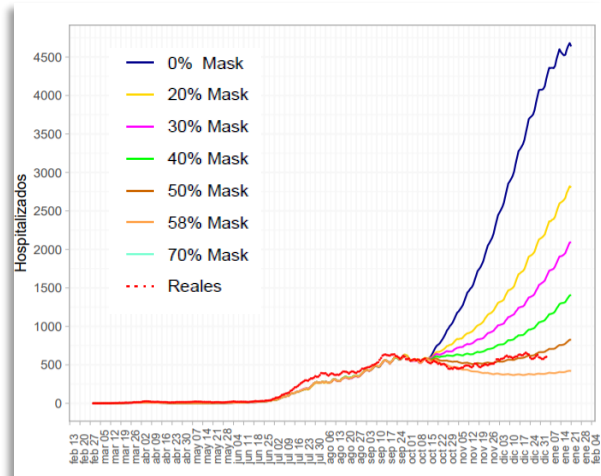


Figura 230. Proyecciones admisiones a cuidados intensivos.

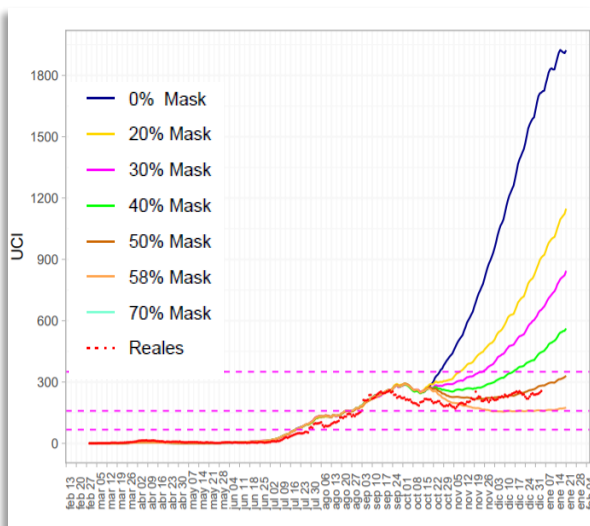
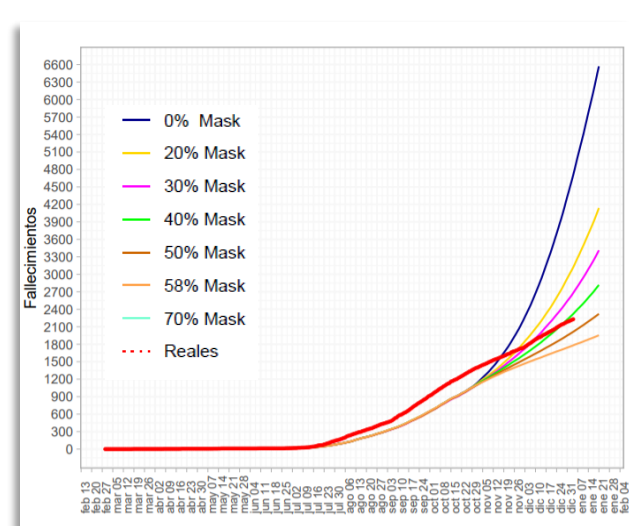


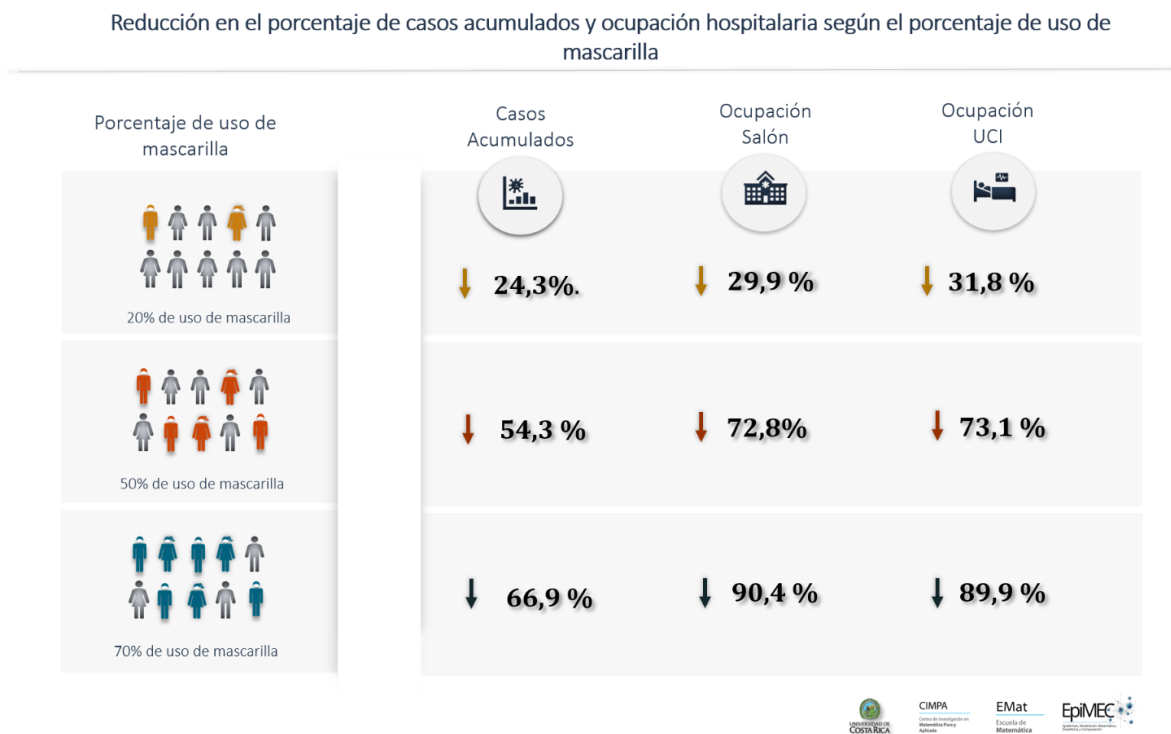
Figura 231. Proyecciones de fallecimientos.



Teniendo en cuenta estos resultados, se tomó como base el escenario en el que se considera que ninguna persona sigue medidas de autocuidado (0% Mask) para calcular los porcentajes en reducción de casos y hospitalizaciones cuando estos porcentajes cambian, los resultados se resumen en la Figura.



Figura 232. Resumen de resultados.



Resultados

Las proyecciones se realizaron el 15 de diciembre, sin embargo, las gráficas presentadas incluyen los datos reales actualizados hasta el 5 de enero del 2021. Se estuvo haciendo un seguimiento de lo proyectado versus los datos reales y hasta los primeros días de enero, los datos reales se mantuvieron sobre la trayectoria que considera que el 58% de la población adopta medidas de proyección personal.

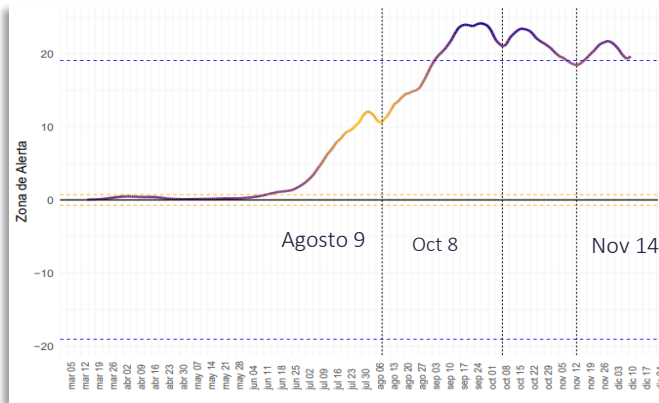
Es importante tener en cuenta que existen otros parámetros que afectan las proyecciones, como el porcentaje de distanciamiento social y el porcentaje de personas que son diagnosticadas. Para los efectos de este análisis, dichos valores se mantuvieron fijos y solo se cambió el porcentaje de personas que usan mascarilla.

La eficacia de la mascarilla está asociada al tiempo que se porte y al uso adecuado de esta, así como del distanciamiento social y todas las medidas sanitarias recomendadas. Estos factores no son capturados en el modelo.



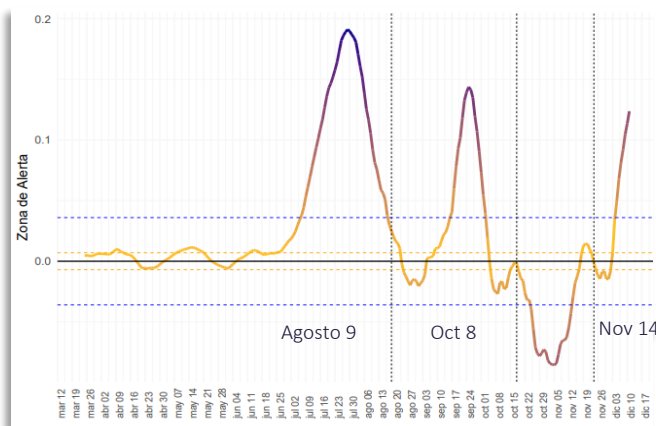
Indicador

Figura 233. Indicador de tendencia para los casos acumulados a nivel país.



Además de los escenarios con diferentes porcentajes de protección personal, se calcula el indicador de promedio móvil para los casos acumulados, hospitalizaciones y fallecimientos usando los datos país y a nivel regional. Se identifican aquellos puntos en los que se dan cambios en la dinámica del indicador y se identifican en el tiempo algunas de las medidas implementadas por las autoridades de salud, esto con el fin de analizar la tendencia en el contexto de las medidas sanitarias.

Figura 234. Indicador de tendencia para los casos hospitalizados a nivel país.

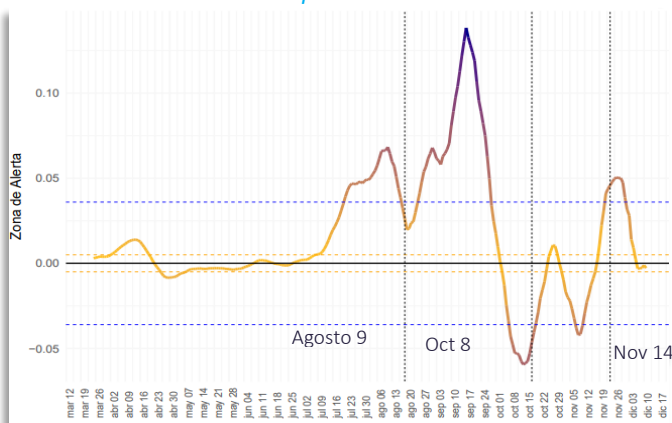


Principales medidas y eventos ocurridos en los periodos de cambio del indicador

Agosto 9- octubre 8

- Agosto 1-30:** Fases de Danza y Martillo.
- Septiembre 9:** Uso mascarilla obligatoria.
- Modelo de corresponsabilidad.

Figura 235. Indicador de tendencia para los ingresos a cuidados intensivos a nivel país.

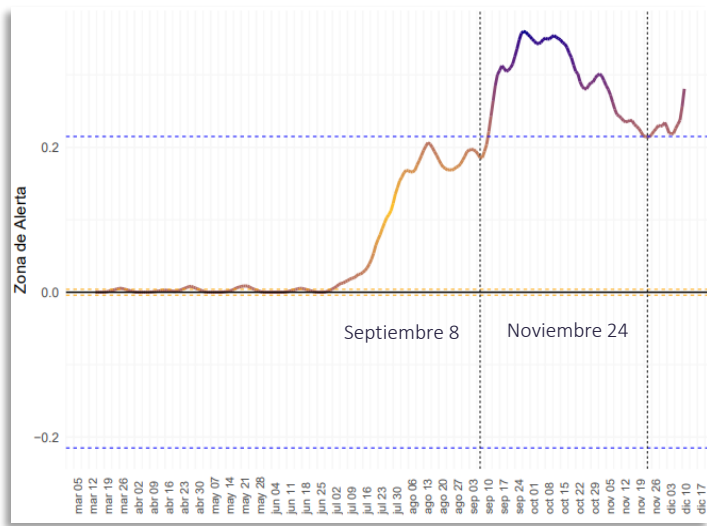


Antes del 9 de agosto

- Fases de apertura:** 1 de junio inicia la fase 2 de apertura. El 27 de junio avanzan a fase 3 cantones en alerta amarilla.
- Junio 28:** Empieza aumento de hospitalizaciones y casos.
- Cerco Epidemiológico:** julio 11-19
- Martillo:**



Figura 236. Indicador de tendencia para los fallecimientos a nivel país.



Octubre 8 – noviembre 14

Octubre 9: Apertura de bares y casinos

Octubre 26: País deja de exigir pruebas PCR a turistas.

Noviembre 1: Apertura de fronteras

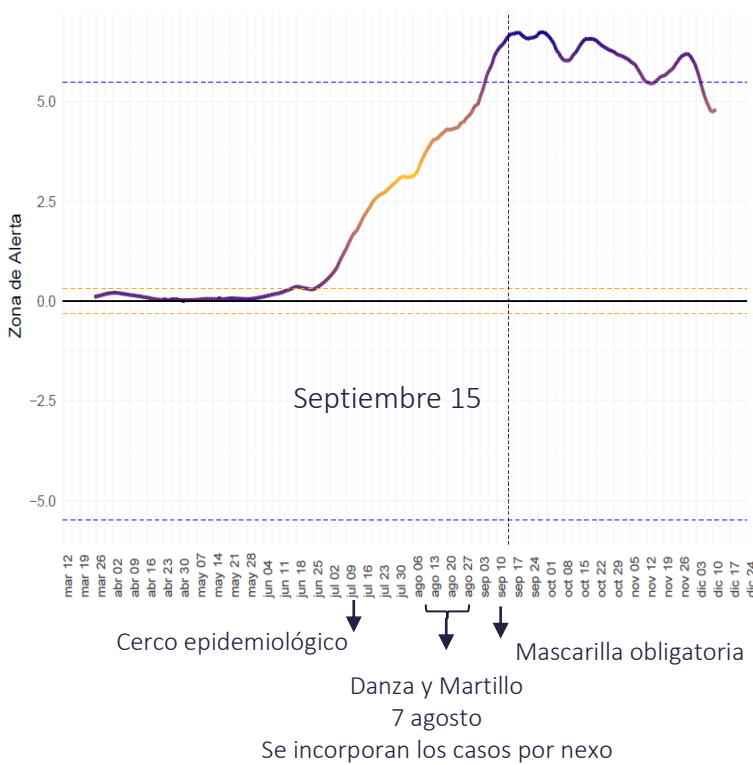
Septiembre 30 a octubre 15: Manifestaciones

3-7 nov: Influencia indirecta huracán ETA.

Tendencia por regiones

Región Central Norte

Figura 237. Indicador de tendencia de los casos reales acumulados reportados en la región central norte. Lista de cantones pertenecientes a la región y su localización geográfica.



Alajuela	San Isidro
Alfaro Ruíz	San Pablo
Atenas	San Rafael
Barva	San Ramón
Belén	Santa Bárbara
Flores	Santo Domingo
Grecia	Sarapiquí
Heredia	Tibás
Naranjo	Valverde Vega
Palmares	Moravia
Poás	San José



Resultados

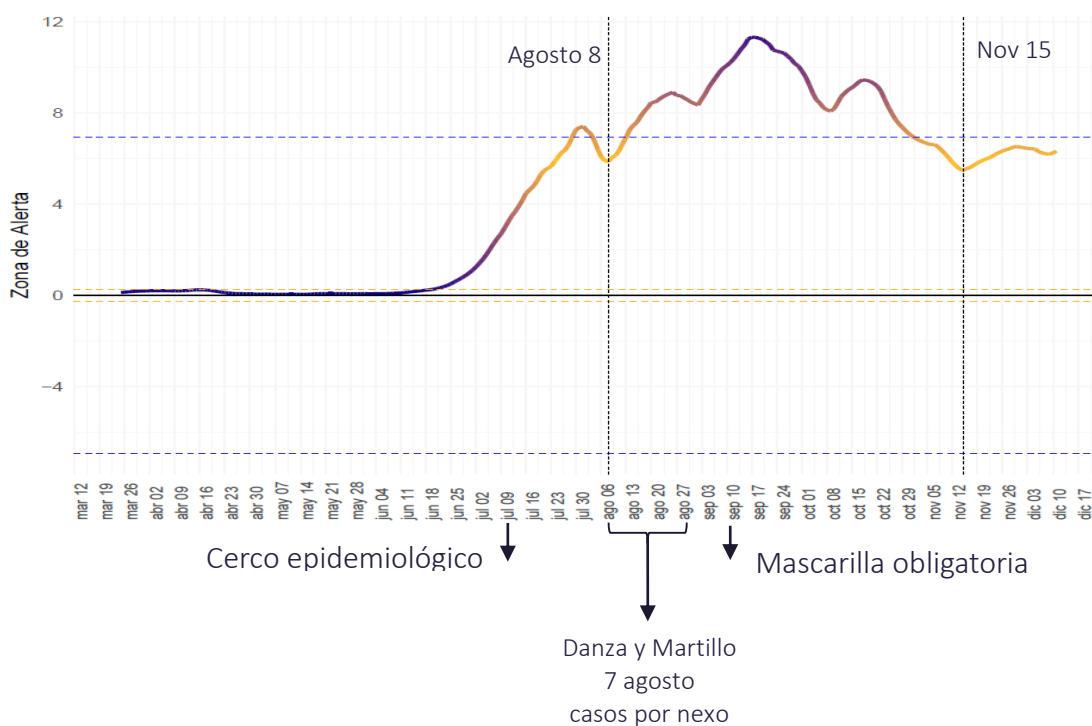
En el indicador se observa una tendencia al alza con una fuerza mayor hasta el 15 de septiembre aproximadamente. Después de allí, aunque la tendencia al alza se mantiene, disminuye la fuerza con la que se venía presentando. A este punto, son varias las intervenciones hechas para desacelerar el crecimiento de los casos como el cerco epidemiológico, los periodos danza y martillo y se implementó el uso de mascarilla obligatoria.

Región Central Sur

Figura 238. Lista de cantones pertenecientes a la región Central Sur y su localización geográfica. Indicador de tendencia de los casos reales acumulados reportados en la región.



Acosta	Goicoechea	San José
Alajuelita	Jiménez	Santa Ana
Alvarado	La Unión	Tarrazú
Aserrí	León Cortés	Turrialba
Cartago	Montes de Oca	Turrubares
Curridabat	Mora	Vázquez de Coronado
Desamparados	Moravia	Paraíso
Dota	Oreamuno	Puriscal
El Guarco	Escazú	





Resultados

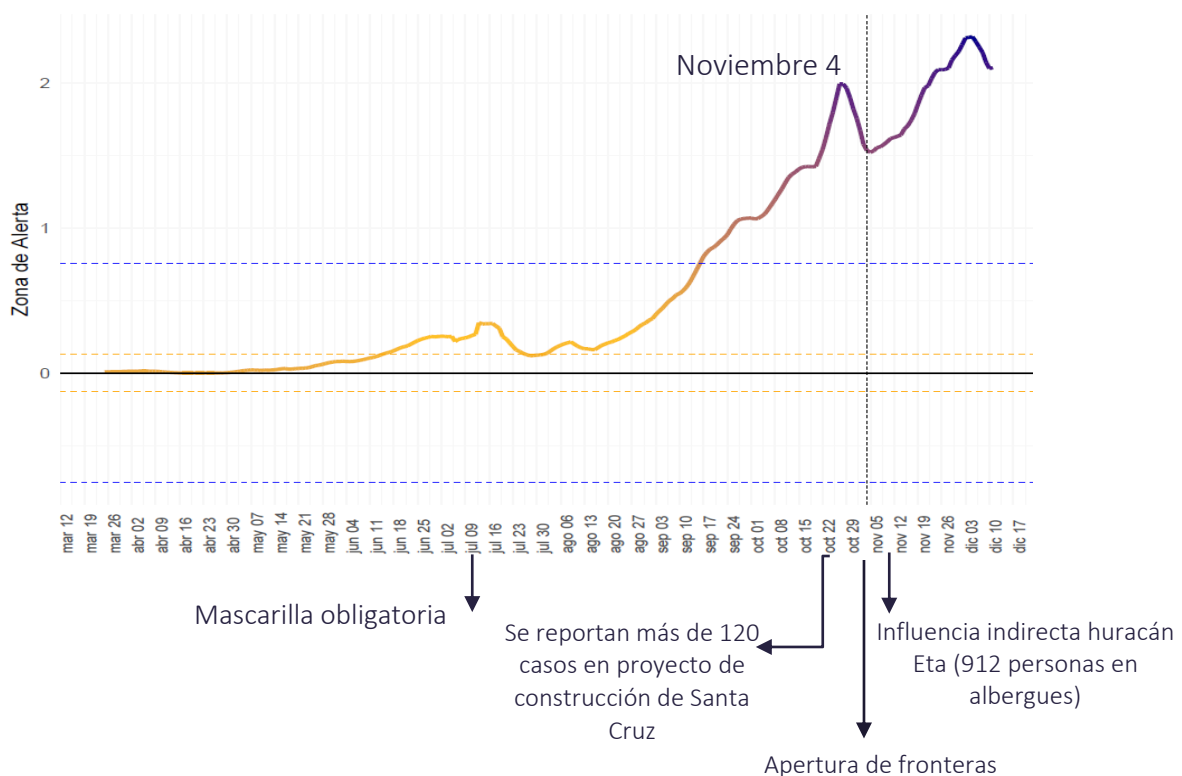
La tendencia de los casos en la región Central Sur oscila por periodos de tiempo entre el 8 de agosto y el 15 de noviembre, en los que, aunque se mantiene una tendencia al alza, esta gana o pierde fuerza en cada periodo. Antes del 8 de agosto, el crecimiento de los casos se venía dando de forma acelerada, pero a partir de allí, este empieza a desacelerarse y a mediados de septiembre la fuerza de crecimiento empieza a disminuir hasta el 15 de noviembre, aproximadamente.

Región Chorotega

Figura 239. Lista de cantones pertenecientes a la región Chorotega y su localización geográfica. Indicador de tendencia de los casos reales acumulados reportados en la región.



Abangares	Nandayure
Bagaces	Nicoya
Cañas	Santa Cruz
Carrillo	Tilarán
Hojancha	Upala
La Cruz	Puntarenas
Liberia	



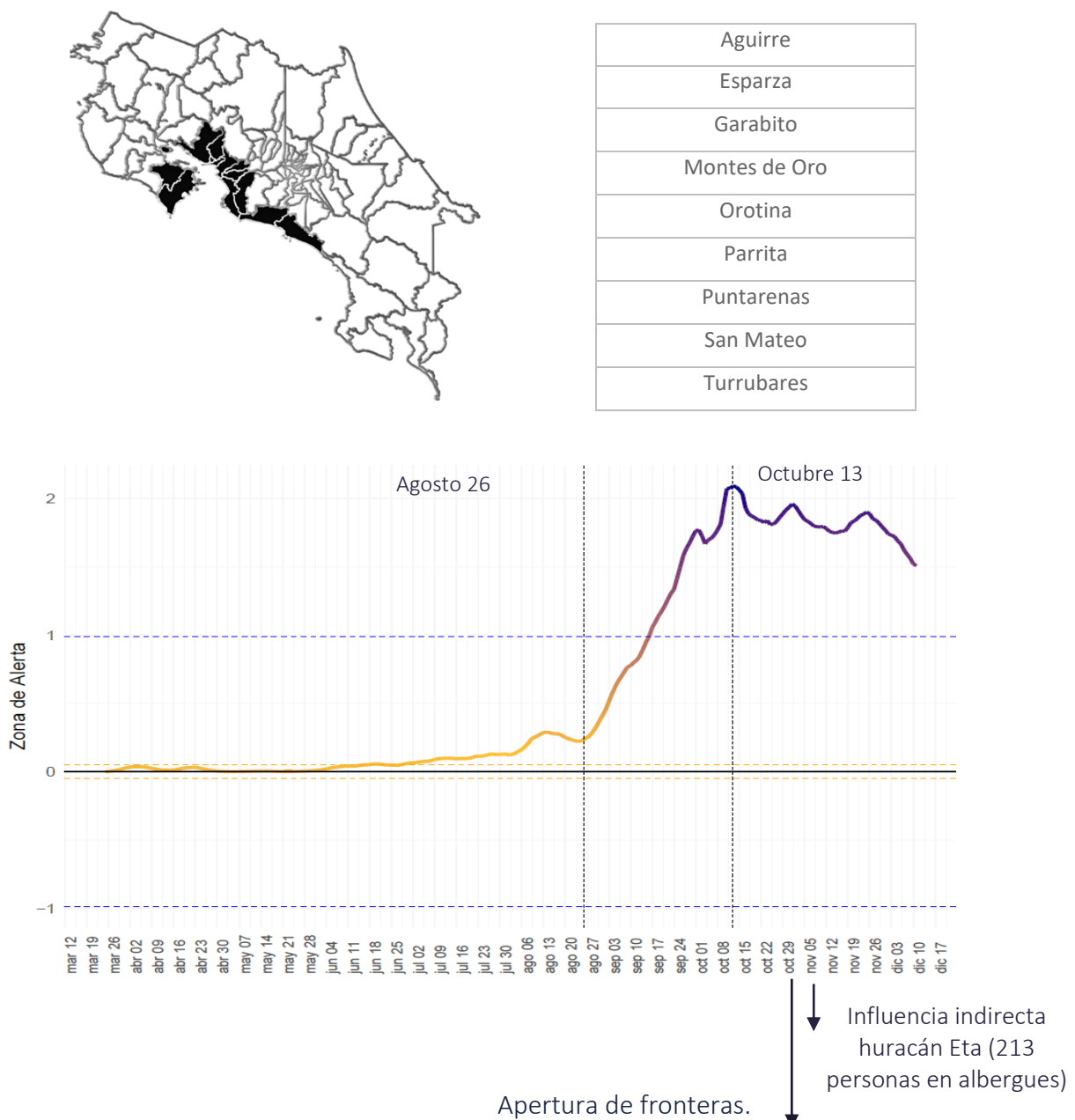


Resultados

El crecimiento de los casos empieza a tomar fuerza a partir del mes de agosto hasta inicios de noviembre, en donde se observa una desaceleración en el aumento. Sin embargo, luego de la apertura de las fronteras, el crecimiento de los casos se vuelve a acelerar.

Región Pacífico Central

Figura 240. Lista de cantones pertenecientes a la región Pacífico Central y su localización geográfica. Indicador de tendencia de los casos reales acumulados reportados en la región.





Resultados

El aumento de los casos se mantiene en una tendencia al alza con mayor fuerza entre el 16 de agosto y el 13 de octubre, aproximadamente; después de allí, el crecimiento se desacelera entrando en una meseta.

Región Brunca

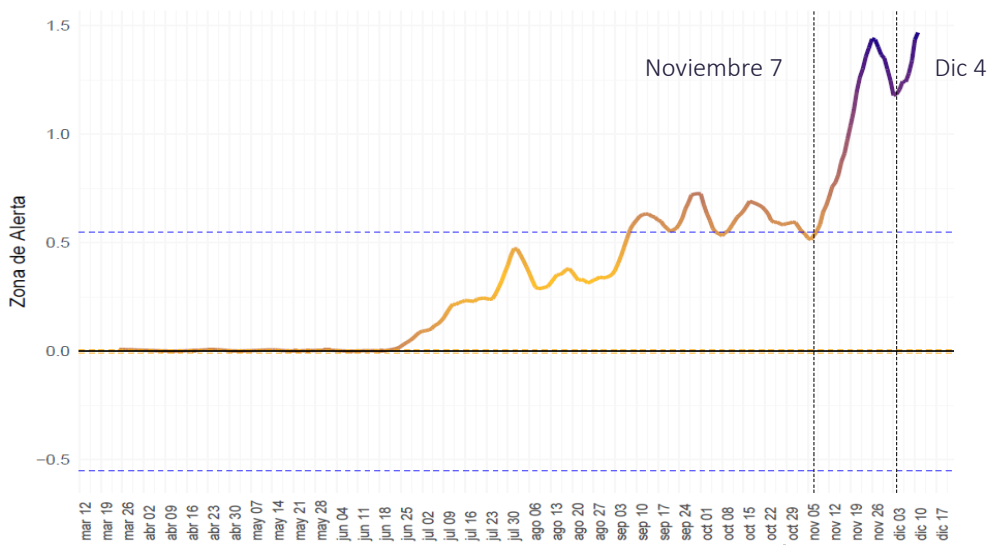
Figura 241. Lista de cantones pertenecientes a la región Pacífico Brunca y su localización geográfica. Indicador de tendencia de los casos reales acumulados reportados en la región.



Buenos Aires
Corredores
Coto Brus
Golfito
Osa
Pérez Zeledón

Pico en el número de recolectores estimados para la cosecha de café:

- Noviembre: 8641 recolectores
- Diciembre: 7115 recolectores



Apertura de fronteras.

Influencia indirecta huracán Eta (757 personas en albergues)

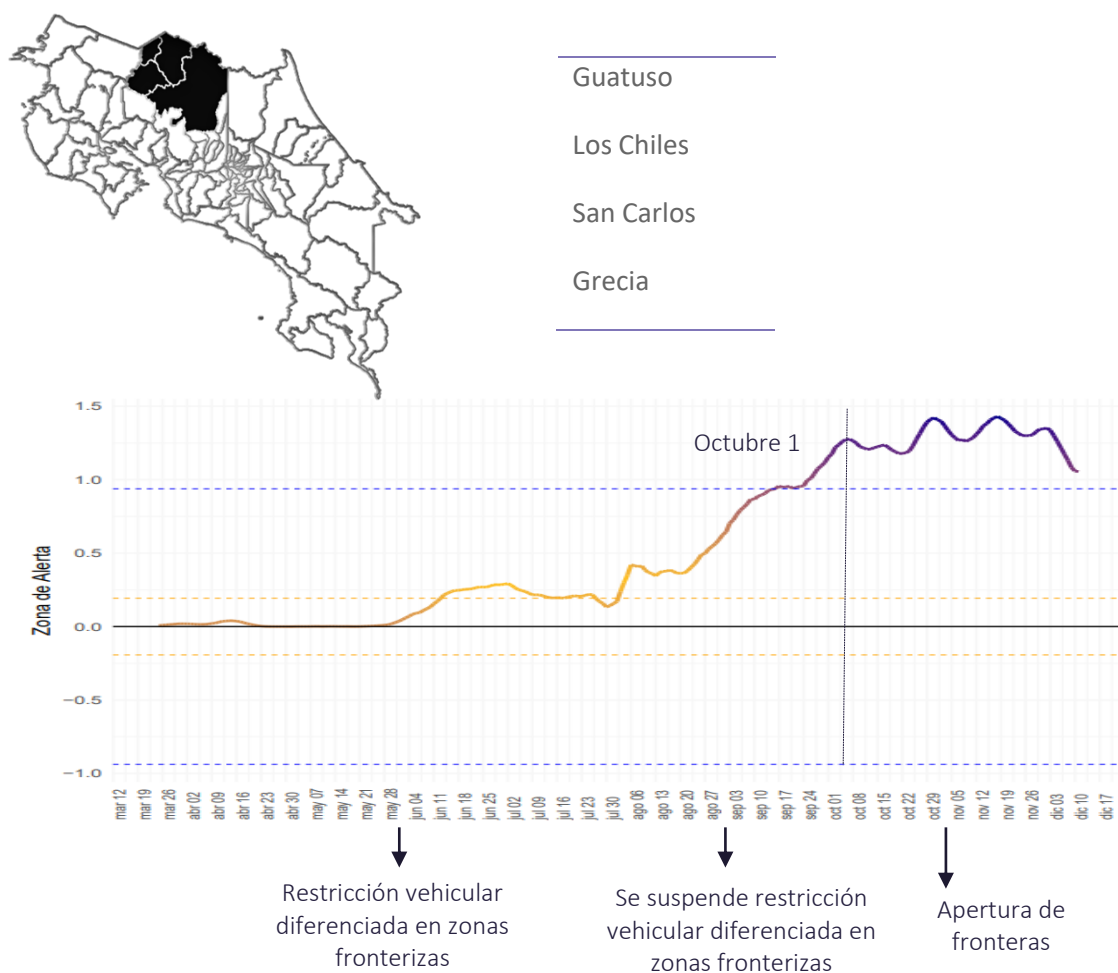


Resultados

En la región Brunca, la tendencia se ha mantenido al alza, aunque se ve un crecimiento con mayor fuerza después del 7 de diciembre, luego de darse la apertura de las fronteras.

Región Huetar Norte

Figura 242. Lista de cantones pertenecientes a la región Huetar Norte y su localización geográfica. Indicador de tendencia de los casos reales acumulados reportados en la región.



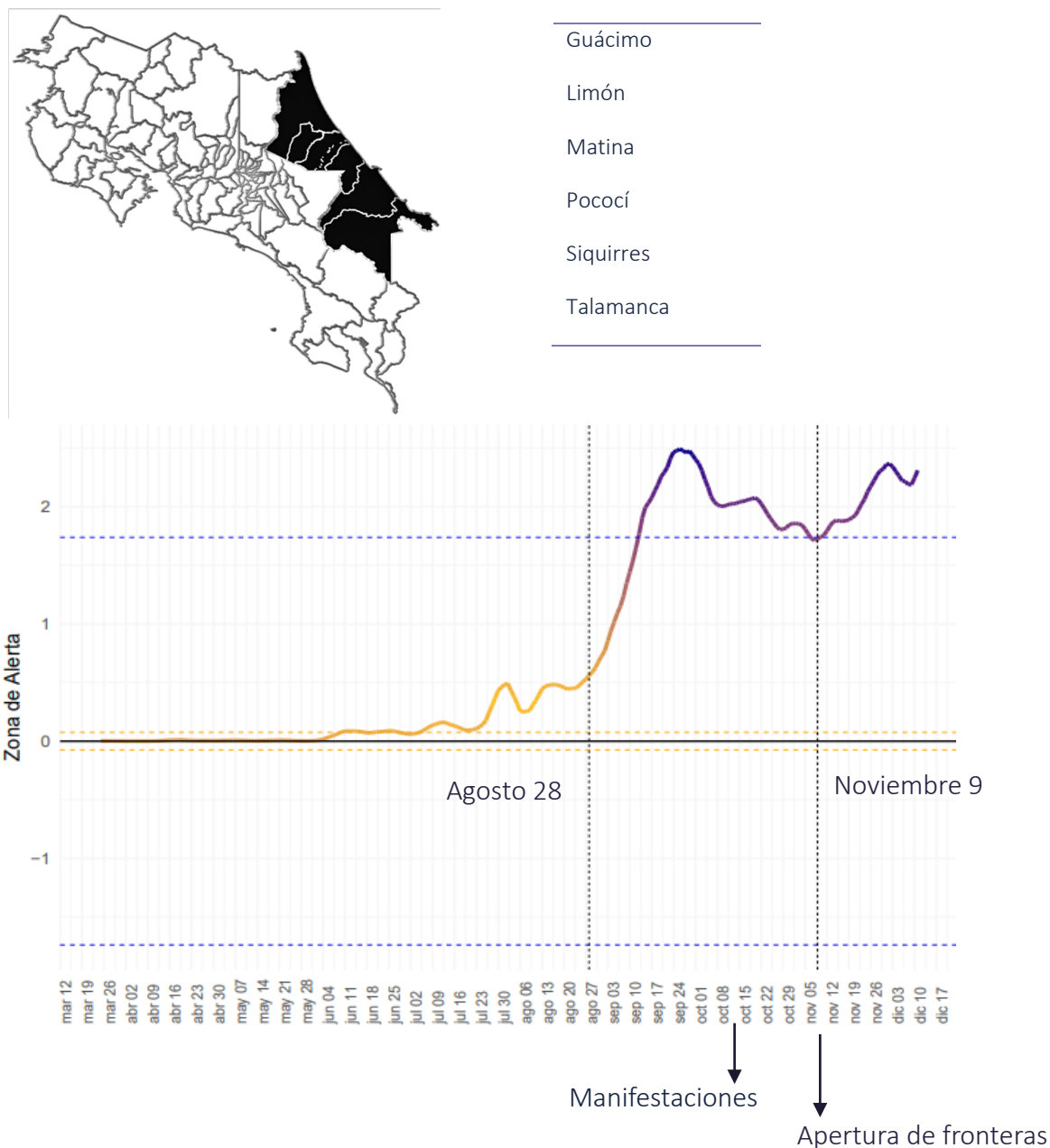
Resultados

La tendencia de los casos acumulados se ha mantenido al alza, pero a partir del 1 de octubre se ve una desaceleración en el crecimiento.



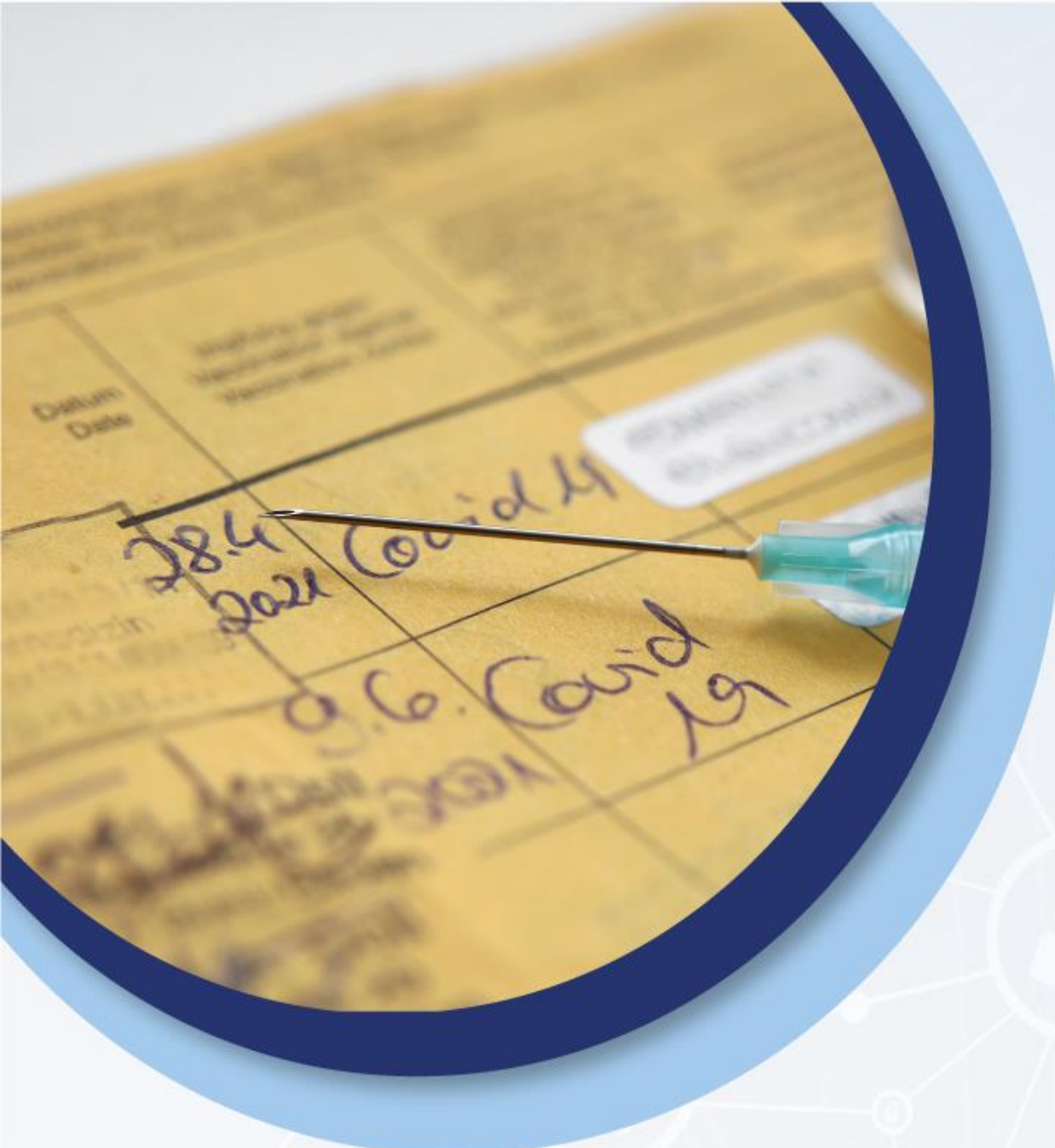
Región Huetar Atlántico

Figura 243. Lista de cantones pertenecientes a la región Huetar Norte y su localización geográfica. Indicador de tendencia de los casos reales acumulados reportados en la región.



Resultados

La tendencia se mantiene al alza, presentándose con mayor fuerza del 28 de agosto hasta finales del mes de septiembre, donde el crecimiento se desacelera, tomando fuerza nuevamente a partir del 5 de noviembre, lo cual coincide con la apertura de las fronteras.



ENERO NOVIEMBRE

2021



Enero-noviembre 2021

Contexto país

Principales medidas sanitarias

El año 2021 inició con medidas sanitarias que buscaban disminuir la movilidad de la población durante los días festivos de fin y principio de año, con una restricción vehicular y cierre de establecimientos a partir de las 8:00 p.m. los primeros 3 días de enero. Para los días posteriores, se redujo el aforo en bares y casinos al 25%, la restricción vehicular y cierre de establecimientos pasó a las 10:00 p.m., mientras que las playas se habilitaron hasta las 2:30 p.m. Estas medidas estuvieron vigentes hasta el 17 de enero 2021. Los días siguientes se incrementó el aforo permitido en bares y casinos a un 50% y se habilitó el ingreso a las playas hasta las 6:00 p.m (12).

Para febrero, con la disminución en la cantidad de casos reportados, la restricción vehicular por placas que operaba entre semana se mantuvo solo para el centro de del cantón de San José y se mantuvo la restricción total a partir de las 10:00 p.m. para todo el país. Es durante este mes que, después de nueve meses de educación a distancia, y tras un extenso y cuidadoso periodo de preparación, el 8 de febrero del 2021, bajo la estrategia “Regresar” dio inicio el curso lectivo bajo un modelo de educación combinada, la cual implica clases presenciales con el apoyo de aquellas impartidas en una modalidad virtual.

Este retorno a clases presenciales significó el regreso de 1 196 152 niñas, niños y jóvenes a las aulas, de los cuales el 12.2% corresponde a educación preescolar, el 42.6% a educación primaria, el 42.8% a educación secundaria, el 1.18% a educación especial y el 3.3% a educación para el trabajo (66).



*Foto: Ministerio de Educación Pública, Costa Rica.
Inicio de curso lectivo, 8 de febrero 2021*



En los siguientes días, se habilitó un aumento en los aforos en distintas actividades, como empresariales o académicas; se realizaron modificaciones a la restricción vehicular sanitaria, de manera que permitiera una mayor movilidad los fines de semana y, para el 5 de abril 2021, se da la reapertura de fronteras terrestres.

Sin embargo, el 15 de abril, con el incremento en la cantidad de casos detectados y el incremento en la ocupación hospitalaria, se indica nuevamente la aplicación de restricción vehicular durante los fines de semana. Además, para el 29 de abril y en un esfuerzo de mitigar el importante incremento de casos, se indica el cierre de establecimientos esenciales por 7 días (del 3 al 9 de mayo 2021). El 11 de mayo inicia nuevamente la restricción vehicular por placas en todo el territorio nacional y se reducen nuevamente los aforos en diversos establecimientos.

Ante esta tercera ola pandémica, la mayor que ha experimentado el país, e 17 de mayo 2021, el Ministerio de Educación Pública anunció la suspensión temporal del curso lectivo el 24 de mayo 2021. El 28 de mayo, y ante la preparación en un eventual colapso en los servicios de salud, se aprueba plan de inversión que permitirá a la CCSS recurrir a los hospitales privados para la atención de pacientes que no estén internados por COVID-19. La crítica situación epidemiológica en junio obliga a que el 22 de ese mes todos los cantones del país se mantuvieran en alerta naranja.

Con la disminución en la tendencia de crecimiento de casos, durante los meses siguientes el país inicia una nueva fase de ampliación de aforos, disminución en las restricciones vehiculares y retorno a los centros educativos el 12 de julio.

Campaña de vacunación

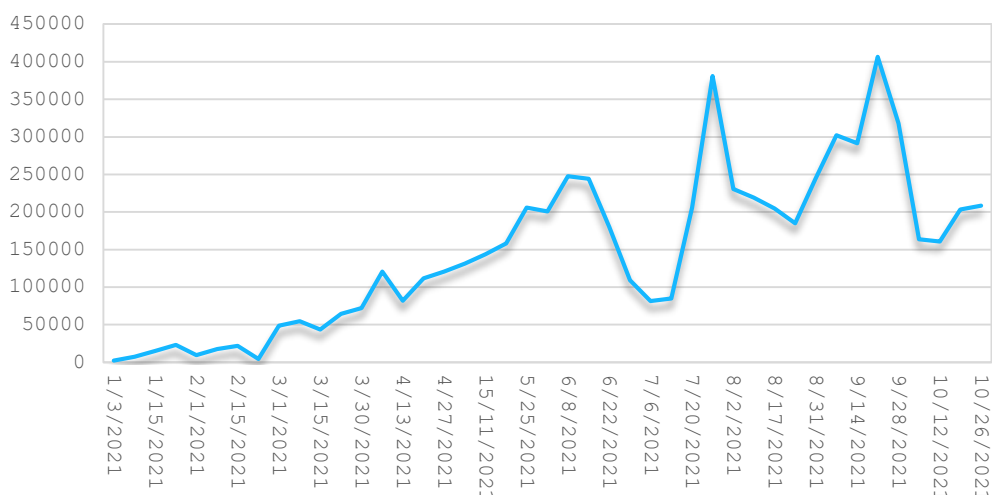
Posterior al inicio de la campaña de vacunación en Costa Rica, el 24 de diciembre del 2020, y en seguimiento a los grupos priorizados de vacunación establecido por la Comisión Nacional de Vacunación y Epidemiología de Costa Rica, el país iniciaba el año 2021 con un total de 2455 primeras dosis colocadas, de las cuales el 26.1% correspondían a adultos mayores en residencias, 4% trabajadores de hogares de larga estancia y un 682% en funciones de la CCSS, 1.7% trabajadores del sector privado.

Durante los días siguientes, el país continuó una ardua campaña de vacunación, incrementado la cantidad de dosis semanales aplicadas en el transcurso de las semanas. Sin embargo, el 21 de enero del 2021, la empresa Pfizer anuncia la suspensión de forma temporal de la entrega de vacunas al país, de manera que se pudiera incrementar en 50% la capacidad de producción de vacunas a nivel mundial.

Esta suspensión temporal significó, tal y como se observa en la [Figura 244](#), una reducción en la aplicación de primeras dosis en los grupos priorizados. Para el 16 de febrero 2021, se reanuda la entrega de vacunas de la empresa Pfizer al país y se vuelve a incrementar la capacidad de aplicación de primeras dosis.



Figura 244. Número de dosis aplicadas a nivel semanal de la vacuna por Covid-19 en Costa Rica (números absolutos)



Fuente: elaboración propia. Datos tomados de la Caja Costarricense de Seguro Social, Costa Rica.

El 7 de abril, mediante el mecanismo COVAX, ingresan al territorio nacional las primeras dosis de vacunas AstraZeneca (ChAdOx1-s), su aplicación inició el 19 de abril 2021, con un esquema de dos dosis con un intervalo de 12 semanas entre dosis. La aplicación de esta vacuna inició en aquella población que integrara el primer grupo priorizado (12).

Durante el mes de abril, y basado en la evidencia a nivel internacional, fue anunciado que se eliminaba el lineamiento que establecía que las personas recuperadas de Covid-19 debían esperar 90 días para la aplicación de la vacuna, e inicia la vacunación a grupo prioritario 3 en aquellas áreas de salud que ya hayan vacunado con primera dosis al 80% o más de su población en el grupo 2.



Foto: Organización Panamericana de la Salud.
Llegada a Costa Rica de las primeras vacunas Covid-19 del Mecanismo COVAX



Para mayo, y en búsqueda de incrementar la cantidad de población que recibiera sus primeras dosis de vacunas, la Comisión Nacional de Vacunación y Epidemiología (CNVE) comunica la ampliación etaria para el grupo 3, el cual ahora estaría compuesto por personas de 16 a 58 años que presentara alguna de las siguientes patologías: lupus eritematoso sistémico, dermatomiositis juvenil, artritis reumatoidea juvenil, miastenia gravis, hipertensión arterial, diabetes, cardiopatías, trasplantes, VIH, enfermedades respiratorias crónicas, obesidad grado 3 y obesidad mórbida, ERC; asimismo, pacientes con cáncer, pacientes adultos inmunosuprimidos referidos por el médico tratante, cualquier otra enfermedad inmunodeficiente primaria o secundaria o autoinmune referida por el especialista correspondiente y el síndrome de Down. Además, durante este mes, se acuerda que la segunda dosis de la vacuna de Pfizer-BioNTech contra la COVID-19 se colocará 12 semanas después de la primera en los grupos prioritarios de vacunación 3, 4 y 5 (12).

Durante julio, la CNVE autoriza la vacunación a mujeres embarazadas con la vacuna de la empresa Pfizer, siguiendo los grupos de vacunación ya establecidos. Además, llega al país una donación de 500 000 vacunas contra la covid-19 desarrollada por Pfizer/BioNTech, lo que representó un 20% de las que Costa Rica ha aplicado en los primeros seis meses. Esta donación significó la implementación de una masiva estrategia de vacunación a nivel nacional y la habilitación de la vacunación del grupo prioritario 5 contra la COVID-19, integrado por mayores de 12 años, sin factores de riesgo asociados a COVID-19, iniciando con todas las personas mayores de 40 años, con o sin factores de riesgo, que no hayan recibido su primera dosis de vacuna. La CNVE aprobó que, en caso de un faltante de la vacuna contra COVID-19 de AstraZeneca a nivel nacional debido a retrasos en los envíos, se permite completar la segunda dosis con la vacuna de Pfizer, según esquema vigente en el país.



Foto: Embajada de Estados Unidos en Costa Rica.

Llegada a Costa Rica de medio millón de dosis de la vacuna Pfizer/BioNTech donadas por Estados Unidos, 13 de julio 2021



Durante los meses siguientes, la CNVE anuncia que a partir del 30 de agosto se adelanta la aplicación de la segunda dosis a todas las personas mayores a 30 años y que estén cumpliendo entre 8 y 12 semanas. Además, para el 16 de septiembre se anuncia que las personas mayores de 18 años extranjeras y migrantes que logren demostrar su arraigo con Costa Rica, pueden acercarse a las distintas Áreas de Salud para recibir la vacuna. A partir del 14 de octubre inicia campaña para vacunación de población migrante en condición irregular que reside en el país.

El país llega al 26 de octubre del 2021 con un total de 6 333 040 dosis aplicadas, de las cuales 3 669 812 corresponden a primeras dosis y 2 663 228 fueron segundas dosis, lo que representa el 85.86% de la población meta (aproximadamente 4 274 384 personas) con al menos una dosis de la vacuna y el 62.31% con esquema completo. En la [Tabla 53](#) se resume la cantidad de primeras y segundas dosis colocadas de forma semanal.

Introducción de nuevas variantes

Desde la caracterización genómica inicial del SARS-CoV-2, el virus se ha transformado a medida que ha ido replicando en el interior de sus huéspedes. Si bien la mayoría de los cambios tienen escaso o nulo efecto sobre las propiedades del virus, algunos de los errores que producen las enzimas que copian el ARN, pueden influir en la capacidad del virus en propagarse, cambiar las manifestaciones clínicas o incluso afectar la eficacia de las vacunas, antivirales o herramientas de diagnóstico (67).

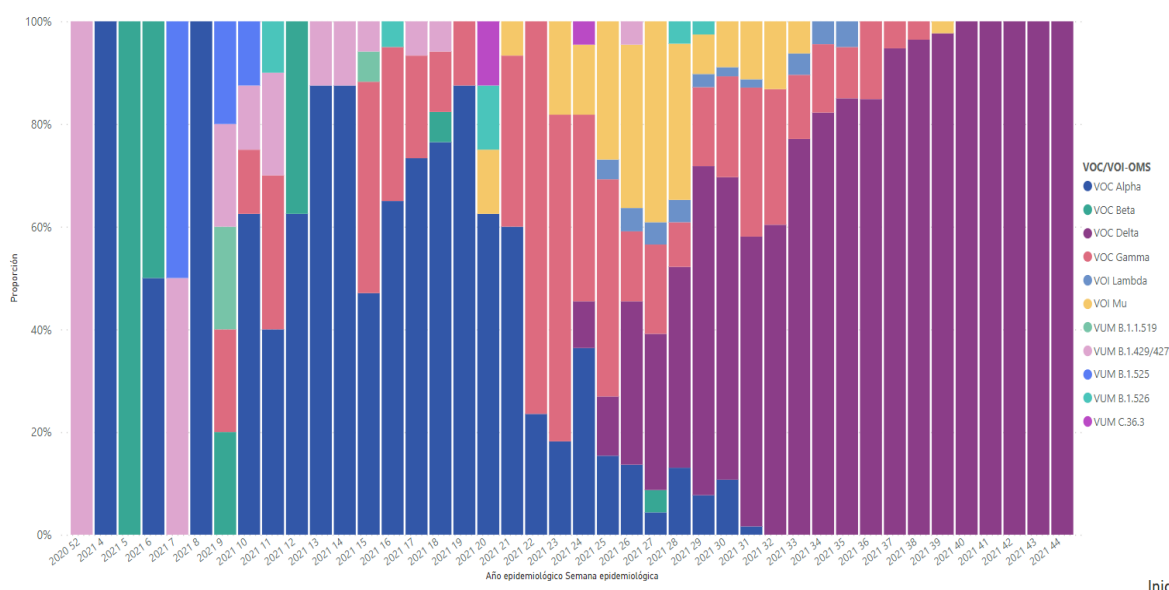
Por esto, a nivel mundial existe un estrecho seguimiento genómico, de manera que la aparición de variantes que pueden significar un mayor riesgo para la salud pública mundial pueda ser detectada de forma temprana. En este contexto, a la fecha se han identificado 4 variantes del SARS -CoV-2 (B.1.1.7 (Alpha), B.1.351 (Beta), P.1 (Gamma), B.1.617.2 (Delta)) que han sido clasificadas por la OMS como variantes de preocupación al haber evidenciado un aumento en la transmisibilidad, en la afectación clínica y en la reducción de la eficacia en las vacunas disponibles (68) .

En Costa Rica, el área de genómica y biología molecular del Inciensa confirma en febrero 2021 los primeros registros de casos causados por las variantes Alpha y Beta. Ya para el 7 de abril, se confirman los primeros casos de Covid-19 causados por la variante P.1, identificada originalmente en Brasil y se confirma la circulación de la variante Delta en territorio nacional desde la semana epidemiológica 24 (13 al 19 de junio) (12).

Dado la alta transmisibilidad con la que cuenta Delta, para el 27 de agosto, solo 2 meses posterior a la infección de los primeros pacientes detectados, el 61% de las 116 secuencias obtenidas correspondían a esta variante. Como se observa en la [Figura 245](#), para octubre, el 96.4% de las muestras secuenciadas correspondían a la esta variante (12).



Figura 245. Proporción de linajes identificados según semana y año epidemiológico para VOC/VOI



Fuente: Sistema de información Inciensa. Datos Hospital de Niños-CCSS. Datos Facultad de Microbiología -UCR.

Situación epidemiológica

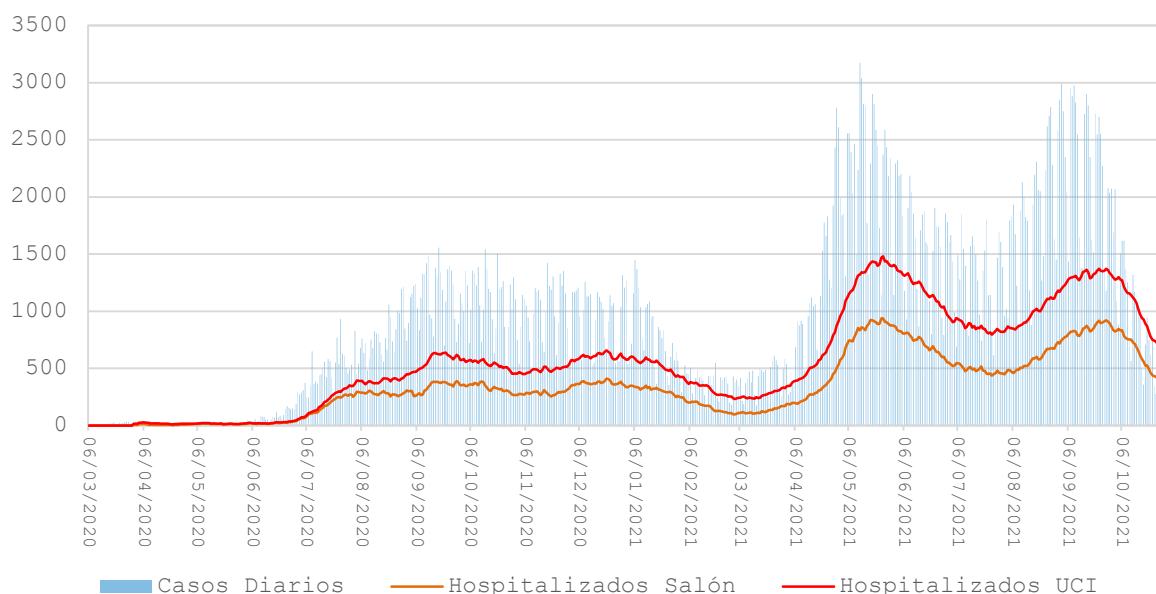
Al 6 de marzo del 2021, un año posterior a la detección del primer caso de Covid-19 en el territorio nacional, el país se encontraba experimentando una caída significativa en la cantidad de contagios y ocupación hospitalaria. Para esa fecha, el Ministerio de Salud reportaba un total de 207 056 casos acumulados, lo que representa una incidencia acumulada de 4051 casos por cada 100 mil habitantes, de los cuales el 91% se reportaba como recuperado.

En cuanto a los fallecimientos, el país llegaba a un total de 2853 personas fallecidas para una tasa de mortalidad del 1.4%. En lo que respecta a la ocupación hospitalaria, 107 personas se encontraban en salón y 135 personas en UCI. Esta reducción en el número de casos y carga en los servicios de la salud se empezó a observar a finales de enero 2021, luego de cuatro meses de una meseta con cifras de casos nuevos que rondaban un promedio de 1049 casos diarios y una ocupación promedio de 331 personas en salón y 216 personas en camas UCI.

Sin embargo, y como se observa en la [Figura 246](#), para mediados de abril, la reducción que se venía observando en el número de contagios se detiene e inicia un incremento que llevaría a la tercera ola pandémica, que en su pico más alto llegó a alcanzar 3173 nuevos casos diarios el 12 de mayo del 2021. Trece días después, el 25 de mayo del 2021, los servicios hospitalarios llegarían a alcanzar la mayor carga hospitalaria, con un total de 937 pacientes hospitalizados en salón y 545 pacientes en una cama UCI.



Figura 246. Situación Epidemiológica COVID-19 del 6 de marzo 2020 al 31 de octubre 2021



Durante junio y julio 2021, el país vuelve a experimentar una desaceleración en el número de casos nuevos, con un promedio de 1462 diarios, 604 personas hospitalizadas en salón y 424 en cuidados intensivos. Sin embargo, en agosto y septiembre, se observa una nueva ola que no alcanza a superar la que se experimentó en meses anteriores. Esta ola empieza a decrecer en septiembre y continúa decreciendo hasta la fecha en la que se tienen los últimos registros, noviembre 22 de 2021.

Al 31 de octubre del 2021, y de la mano de una ardua campaña de vacunación, el país llegaba a un total de 560 344, lo que corresponde a una incidencia acumulada de 10 963 casos por cada 100 mil habitantes, de los cuales el 90% se notificaban como recuperados.

De este total 7060 personas habían fallecido y se llega a una tasa de mortalidad del 1.3%. En cuanto a la ocupación hospitalaria, un total de 336 personas se encontraban en una cama en salón y 249 personas en una cama UCI.

Tabla 50. Resumen de la situación epidemiológica COVID-19 al 31 de octubre 2021.

Resumen situación epidemiológica COVID-19 al 31 de octubre 2021	
Acumulados	560.334
Recuperados	503.647
Hospitalizados Salón	585
Hospitalizados UCI	249
Fallecimientos	7.060

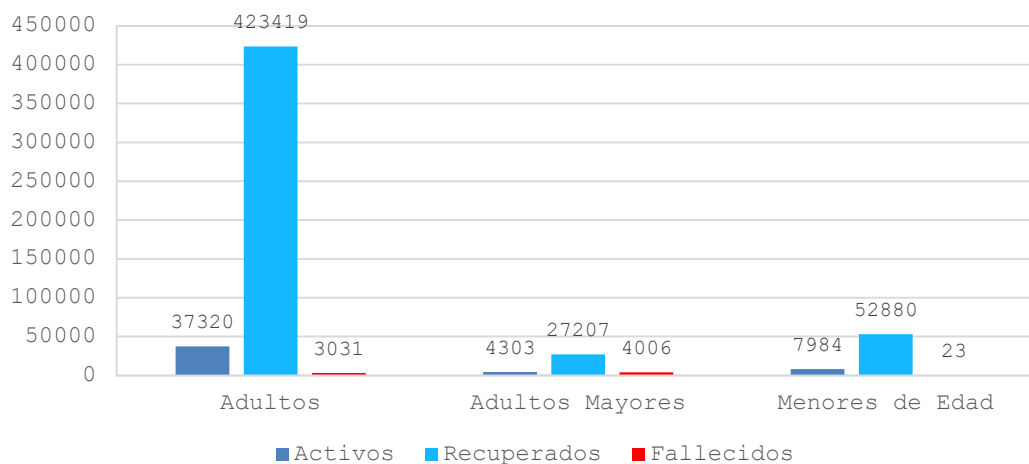
Fuente: Dirección de Vigilancia de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica



En cuando a la afectación por grupo etario, para el 31 de octubre del 2021, el 82.7% de los casos confirmados se habían notificado en personas en un rango de edad entre los 18 y 64 años, el 6.3% en mayores de 65 años y el 10.8% en menores de 18 años.

En lo que respecta a la proporción de personas por grupo de edad que han muerto por causas relacionadas a la COVID-19, y tal y como se muestra en la **Figura 247**, el 0.6% de los adultos diagnosticados con la enfermedad habían fallecido, mientras que ese porcentaje correspondía al 11.2% de los adultos mayores y al 0.03% de los menores de edad.

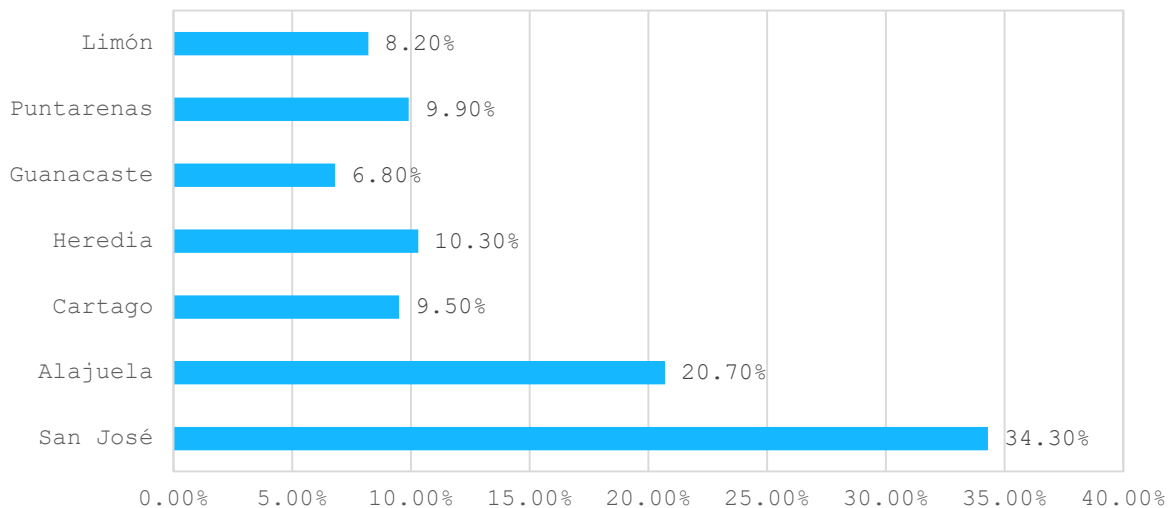
Figura 247. Casos por COVID-19 según grupo etario y estado epidemiológico (números absolutos)



Fuente: Dirección de Vigilancia de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica

Por lugar de residencia, al 31 de octubre 2021, el mayor porcentaje de casos detectados se habían presentado en la provincia de San José (34.3% de los casos), seguido de la provincia de Alajuela, con el 20.7% de los casos y Heredia con el 10.3% de los casos confirmados.

Figura 248. Casos por COVID-19 por provincia



Fuente: Dirección de Vigilancia de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica



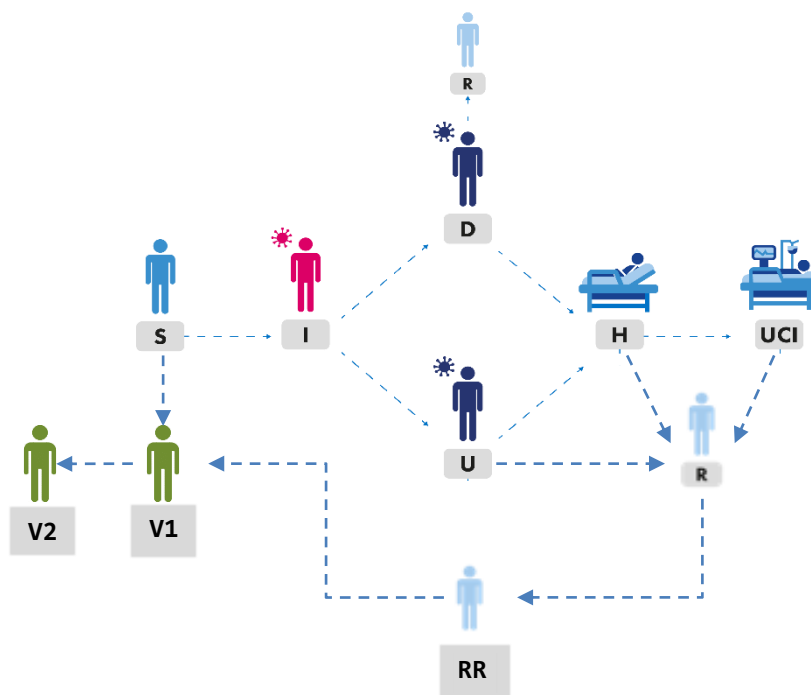
Modelos matemáticos



Versión 6. Modelo de Redes

Con el inicio de la vacunación se hace necesario considerar nuevas transiciones en el modelo. La vacuna reduce las probabilidades de infección y de hospitalización cambiando así la dinámica de la epidemia. En la [Figura 249](#) se muestra la dinámica de transición del virus SARS-CoV-2 incluyendo ahora dos compartimentos para las personas vacunadas, V_1 para personas con una dosis y V_2 para personas con esquema completo de vacunación. Además, se agrega un nuevo compartimento para aquellas personas que se han recuperado de la infección en un periodo superior a tres meses (RR).

Figura 249. Dinámica de transición del SARS-CoV-2 con vacunación.



Supuestos:

1. El modelo elige aleatoriamente individuos de cualquier parte del país para ser vacunados. Dicha elección se hace de las personas que aún son susceptibles en el modelo o que están en el compartimento RR. Inicialmente, aquellas personas que se habían infectado con el virus eran elegibles para ser vacunadas solo si llevaban un tiempo de recuperación superior o igual a los 90 días.
2. Se asume que toda persona que recibe la primera dosis se aplica la segunda 21 días después, esto hasta el 25 de mayo, fecha en la que se anuncian cambios en el protocolo de vacunación y la segunda dosis pasa a ser aplicada a los 84 días (12 semanas), tanto para Pfizer como para AstraZeneca. Inicialmente, la mayoría de dosis aplicadas en el país fueron de la compañía de Pfizer,



por lo que asumir que todas las personas tenían su segunda dosis a los 21 días no se veía muy afectado por el poco porcentaje de personas que estaban recibiendo la vacuna de AstraZeneca.

3. El modelo no hace diferencia entre las personas que son vacunadas con Pfizer y AstraZeneca, ya que los porcentajes de protección son similares y no se cuenta con esta información desagregada.
4. El modelo está dividido en tres grupos etarios: mayores de 65 años (Grupo E3), personas entre 19 y 64 años (Grupo E2) y menores de edad (Grupo E1). Estos son los grupos que se utilizan para la distribución de vacunas.
5. Del total de dosis administradas por día, se asume que el 15% se administra en personas menores de 65 años y el otro 85% en personas mayores de 65 años. Esto para intentar emular la estrategia de vacunación implementada en el país con la que se da prioridad a personas adultas mayores y a personas con comorbilidad o de la primera línea de atención de la pandemia. Cuando las personas se agotan en cada grupo etario, el modelo cambia automáticamente las dosis. Por ejemplo, cuando se ha vacunado a todas las personas mayores de 65, el modelo empieza a administrar las dosis del grupo E3, en el grupo E2, manteniendo así un ritmo de vacunación constante en el tiempo.
6. Del 24 de diciembre del 2020 al 12 de abril del 2021 se lee una base de vacunas en la que se tiene el total de dosis por días y edad exacta de las personas vacunadas. A partir del 13 de abril 2021, se calcula un promedio de primeras dosis diarias para cada grupo etario teniendo en cuenta la información publicada por la CCSS. El modelo asume que se vacunan los 7 días de la semana.
7. Hasta aquí, en el modelo no se considera la pérdida de inmunidad por la vacuna ni por infección natural.
8. En el modelo no se considera el aumento progresivo de protección una vez se reciben la primera y segunda dosis de la vacuna. Se asume protección inmediata.

Cambios

A medida que se avanzaba con las campañas de vacunación se fueron incorporando cambios en el modelo:

1. Inicialmente, se supuso que las personas vacunadas quedaban 100% inmunes. Luego, se incluyó un porcentaje de protección contra infección diferenciado para personas con una o dos dosis.
2. Se incluye protección contra hospitalización. Aquí no se hace diferencia entre personas con una o dos dosis. Inicialmente, se asume la protección que da una dosis para todas las personas vacunadas y, a medida que aumenta el número de personas con esquema completo, se va aumentando el porcentaje de protección.
3. La Tabla 51 y la Tabla 52 resumen los parámetros utilizados para las proyecciones y escenarios.



Tabla 51. Parámetros generales del modelo.

Descripción de los parámetros	Valor
Porcentaje de personas diagnosticadas	60%
Porcentaje de pacientes que después de ser diagnosticados no siguen las recomendaciones de aislamiento	10%
Tasa de transmisión	0,21
Período de incubación	6 días
Días de recuperación para una persona no diagnosticada	14 días
Días de recuperación para una persona diagnosticada	10 días

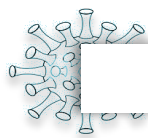
Tabla 52. Parámetros de hospitalización (Estos porcentajes se calculan con base en datos proporcionados por la CCSS)

Descripción del Parámetro	Valores hasta el 1 de octubre 2020	Valores hasta el 28 de febrero 2021	Valores a partir del 1 de marzo 2021	Valores a partir del 20 de mayo 2021
Porcentaje de personas diagnosticadas que requieren hospitalización	0-18 años: 1,82% 19-64 años: 3,7% mayores 65: 31%	0-18 años: 1,6% 19-64 años: 3,4% mayores 65: 34,4%	0-18 años: 2,1% 19-64 años: 6,7% mayores 65: 35,6%	0-18 años: 1,7% 19-64 años: 4,5% mayores 65: 30%
Porcentaje de personas hospitalizadas que requieren UCI	0-18 años: 11% 19-64 años: 33,6% mayores 65: 33.2%	0-18 años: 13,2% 19-64 años: 35% mayores 65: 34%	0-18 años: 13.5% 19-64 años: 35,8% mayores 65: 34,4%	0-18 años: 13% 19-64 años: 37% mayores 65: 35%
Días para que un paciente requiera hospitalización una vez presentados síntomas (diagnosticado y no diagnosticado)	5 días	5 días	5 días	5 días
Promedio de días en que una persona permanece en hospitalización antes de pasar a UCI	6 días	3 días	3 días	3 días
Días promedio que una persona permanece en UCI	0-18 años: 4 días 19-64 años: 14 días mayores 65: 11 días	0-18 años: 4 días 19-64 años: 14 días mayores 65: 11 días	0-18 años: 4 días 19-64 años: 14 días mayores 65: 11 días	0-18 años: 5 días 19-64 años: 8 días mayores 65: 7días
Días promedio que una persona permanece en salón	0-18 años: 7 días 19-64 años: 10 días mayores 65: 15 días	0-18 años: 7 días 19-64 años: 10 días mayores 65: 15 días	0-18 años: 7 días 19-64 años: 10 días mayores 65: 15 días	0-18 años: 7 días 19-64 años: 10 mayores 65: 15
Porcentaje de mortalidad en salón	0-18 años: 0% 19-64 años: 4,7% mayores 65: 24,3%	0-18 años: 0% 19-64 años: 4.6% mayores 65: 29,5%	0-18 años: 0% 19-64 años: 4.65% mayores 65: 21.2%	0-18 años: 0% 19-64 años: 4% mayores 65: 29%
Porcentaje de mortalidad en UCI	0-18 años: 0% 19-64 años: 23,6% mayores 65: 46,5%	0-18 años: 0% 19-64 años: 23,6% mayores 65: 46,5%	0-18 años: 0% 19-64 años: 21.20% mayores 65: 49,4%	0-18 años: 0% 19-64 años: 23% mayores 65: 50%



Tabla 53. Número de dosis aplicadas por día, reportadas por la caja (CCSS).

Fecha de reporte	Total de vacunas colocadas (acumulado)	Primeras dosis (acumulado)	Nuevas primeras dosis semanales	Promedio de dosis diarias (7 días)	Segunda dosis (acumulado)	Nuevas segundas dosis semanales	Promedio de dosis diarias (7 días)	Total de dosis aplicadas en la semana
01/03/2021	2455.00	2455.00	2400.00	342.86	0.00	0.00	0.00	2400.00
01/08/2021	9751.00	9751.00	7296.00	1042.29	0.00	0.00	0.00	7296.00
01/15/2021	24859.00	24804.00	15053.00	2150.43	55.00	55.00	7.86	15108.00
01/25/2021	48128.00	45707.00	20903.00	2986.14	2421.00	2366.00	338.00	23269.00
02/01/2021	57701.00	45863.00	156.00	22.29	11838.00	9417.00	1345.29	9573.00
02/08/2021	75113.00	46750.00	887.00	126.71	28363.00	16525.00	2360.71	17412.00
02/15/2021	96948.00	54395.00	7645.00	1092.14	42553.00	14190.00	2027.14	21835.00
02/22/2021	101183.00	57162.00	2767.00	395.29	44021.00	1468.00	209.71	4235.00
03/01/2021	149812.00	103695.00	46533.00	6647.57	46117.00	2096.00	299.43	48629.00
03/08/2021	204586.00	151841.00	48146.00	6878.00	52745.00	6628.00	946.86	54774.00
03/15/2021	248082.00	190088.00	38247.00	5463.86	57994.00	5249.00	749.86	43496.00
03/22/2021	312425.00	206198.00	16110.00	2301.43	106227.00	48233.00	6890.43	64343.00
03/30/2021	384355.00	224092.00	17894.00	2556.29	160263.00	54036.00	7719.43	71930.00
04/06/2021	504930.00	291368.00	67276.00	9610.86	213562.00	53299.00	7614.14	120575.00
04/13/2021	586799.00	354291.00	62923.00	8989.00	232508.00	18946.00	2706.57	81869.00
04/20/2021	698327.00	450593.00	96302.00	13757.43	247734.00	15226.00	2175.14	111528.00
04/27/2021	818884.00	538682.00	88089.00	12584.14	280202.00	32468.00	4638.29	120557.00
05/04/2021	950252.00	605099.00	66417.00	9488.14	345153.00	64951.00	9278.71	131368.00
15/11/2021	1093931.00	657301.00	52202.00	7457.43	436630.00	91477.00	13068.14	143679.00
05/18/2021	1251900.00	721882.00	64581.00	9225.86	530018.00	93388.00	13341.14	157969.00
05/25/2021	1457802.00	867517.00	145635.00	20805.00	590285.00	60267.00	8609.57	205902.00
06/02/2021	1658685.00	1012339.00	144822.00	20688.86	646346.00	56061.00	8008.71	200883.00
06/08/2021	1906177.00	1219551.00	207212.00	29601.71	686626.00	40280.00	5754.29	247492.00
06/15/2021	2150520.00	1409778.00	190227.00	27175.29	740742.00	54116.00	7730.86	244343.00
06/22/2021	2331030.00	1535967.00	126189.00	18027.00	795063.00	54321.00	7760.14	180510.00
06/29/2021	2440385.00	1629222.00	93255.00	13322.14	811163.00	16100.00	2300.00	109355.00
07/06/2021	2521795.00	1704864.00	75642.00	10806.00	816931.00	5768.00	824.00	81410.00
07/13/2021	2606791.00	1783949.00	79085.00	11297.86	822842.00	5911.00	844.43	84996.00
07/20/2021	2812795.00	1982452.00	198503.00	28357.57	830343.00	7501.00	1071.57	206004.00
07/27/2021	3193895.00	2352430.00	369978.00	52854.00	841465.00	11122.00	1588.86	381100.00
08/02/2021	3424278.00	2573189.00	220759.00	31537.00	851089.00	9624.00	1374.86	230383.00
08/10/2021	3643509.00	2780658.00	207469.00	29638.43	862851.00	11762.00	1680.29	219231.00
08/17/2021	3848155.00	2948584.00	167926.00	23989.43	899571.00	36720.00	5245.71	204646.00
08/24/2021	4033022.00	3029514.00	80930.00	11561.43	1003508.00	103937.00	14848.14	184867.00
08/31/2021	4278505.00	3059023.00	29509.00	4215.57	1219482.00	215974.00	30853.43	245483.00
09/07/2021	4580610.00	3071596.00	12573.00	1796.14	1509014.00	289532.00	41361.71	302105.00
09/14/2021	4872085.00	3144786.00	73190.00	10455.71	1727299.00	218285.00	31183.57	291475.00
09/21/2021	5278407.00	3274461.00	129675.00	18525.00	2003946.00	276647.00	39521.00	406322.00
09/28/2021	5596495.00	3407214.00	132753.00	18964.71	2189281.00	185335.00	26476.43	318088.00
10/05/2021	5760293.00	3470013.00	62799.00	8971.29	2290280.00	100999.00	14428.43	163798.00
10/12/2021	5921089.00	3525260.00	55247.00	7892.43	2395829.00	105549.00	15078.43	160796.00
10/19/2021	6124445.00	3597302.00	72042.00	10291.71	2527143.00	131314.00	18759.14	203356.00
10/26/2021	6333040	3669812.00	72510.00	10358.57	2663228.00	136085.00	19440.71	208595.00



Escenarios de Vacunación

Julio 2021

Con los avances en la vacunación contra el SARS-CoV-2, el curso de la pandemia para los siguientes meses estaría determinado por la aparición de nuevas variantes y el despliegue exitoso de campañas de vacunación. Para anticipar este escenario, se utilizó el modelo de redes para pronosticar la dinámica de transmisión de Covid-19 en Costa Rica y estimar el impacto de la introducción de la variante Delta en el país, bajo dos escenarios plausibles de vacunación. El primero asume un ritmo de vacunación de 30 000 dosis por día y una alta aceptación por parte de la población, y otro con un ritmo de vacunación menor de 13 000 dosis por día con menor aceptación por parte de la población.

Supuestos

Ingreso de la variante Delta

La velocidad de administración de la vacuna se implementa en dos contextos: cuando las variantes que circularon en el primer semestre de 2021 continúan dominando durante el resto del año y cuando se detecta la variante Delta y gradualmente se vuelve dominante. A la fecha en la que se propusieron estos escenarios no se había detectado la presencia de Delta en el país, pero se asumió que existía una alta probabilidad de que se detectara en los siguientes días dado el ingreso constante de turista.

Para los escenarios, se supuso que era detectada a finales de julio y, con el paso de las semanas se volvía dominante. Para simular esto, se hizo a través de los parámetros de protección contra infección que confiere la vacuna. En todos los escenarios se asumió una eficacia frente a la infección sintomática del 63% después de la primera dosis y una disminución a un 55% a fines de agosto y del 45% a partir de mediados de octubre para personas con una sola dosis. La literatura (69; 70) ha reportado que la protección llega a decaer hasta el 30%-35% cuando Delta es completamente dominante, pero aquí se asumió un ingreso paulatino. Para personas completamente vacunadas, se asumió que la protección, previa al ingreso de la variante, era del 90% y se redujo al 82% a fines de agosto y 72% a partir de mediados de octubre.

No se modificó el porcentaje de hospitalización. Estudios recientes han demostrado que dos dosis de Pfizer-BioNTech (BNT162B2) o AstraZeneca (ChAdOx1-s) tienen una eficacia similar en la prevención de hospitalizaciones por la variante del coronavirus Delta (69; 70).

Tabla 54. Porcentajes de protección de las vacunas reportados en la literatura contra Delta y otras variantes

Otras variantes		Variante Delta (B.1.617.2)	
Infeción Sintomática	Hospitalización	Infeción Sintomática	Hospitalización
Primera Dosis:	Primera Dosis:	Primera Dosis:	Primera Dosis:
55-70% para ambas	75-85% para ambas	30-35% para ambas	Pfizer: 94% AstraZeneca: 71% Para ambas 80%
Segunda Dosis	Segunda Dosis:	Segunda Dosis	Segunda Dosis:



Pfizer (85-95%)	Pfizer (90-99%)	Pfizer (79-88%)	Pfizer (96%)
AstraZeneca (70-85%)	AstraZeneca (80%-99%)	AstraZeneca (60%)	AstraZeneca (92%)
		79% ambas vacunas.	Para ambas 96%

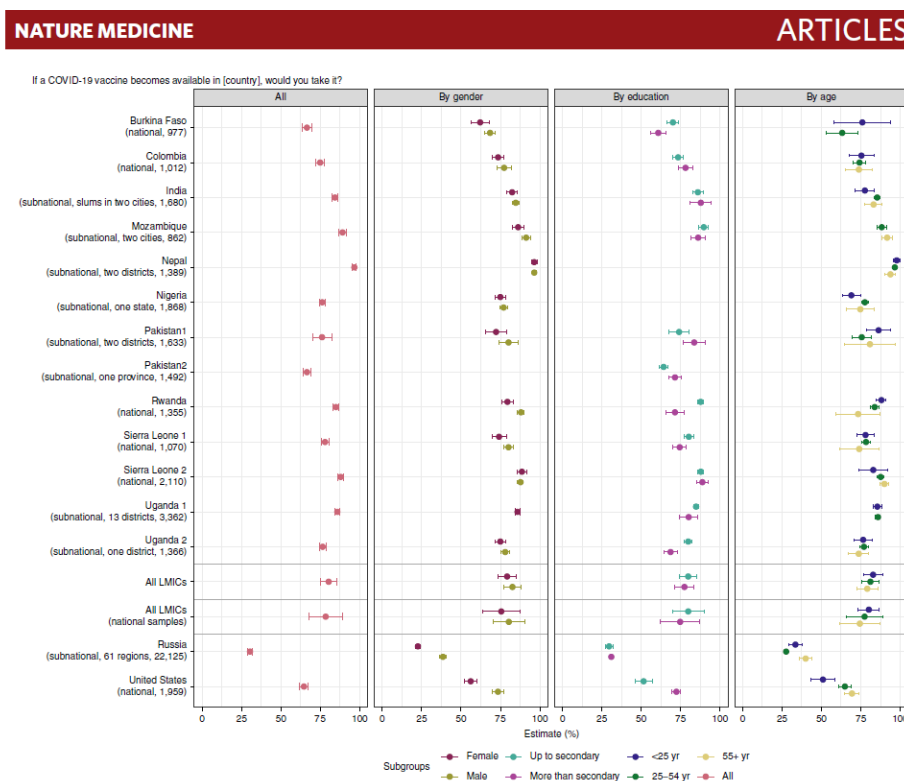
Ritmos de vacunación y aceptación de la vacuna

Para los supuestos sobre los promedios de vacunación diarios que el modelo asumiría a partir del de mes de agosto, se calculó el promedio diario de primeras dosis administradas en los meses de mayo y junio y el máximo número de primeras dosis diarias suministradas en lo que se llevaba registrado de las campañas de vacunación. Esto con el fin de mantener un rango de escenarios posibles dado el contexto y lo observado en el país.

El primer escenario de vacuna contempla una tasa de vacunación acelerada con 30 000 dosis diarias y un alto porcentaje de aceptación por parte de la población, 85% para los de 19 a 64 años y 95% para los mayores de 65 años. El segundo escenario considera una tasa de vacunación desacelerada, con 13 000 dosis diarias y baja aceptación por parte de los individuos para recibir la vacuna, 70% para los de 19 a 64 años y 90% para los mayores de 65 años.

Para decidir los porcentajes de personas que estarían dispuestas a vacunarse, se tuvieron en cuenta 1) valores superiores a los ya alcanzados en el país, 2) los porcentajes que reportaba la literatura a partir de estudios realizados en otros países. Se usó principalmente la referencia (71) que resume sus hallazgos presentados en la **Tabla 55**.

Tabla 55. Resultados reportados en Nature sobre la aceptación de la vacuna en diferentes grupos etarios, por sexo, nivel de estudios y país (71).





Porcentajes de protección hospitalaria

En el modelo, no hay diferencias en la prevención de síntomas graves entre personas con una o dos dosis. Suponemos que la probabilidad de hospitalización entre los vacunados disminuye a medida que aumenta el número total de personas completamente vacunadas. La probabilidad de hospitalización es del 20% hasta llegar al 40% de la población objetivo-vacunada, luego disminuye en un 15% cuando el 60% de la población objetivo-vacunada tiene un esquema completo. A partir de ese momento, la probabilidad es del 10%.

Distanciamiento social y uso de protección personal

A medida que aumentan las tasas de vacunación, asumimos que las personas comienzan a sentirse seguras lo que conduce a una disminución en el porcentaje de personas que se adhieren a las intervenciones no farmacéuticas.



Parámetro de distanciamiento social:

A partir del 12 de julio, día en que se da inicio al curso lectivo, se muestrea de forma aleatoria un porcentaje de distanciamiento social en un rango de valores entre el 55% y el 70%. Previo a esa fecha se muestrean de un rango de valores entre 60% y 70%.

Este intervalo de distanciamiento social se amplía entre el 40% y 55%, en el momento que se alcanza el 60% de la población objetivo con esquema completo de vacunación.



Parámetro de protección personal:

Se supone que entre el 65% y el 80% de la población siguen las medidas de protección no farmacéuticas (uso de mascarilla, lavado de manos, distanciamiento social). Este rango varía cuando se alcanza 60% de la población objetivo con esquema completo de vacunación. Se supone que las personas empiezan a tener una sensación de seguridad y este porcentaje se reduce a un intervalo entre el 50%, y el 70%.

Figura 250. Resumen de los supuestos del escenario 1

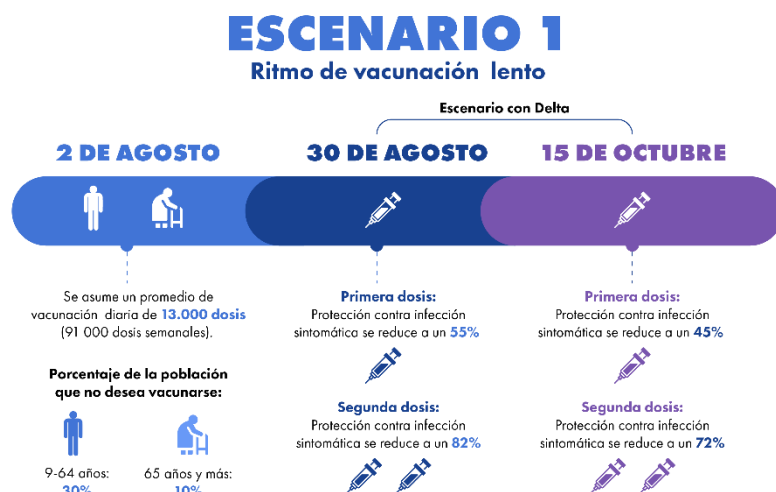




Figura 251. Resumen de los supuestos del escenario 2.



Figura 252. Proyección de casos acumulados.

Variantes sin Delta continúan siendo dominantes por el resto del año.

La variante Delta se vuelve dominante de forma progresiva.

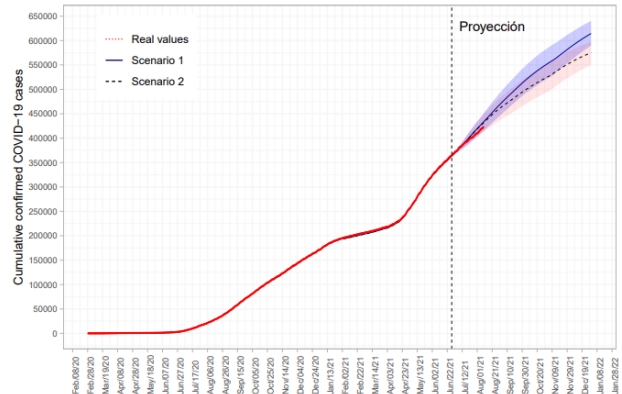
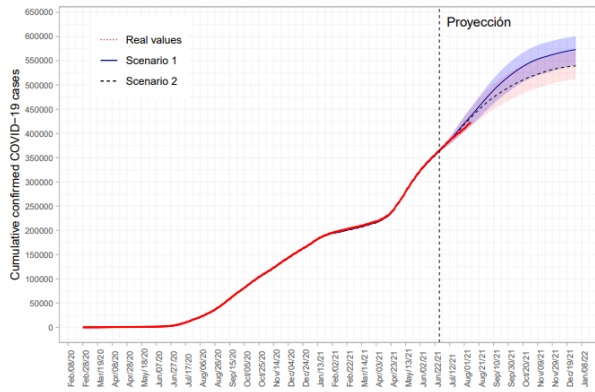


Figura 253. Proyección hospitalizaciones.

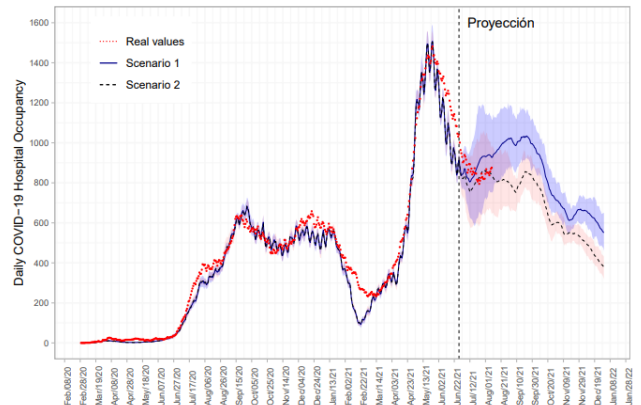
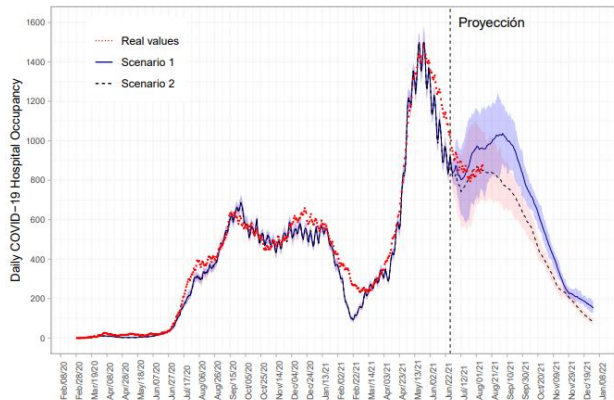




Figura 254. Proyección cuidados intensivos.

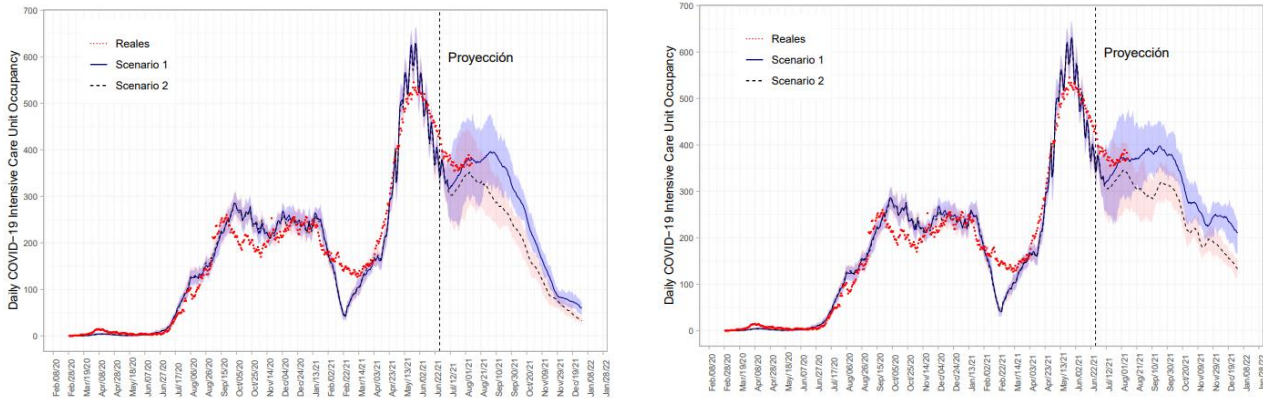
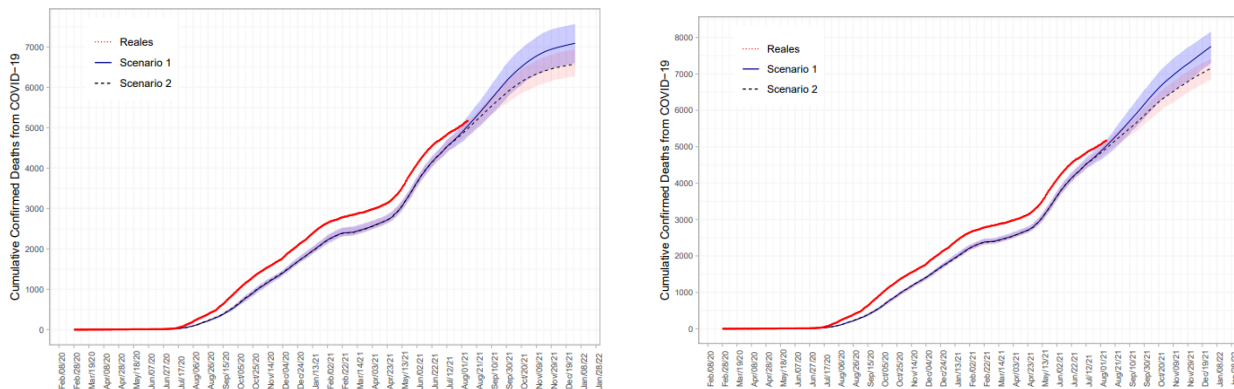


Figura 255. Proyección fallecimientos.



Resultados

Los resultados muestran que, con o sin el ingreso de la variante Delta, mayores tasas de vacunación llevarían a un decrecimiento de los casos más acelerado y, en consecuencia, de las hospitalizaciones (trayectoria roja). Por otro lado, con el ingreso de la variante Delta, las hospitalizaciones aumentarían, entrando en una meseta y la desaceleración en los ingresos hospitalarios se darían más lentamente. En todos los escenarios se observa que a finales de septiembre se empezaría un decrecimiento en casos y hospitalizaciones, más o menos acelerado dependiendo del ritmo de vacunación.

Es importante tener en cuenta que las proyecciones muestran una nueva ola en las hospitalizaciones. Sin embargo, la magnitud de dicha ola puede ser mayor o menor a la proyectada, esto depende principalmente de la fecha de ingreso de la variante, la velocidad a la que esta se propague y se vuelva dominante, los ritmos de vacunación y de la dinámica social.



Publicación

Estos resultados fueron complementados y sometidos para su publicación.

García YE, Mery G, Vásquez P, Calvo JG, Barboza LA, Rivas T, Sanchez F. Projecting the Impact of COVID-19 Variants and Vaccination Strategies in Disease Transmission using a Multilayer Network Model in Costa Rica. arXiv preprint arXiv:2109.11425. 2021 Sep 7.



Proyecciones

Abril 22, 2021

Se diseñan cinco escenarios asumiendo diferentes promedios de vacunación y valores para el parámetro de distanciamiento social. Los supuestos para los principales parámetros son:

- **Uso de protección personal**
Se toman valores aleatorios de un intervalo que va desde un 65% hasta un 85%.
- **Distanciamiento social**
Escenario 1, 3, 4, y 5: el valor se muestrea de un intervalo que va desde 60% hasta un 75%.
Escenario 2: el valor se muestrea de un intervalo que va desde 50% hasta un 75%.
- **Promedio de vacunación diaria:** se asume que, del 24 de diciembre al 30 de abril del 2021, se aplican 648 dosis en promedio diarias en el grupo etario 2 y 1287 en el grupo etario 3 (mayores de 65 años). En la tabla se muestra los promedios que se asumen a partir del primero de mayo.

Tabla 56. Supuestos escenarios de vacunación abril 22, 2021.

Escenario	Promedio vacunas diarias	
1	Se continúa con los mismos valores	
2	E3 = 2000, E2= 648	
3	E2 = 5000, E3 = 648	
4	Hasta el 1 de junio	Después de junio 1
	E3 = 6100, E2 = 648	E2 = 6100, E3 = 0
5	Mismo Escenario 4 por un periodo de tiempo más prolongado	

Figura 256. Proyección de casos acumulados.

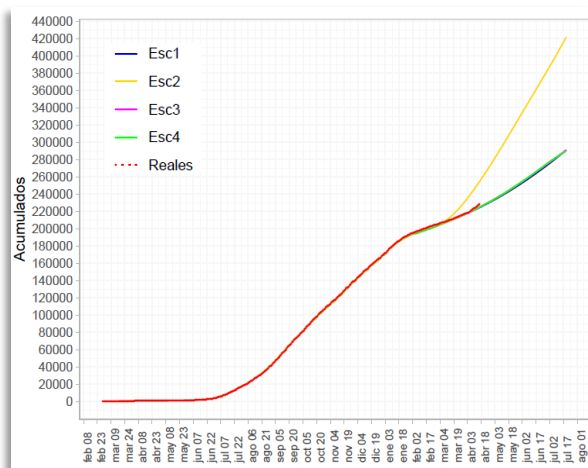


Figura 257. Proyección de hospitalizaciones.

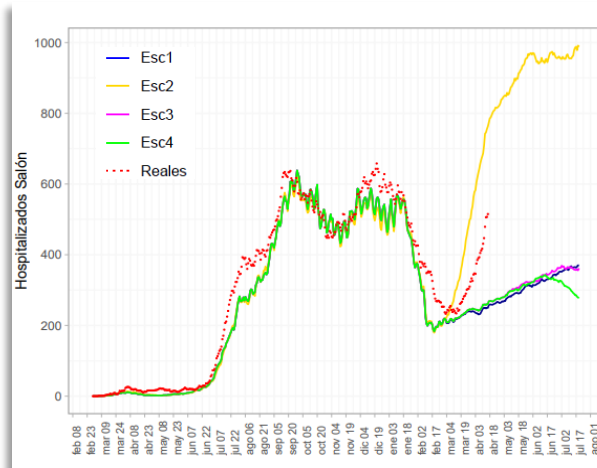




Figura 258. Proyección admisiones a cuidados

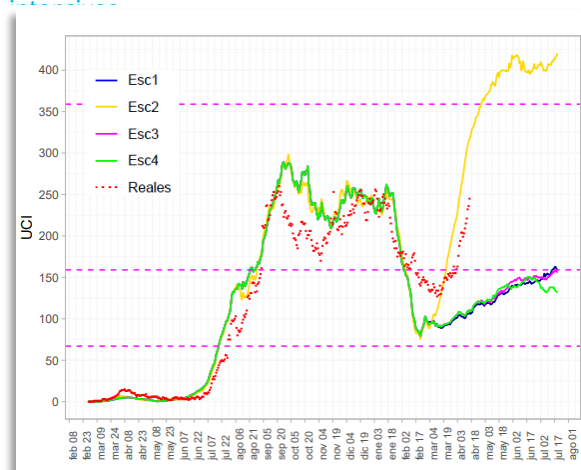
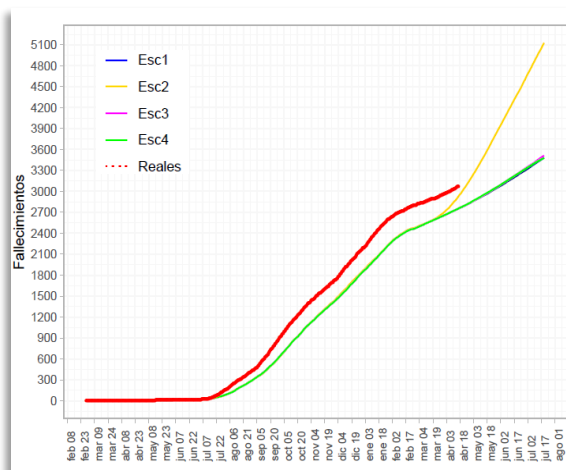


Figura 259. Proyección de fallecimientos.



Resultados

Los resultados muestran que un aumento en la tasa de vacunación (escenario 4) llevaría a una disminución en las hospitalizaciones a partir del mes de junio, lo que implica que es necesario intensificar los promedios de vacunación diarias si se quiere ver un efecto en las hospitalizaciones.

Por otro lado, un relajamiento en la movilidad de personas llevaría a un incremento, tanto en casos como en hospitalizaciones (escenario 2).

Es necesario revisar los supuestos de hospitalización ya que los datos acumulados se ajustan mejor a las curvas que consideran un distanciamiento social más restrictivo, pero las hospitalizaciones y UCI se acercan más a la tendencia de la trayectoria que considera menor distanciamiento social o movilidad de personas (escenario 2).



Escenario 5

Se deja correr el escenario 5 por un periodo de tiempo mayor.

Figura 260. Proyección casos acumulados.

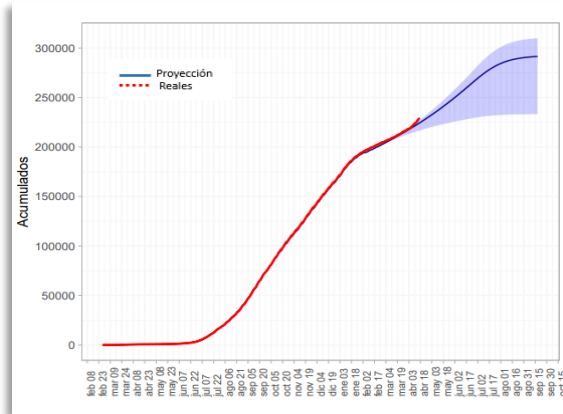


Figura 261. Proyección hospitalizaciones.

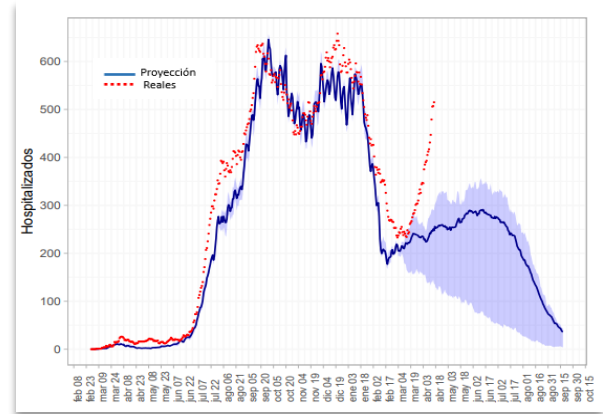


Figura 262. Proyección admisiones a cuidados intensivos.

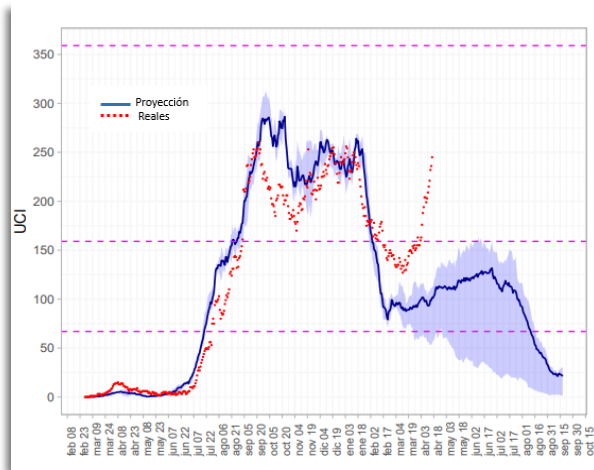
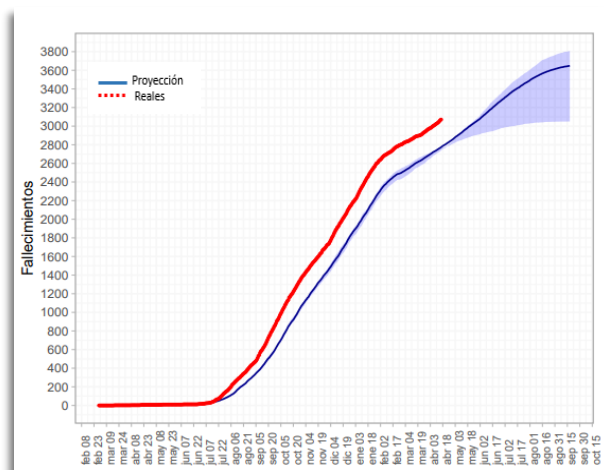


Figura 263. Proyección de fallecimientos.



Resultados

El escenario 5 considera una mayor tasa de vacunación a partir de junio. Los resultados muestran que un aumento en la tasa de vacunación tendría un efecto positivo en la disminución de hospitalizaciones a largo plazo. Sin embargo, el modelo no se está ajustando a los datos reales observados, por lo que, se hace necesario revisar los parámetros y los supuestos que se están asumiendo con respecto a las personas vacunadas.

En la siguiente versión del modelo:

1. Se incluirán los datos reales de vacunación de la misma manera que se incluye la base de nexos.
2. Se incluirá la disminución en la probabilidad de infección y hospitalización para las personas vacunadas



Mayo 18, 2021

Para la simulación se considera:

- La base de nexos actualizada hasta el 31 de marzo del 2021.
- Los datos reales que se grafican en la proyección están actualizados hasta el 17 de mayo, 2021.
- En cada simulación, tanto el porcentaje de personas que usan proyección personal como el porcentaje de personas que mantienen el distanciamiento social se eligen de forma aleatoria de un rango de valores.

Protección personal: Se toma un valor entre el 60% y el 80%.

Distanciamiento social: Se toma un valor entre el 60% y el 70%.

- Los resultados corresponden a un total de 33 simulaciones.
- La región sombreada de los gráficos indica el intervalo de confianza del 95%.

Consideraciones en cuanto a la vacunación

A partir del 13 de abril, 2021, se calcula un promedio de dosis diarias para cada grupo etario teniendo en cuenta la información publicadas por la caja de seguro social.

Tabla 57. Supuestos para los promedios de vacunación.

Del 13 al 19 de abril se vacunan en promedio	Del 20 al 27 de abril	A partir del 27 de abril
Grupo E2 = 2064 Grupo E3 = 11693	Grupo E2 = 1888 Grupo E3 = 10693	Grupo E2 = 1424 Grupo E3 = 8064

- Después de la primera dosis, se asume que la probabilidad de infección se reduce en un 40% y después de la segunda dosis la protección aumenta en un 95%.
- Se asume que toda persona que recibe la primera dosis recibe la segunda 21 días después.

Figura 264. Proyección de fallecimientos.

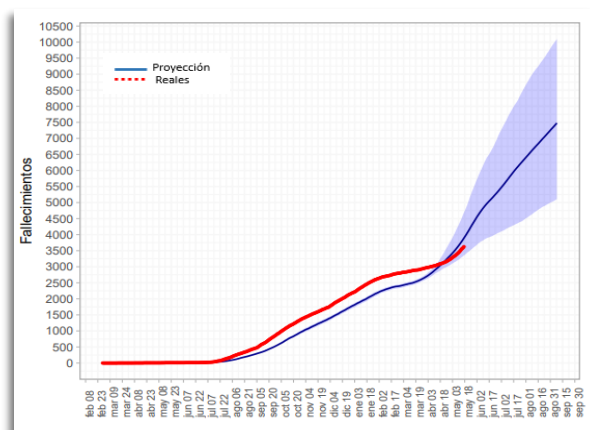


Figura 265. Proyecciones de hospitalizaciones.

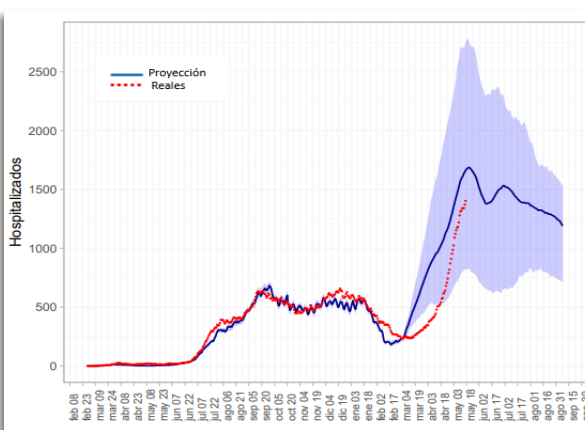




Figura 266. Proyecciones casos acumulados.

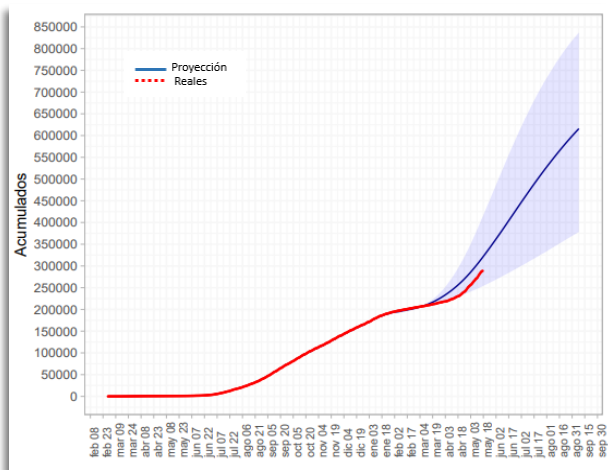
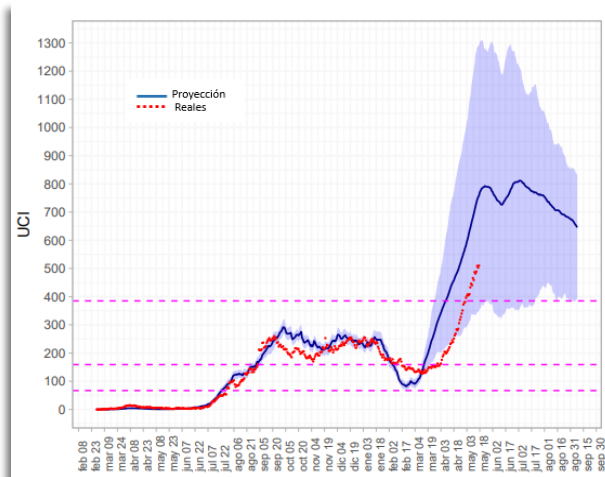


Figura 26789. Proyección admisiones a cuidados



Resultados

El modelo captura mejor la tendencia de los datos reales. Los resultados muestran que, si se mantienen los promedios de vacunación actuales y un porcentaje alto de la población mantiene el distanciamiento social y evita el contacto con otras personas, se puede tener una disminución en los ingresos hospitalarios.

Mayo 31, 2021

Para la simulación se tiene en cuenta:

- Base de nexos actualizada hasta el 30 de abril del 2021.
- Los datos reales que se grafican en la proyección están actualizados hasta el 8 de junio de 2021.
- En cada simulación, tanto el porcentaje de mascarillas como el de distanciamiento social se eligen de forma aleatoria de un rango de valores.

Protección personal: se toma un valor entre el 65% y el 80%.

Distanciamiento social: Se toma un valor entre el 55% y el 70%.

- Los resultados corresponden a un total de 100 simulaciones.
- La región sombreada de los gráficos indica el intervalo de confianza del 95%.



Consideraciones en cuanto a la vacunación

A partir del 13 de abril se calcula un promedio de dosis diarias para cada grupo etario teniendo en cuenta la información publicada por la CCSS.

Tabla 58. Promedio de dosis administradas por día.

Grupo Etario	Abril 13 - 19	Abril 20 - 27	Abril 28 - mayo 4	Mayo 5 - 11	Mayo 12 - 24	A partir de mayo 25
E3	2064	1888	1424	1118	1383	3120
E3	11693	10693	8064	6339	7842	17684

- Después de la primera dosis, se asume que la probabilidad de infección se reduce en un 60% y después de la segunda dosis la protección aumenta en un 95%.
- Se asume que toda persona que recibe la primera dosis recibe la segunda 21 días después.

Figura 268. Proyecciones de casos acumulados.

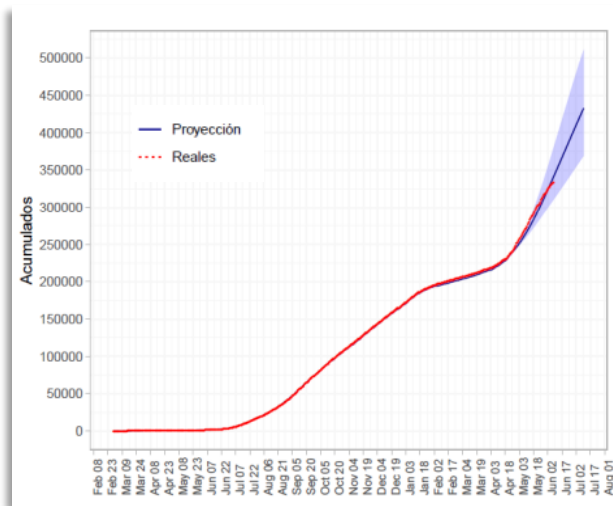


Figura 269. Proyección de hospitalizaciones.

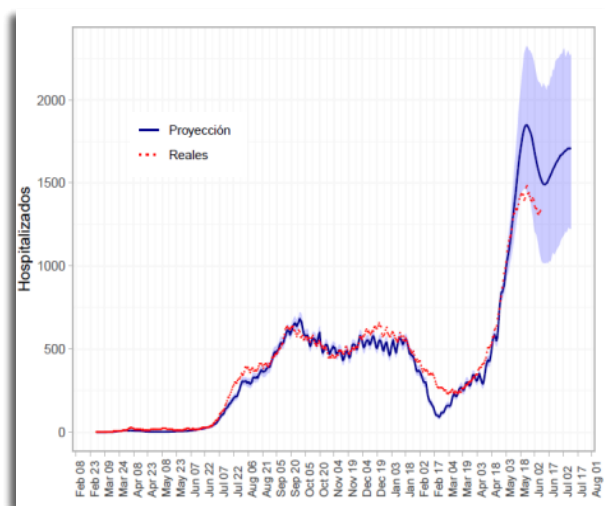


Figura 270. Proyección admisiones a cuidados intensivos

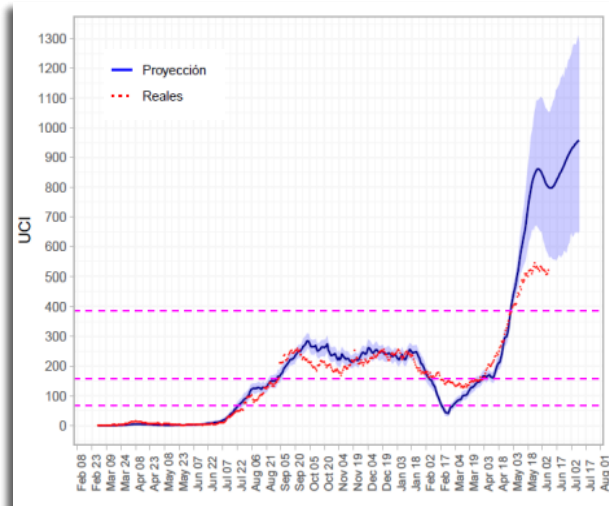
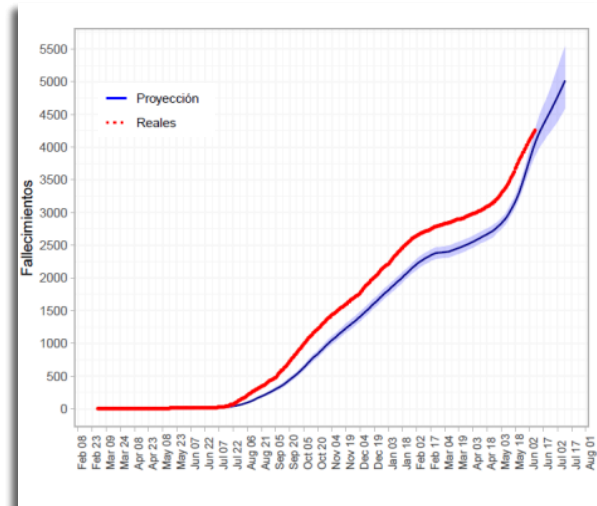


Figura 271. Proyecciones fallecimientos.





Resultados

La proyección muestra, tanto en hospitalización como en UCI, un decrecimiento en los casos que concuerda con los datos reales observados. Sin embargo, el modelo está sobreestimando los valores, por lo que es necesario revisar los supuestos y parámetros. Cabe resaltar que en esta versión del modelo NO se ha hecho aún cambios en las probabilidades de hospitalización para las personas que están vacunadas.

El decrecimiento puede ser resultado de una combinación de vacunación y medidas de restricción.

La última actualización de los parámetros de hospitalización fue el 25 de marzo de 2021.

Cambios en los que se están trabajando

- En el modelo se incluirá la reducción en la probabilidad de hospitalización una vez se tiene la primera dosis de vacuna.
- Se incluirá el cambio en los días para aplicar la segunda dosis. Después del 25 de mayo se cambia de 21 días a 12 semanas.
- Basado en la literatura disponible, se está incorporando en el modelo un periodo de 12 días posterior a la primera dosis en la que la probabilidad de infección se mantiene igual al de las personas no vacunadas. A partir de estos 12 días, tanto la probabilidad de infección como de hospitalización se reduce.

Junio 17, 2021

Para la simulación se tiene en cuenta:

- Base de nexos actualizada hasta el 30 de abril del 2021.
- Los datos reales que se grafican en la proyección están actualizados hasta el 15 de junio de 2021.
- En cada simulación, tanto el porcentaje de mascarillas como el de distanciamiento social se eligen de forma aleatoria de un rango de valores.
Protección personal: Se toma un valor entre el 65% y el 80%.
Distanciamiento social: Se toma un valor entre el 55% y el 70%.
- Los resultados corresponden a un total de 60 simulaciones.
- La región sombreada de los gráficos indica el intervalo de confianza del 95%.

Consideraciones en cuanto a la vacunación

A partir del 13 de abril se calcula un promedio de dosis diarias para cada grupo etario teniendo en cuenta la información publicada.

- Después de la primera dosis, se asume que la probabilidad de infección se reduce en un 75% y en un 95% después de la segunda dosis.



- Se asume que toda persona que recibe la primera dosis recibe la segunda 21 días después hasta el 24 de mayo, a partir de allí las personas reciben la segunda dosis a los 84 días (12 semanas)

Tabla 59. Promedio de dosis administradas por día.

Grupo Etario	Abril 13- 9	Abril 20-27	Abril 28- mayo 4	Mayo 5-11	Mayo 12- 24	Mayo 25- junio 2	A partir de junio 3
E2	2064	1888	1424	1118	1383	3103	4439
E3	11693	10693	8064	6339	7842	17584	25161

Figura 272. Proyección de casos acumulados.

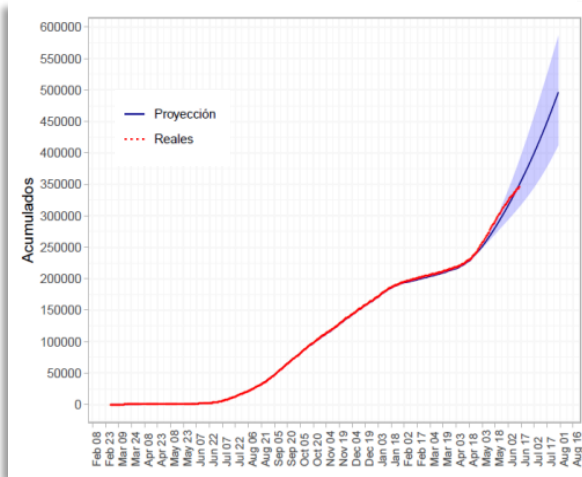


Figura 273. Proyección de hospitalizaciones.

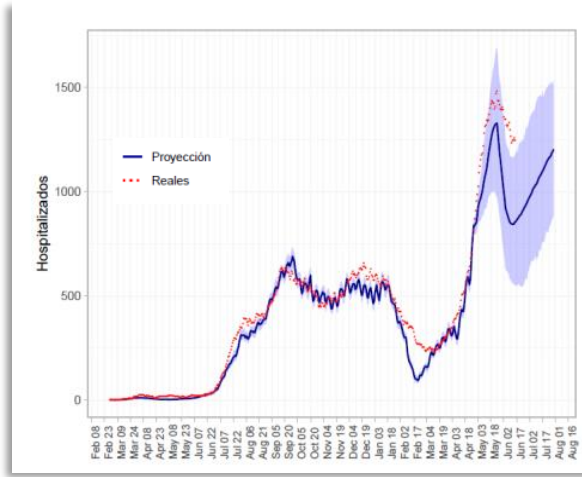


Figura 274. Proyección admisiones cuidados intensivos.

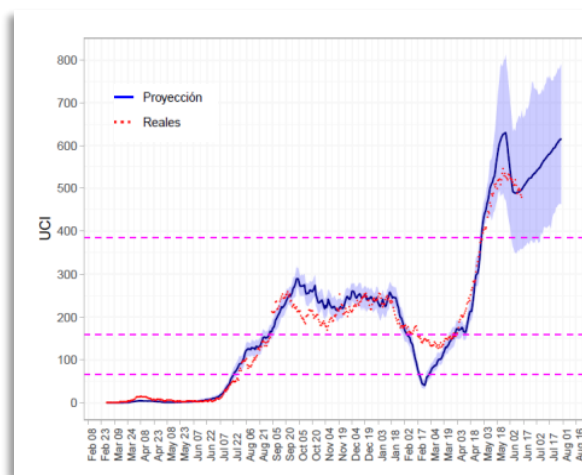
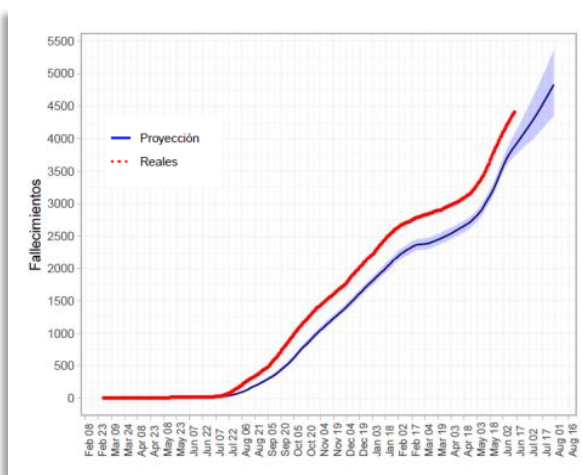


Figura 275. Proyección de fallecimientos.



La proyección se ajusta mejor a los datos observados cuando se supone un porcentaje de protección contra infección mayor. Además, se observa un decrecimiento en los casos y hospitalizaciones, pero para mediados de junio el modelo muestra que se puede dar un nuevo aumento.



Julio 7, 2021

Para la simulación se tiene en cuenta:

- Base de nexos actualizada hasta el 28 de junio del 2021.
- Los datos reales que se grafican en la proyección están actualizados hasta el 27 de julio de 2021.
- En cada simulación, tanto el porcentaje de mascarillas como el de distanciamiento social se eligen de forma aleatoria de un rango de valores.
- Protección personal: Se toma un valor entre el 65% y el 80%.
- Distanciamiento social: Se toma un valor entre el 60% y el 70%.
- Los resultados corresponden a un total de 50 simulaciones.
- La región sombreada de los gráficos indica el intervalo de confianza del 95%.

Consideraciones en cuanto a la vacunación

- Después de la primera dosis, se asume que la probabilidad de infección se reduce en un 75% y 95% después de la segunda dosis.
- Se asume que toda persona que recibe la primera dosis recibe la segunda 21 días después hasta el 24 de mayo, a partir de allí las personas reciben la segunda dosis a los 84 días (12 semanas).
- La probabilidad de hospitalización se reduce en un 80% para las personas vacunadas (con primera y segunda dosis).

A partir del 13 de abril se calcula un promedio de dosis diarias para cada grupo etario teniendo en cuenta la información publicada por la CCSS.

Tabla 60. Promedio de dosis administradas por día.

Grupo Etario	Abril 13-19	Abril 20 - 27	Abril 28- mayo 4	Mayo 5-11	Mayo 12- 24	Mayo 25- junio 2	Junio 3-8
E2	2064	1888	1424	1118	1383	3103	4440
E3	11693	10693	8064	6339	7842	17584	25161

Grupo Etario	Junio 9 -15	Junio 16 -22	Junio 23 -29	Junio 30 en adelante
E2	4076	2704	1998	1998
E3	23098	15322	11323	11323

Figura 27690. Proyección casos acumulados.

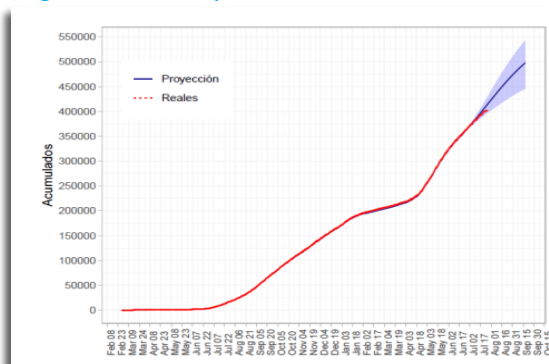


Figura 27791. Proyección hospitalizaciones.

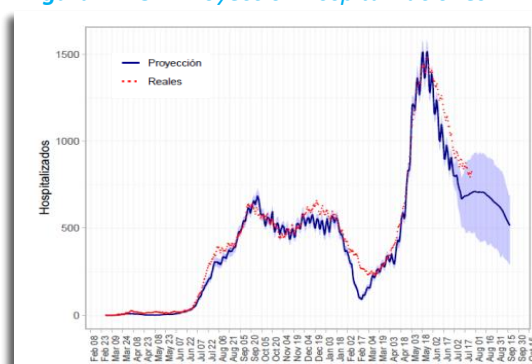




Figura 278. Proyección cuidados intensivos.

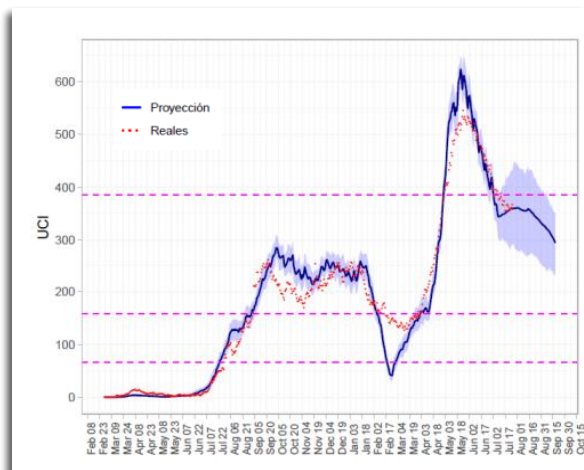
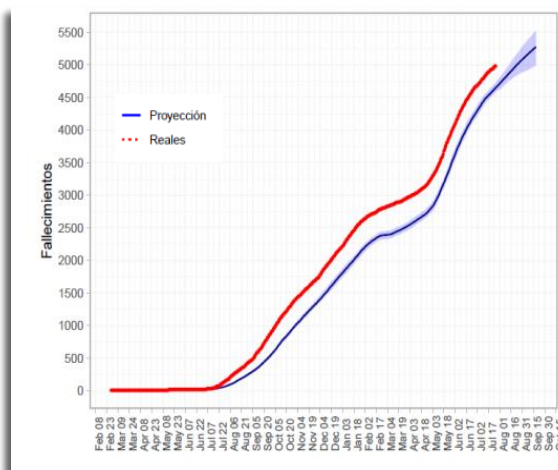


Figura 279. Proyección fallecimientos.



Resultados

Esta nueva versión del modelo incluye la reducción en la probabilidad de hospitalización para personas vacunadas. Los resultados muestran que, con este cambio, la proyección se ajusta mejor a los datos reales observados y sigue mostrando que en los próximos días se dará un aumento en el número de casos.

Septiembre 13, 2021

Para la simulación se tiene en cuenta:

- Base de nexos actualizada hasta el 12 de agosto del 2021.
- Los datos reales que se grafican en la proyección están actualizados hasta el 28 de septiembre de 2021.
- Se asume que el 30% de la población entre 18 y 64 años y el 10% de las personas mayores a 65 años no acceden a vacunarse.
- Se asume que toda persona que recibe la primera dosis recibe la segunda 21 días después hasta el 24 de mayo; a partir de allí, las personas reciben la segunda dosis a los 84 días (12 semanas).
- Los resultados corresponden a un total de 23 simulaciones. La región sombreada de los gráficos indica el intervalo de confianza del 95%.
- En el modelo se asume que las personas vacunadas tienen menos probabilidad de ser hospitalizadas. Sin embargo, el modelo no hace una diferencia entre personas con una dosis y dos dosis. Por ello, se calcula un promedio entre el porcentaje de protección que se tiene con una dosis y el porcentaje que se tiene con dos dosis y este valor se asume para todas las personas.



vacunadas. A medida que el porcentaje de personas con esquema completo aumenta también se aumenta la protección contra hospitalización.

Tabla 61. Promedio de dosis administradas por día.

Fecha	Dosis	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis
13/04/2021	8989	29/06/2021	13322	25/05/2021	20805	10/08/2021	29638
20/04/2021	13757	06/07/2021	10806	02/06/2021	20689	17/08/2021	23989
27/04/2021	12584	13/07/2021	11298	08/06/2021	29602	24/08/2021	11561
04/05/2021	9488	20/07/2021	28358	15/06/2021	27175	31/08/2021	4216
05/11/2021	7457	27/07/2021	52854	22/06/2021	18027	7/9/2021	1796
18/05/2021	9226	02/08/2021	31537				



Ingreso de la variante Delta

El ingreso de la variante Delta se simula a través de los parámetros de protección contra infección y hospitalización. Se sabe que las vacunas no ofrecen la misma protección contra esta nueva variante. Por otro lado, el relajamiento de medidas se simula a través del parámetro de distanciamiento social. Las hipótesis se resumen en la **Tabla 62**.

Tabla 62. Supuestos sobre ingreso de la variante Delta y relajamiento de medidas sanitarias.

Parámetros	Antes de julio-12	Julio 12	Julio 30	Sep 15	Comentarios
Porcentaje de personas que usan protección personal	Se toman valores aleatorios entre 65% y el 80%				Este intervalo se reduce cuando el 60% de la población alcanza esquema completo de vacunación a valores entre 50% y 70%
Porcentaje de personas que mantienen el distanciamiento social	Valores entre 60% y 70%	Valores aleatorios entre 35% y 65%			Se amplía teniendo en cuenta la apertura de colegios y el relajamiento de medidas
Protección contra infección una dosis		63%	50%	45%	Disminuye a medida que la variante Delta se vuelve dominante
Protección contra infección dos dosis		90%	82%	72%	Inicialmente disminuye por el ingreso de delta y luego vuelve a aumentar porque aumentan las personas vacunadas con esquema completo.
Protección contra hospitalización	80%	80%	72%	85%	



Figura 280. Proyecciones casos acumulados.

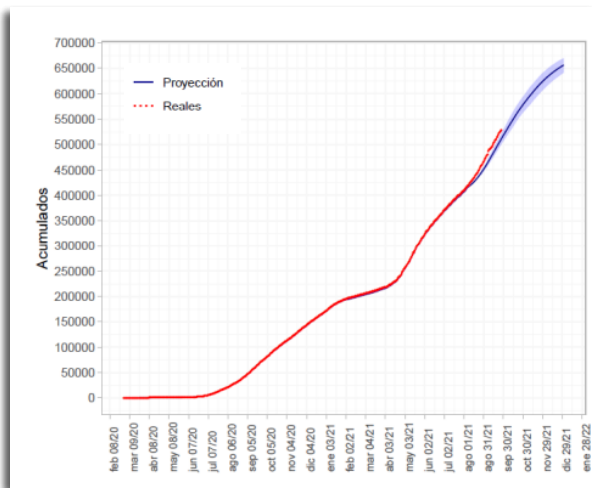


Figura 281. Proyección hospitalizaciones.

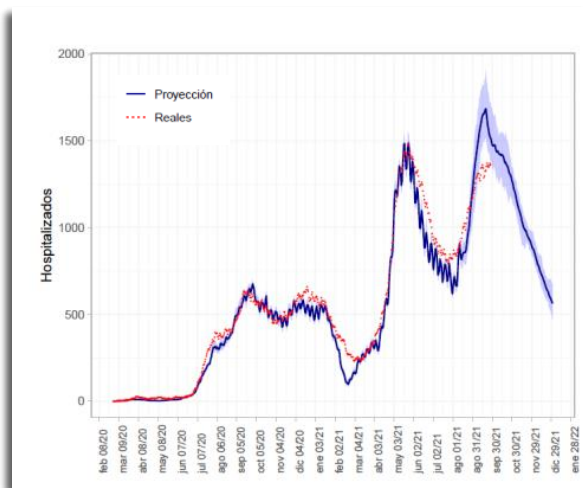


Figura 282. Proyección admisiones cuidados intensivos.

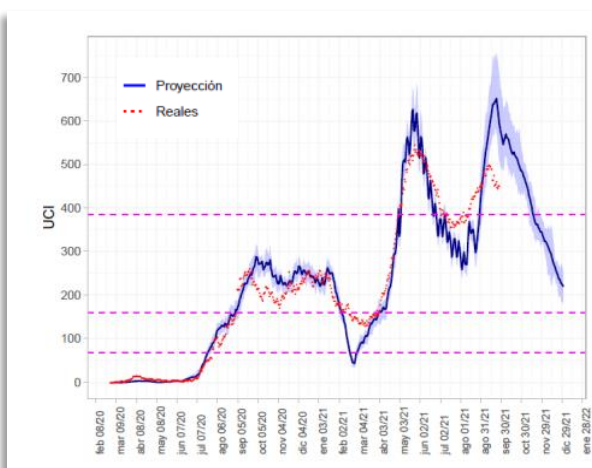
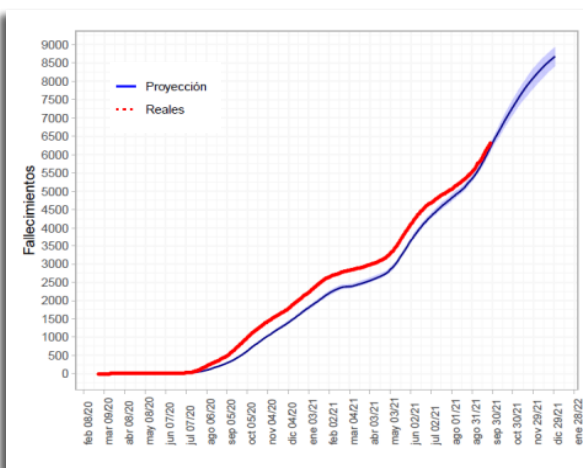


Figura 283. Proyección de fallecimientos.



Resultados

Los resultados muestran un decrecimiento en el número de hospitalizaciones y cuidados intensivos que coincide con lo que se empieza a observar en los datos reales reportados. Sin embargo, la proyección sobre estima los casos esperados.

Octubre 28, 2021

Para la simulación, se tiene en cuenta:

- Base de nexos actualizada hasta el 13 de octubre del 2021.
- Los datos reales que se grafican en la proyección están actualizados hasta el 25 de octubre 2021.
- Los resultados corresponden a un total de 20 simulaciones. La región sombreada de los gráficos indica el intervalo de confianza del 95%.



- Se asume que el 10% de la población entre 18 y 64 años y el 5% de las personas mayores a 65% no acceden a vacunarse.
- En noviembre 1 y en diciembre 2, se cambian los parámetros de distanciamiento social.
Noviembre 1: se toma un valor aleatorio para el porcentaje de distanciamiento social en un rango que va desde 25% hasta el 55%.
Diciembre 1: los valores se muestran entre 20% y 40%.
- Para simular el ingreso de la variante Delta, se modifican los porcentajes de protección contra infección, diferenciado para personas con una y dos dosis.
- Se asume que toda persona que recibe la primera dosis recibe la segunda 21 días después hasta el 24 de mayo, a partir de allí las personas reciben la segunda dosis a los 84 días (12 semanas).

Tabla 63. Supuestos para simular el ingreso de la variante delta.

Supuestos	Valores iniciales	Julio 30	Septiembre 15
Protección contra infección con una dosis	63	50	50
Protección contra infección con dos dosis	90	85	80

Consideraciones con respecto a la vacunación

A partir del 13 de abril se calcula un promedio de dosis diarias para cada grupo etario teniendo en cuenta la información publicada por la CCSS.

Tabla 64. Promedio de primeras dosis administradas por día.

Fecha	Dosis	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis
13/04/2021	8989	22/06/2021	18027	31/08/2021	4216
20/04/2021	13757	29/06/2021	13322	07/09/2021	1796
27/04/2021	12584	06/07/2021	10806	14/09/2021	10456
04/05/2021	9488	13/07/2021	11298	21/09/2021	18525
15/11/2021	7457	20/07/2021	28358	28/09/2021	18965
18/05/2021	9226	27/07/2021	52854	05/10/2021	8971
25/05/2021	20805	02/08/2021	31537	12/10/2021	7892
02/06/2021	20689	10/08/2021	29638	19/10/2021	10292
08/06/2021	29602	17/08/2021	23989		
15/06/2021	27175	24/08/2021	11561		

Figura 284. Proyección casos acumulados.

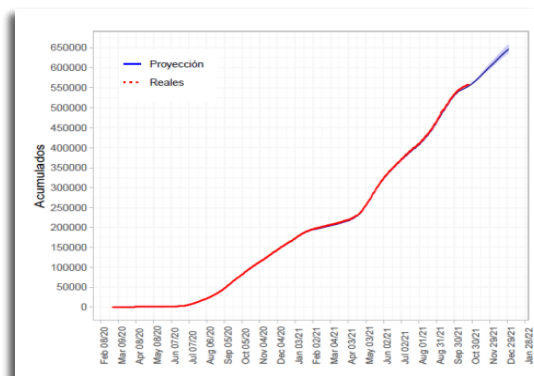


Figura 285. Proyección hospitalizaciones

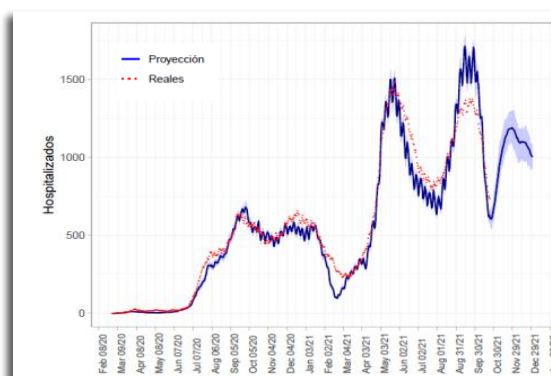




Figura 286. Proyección admisión cuidados intensivos.

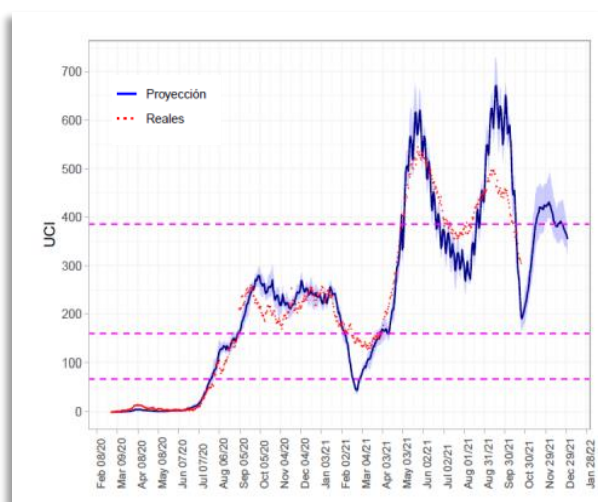
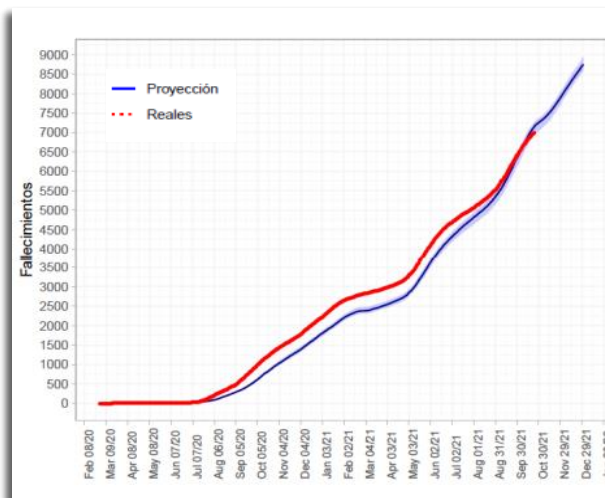


Figura 287. Proyección de los fallecimientos.



Resultados

Las proyecciones muestran que, con el ingreso de la variante Delta, se espera un nuevo incremento en las hospitalizaciones. Es de anotar que las fechas del ingreso de la variante Delta son hipotéticas; por lo que el incremento puede darse antes o después de lo proyectado con menor o mayor magnitud.

Noviembre 10, 2021

Se simulan tres escenarios:

- El escenario 1 es el promedio de 25 simulaciones y los escenarios 2 y 3 son el promedio de 10 simulaciones.
- Datos reales actualizados hasta el 9 de noviembre.
- Se asume que: el 90% y el 95% de las personas elegibles del grupo etario 2 (18-64) y el grupo etario 3 (mayores 65), respectivamente, se vacunan.
- La protección contra infección con la segunda dosis es de 90%.
- La protección contra hospitalización para personas con una dosis o esquema completo es inicialmente del 80% hasta que se alcanza el 40% de la población completamente vacunada; esta protección aumenta a 85% cuando se tiene entre el 40 y el 60% de la población con esquema completo y aumenta a un 90% de protección cuando se tiene más del 60% de la población vacunada.
- Los promedios de vacunación están actualizados hasta el 2 de noviembre, 2021.
- El escenario 1 y el 2 tienen los mismos cambios en los parámetros de distanciamiento social y se cambia el porcentaje de protección contra infección cuando se tiene una dosis. El escenario 3 no incluye cambios en el parámetro de distanciamiento social y se asume el porcentaje más bajo de protección.



En la **Tabla 65** se resumen los supuestos en pérdida de protección contra infección debido al ingreso de la variante Delta y los supuestos para el parámetro de distanciamiento social.

Tabla 65. Supuestos para el parámetro de distanciamiento social y reducción en protección de la vacuna por ingreso de la variante Delta.

Escenario	Parámetro de distanciamiento	Protección contra infección una dosis (inicialmente 63%)
1	Julio 12 Entre 25% y 65%	Julio 30 - 58%
2		Julio 30 - 55%
3		
1	Noviembre 1 Entre 10 y 50%	Septiembre 15 - 55%
2		Septiembre 15 - 50%
3		
1	Diciembre 1 Entre 0% y 30%	Noviembre 1 - 50%
2		Noviembre 1 - 40%
3		

Consideraciones en cuanto a la vacunación

Se asume que toda persona que recibe la primera dosis recibe la segunda 21 días después hasta el 24 de mayo; a partir de allí, las personas reciben la segunda dosis a los 84 días (12 semanas).

Tabla 66. Promedio de primeras dosis administradas por día

Fecha	Dosis	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis
13/04/2021	8989	22/06/2021	18027	31/08/2021	4216
20/04/2021	13757	29/06/2021	13322	07/09/2021	1796
27/04/2021	12584	06/07/2021	10806	14/09/2021	10456
04/05/2021	9488	13/07/2021	11298	21/09/2021	18525
15/11/2021	7457	20/07/2021	28358	28/09/2021	18965
18/05/2021	9226	27/07/2021	52854	05/10/2021	8971
25/05/2021	20805	02/08/2021	31537	12/10/2021	7892
02/06/2021	20689	10/08/2021	29638	19/10/2021	10292
08/06/2021	29602	17/08/2021	23989	26/10/2021	10358
15/06/2021	27175	24/08/2021	11561	02/11/2021	11634

Figura 288. Proyección casos acumulados.

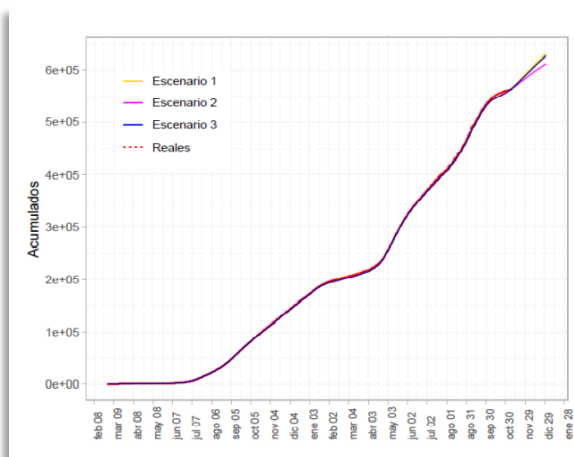


Figura 289. Proyección hospitalización.

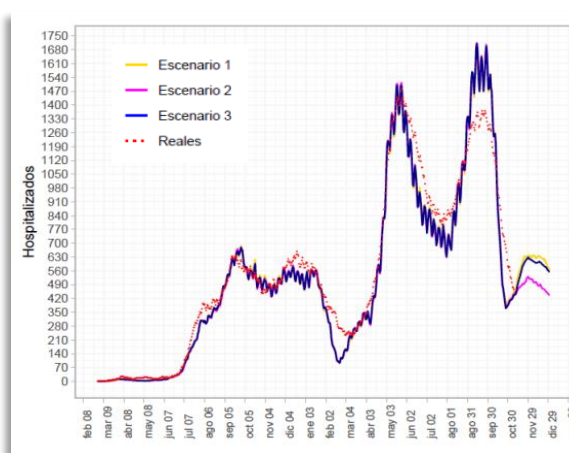




Figura 290. Proyección admisiones cuidados intensivos.

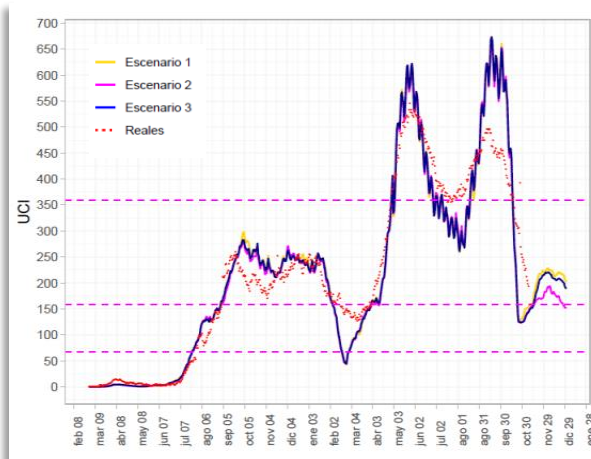
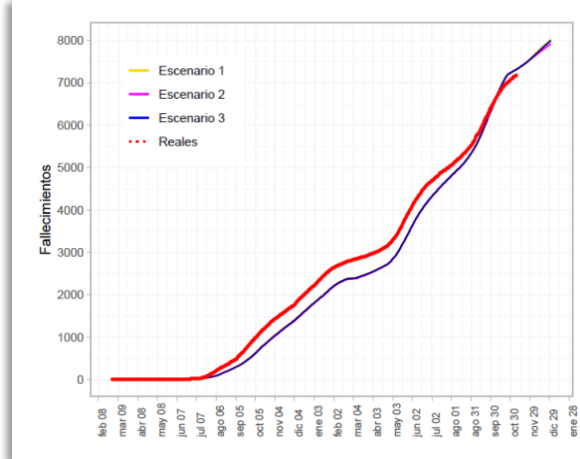


Figura 291. Proyección de los fallecimientos.



Resultados

En el escenario 1 y el 2 se disminuye el porcentaje de personas que mantienen distanciamiento social en julio, noviembre y diciembre y el escenario 2 considera mayor pérdida de inmunidad contra infección. El escenario 3 considera mayor pérdida de inmunidad contra infección, pero no considera cambios en el porcentaje de personas que mantienen distanciamiento social.

Los resultados muestran que el decrecimiento de las hospitalizaciones empieza a desacelerarse entrando en una meseta por los siguientes días.



ANEXOS

Productos académicos

Calvo JG, Sanchez F, Barboza LA, García YE, Vásquez P. An implementation of a multilayer network model for the Covid-19 pandemic: A Costa Rica study. *Mathematical Biosciences and Engineering*. 2023;20(1):534-51. DOI: 10.3934/mbe.2023024

Sanchez F, Calvo JG, Mery G, García YE, Vásquez P, Barboza LA, Pérez MD, Rivas T. A multi-layer network model of COVID-19: implications in public health policy in Costa Rica. *Epidemics*. 2022 May, 18:100577. DOI: 10.1016/j.epidem.2022.100577

García YE, Mery G, Vásquez P, Calvo JG, Barboza LA, Rivas T, Sanchez F. Projecting the impact of Covid-19 variants and vaccination strategies in disease transmission using a multilayer network model in Costa Rica. *Scientific Reports*. 2022 Feb 10, 12(1):1-9. DOI: 10.1038/s41598-022-06236-1

Barboza LA, Vásquez P, Mery G, Sanchez F, García YE, Calvo JG, Rivas T, Pérez MD, Salas D. The Role of Mobility and Sanitary Measures on the Delay of Community Transmission of COVID-19 in Costa Rica. *Epidemiologia*. 2021 Sep;2(3):294-304. DOI: 10.3390/epidemiologia2030022



Línea del tiempo

Medidas sanitarias implementadas en Costa Rica marzo 2020 – octubre 2021

Fecha	Medidas
6/03/2020	Primer caso reportado en Costa Rica.
8/03/2020	Declaración de alerta amarilla.
10/03/2020	Cancelación de eventos masivos.
	Se instruye teletrabajo para sector público.
	Órdenes sanitarias de cierres a 5 escuelas.
11/03/2020	Se emiten órdenes sanitarias de cierres a 3 escuelas más.
12/03/2020	Cierres preventivos en escuelas con riesgo.
	Reducción del 50% de la capacidad aprobada para espacios de reunión pública.
	Suspensión de viajes al extranjero para empleados públicos.
13/03/2020	Se activa la línea 1322.
14/03/2020	Correos de Costa Rica lanza plataforma en línea para compra de alcohol.
15/03/2020	Cierre total de bares, discotecas, casinos y el Parque de Diversiones.
	350 centros educativos cerrados.
16/03/2020	Declaratoria Estado de Emergencia Nacional.
	Se suspenden lecciones en todo el país.
17/03/2020	Cancelación del Campeonato Nacional de Fútbol.
18/03/2020	Cierre de fronteras; solo se permite el ingreso de costarricenses y residentes al país.
	Aislamiento de 14 días para los residentes que ingresen.
	Se amplía cobertura de pruebas diagnósticas al H. México, H. San Juan de Dios, H. Nacional de Niños.
19/03/2020	Cierre de cines, teatros, disminución de visitas a centros comerciales.
20/03/2020	Comedores escolares entregarán paquetes de alimentos.
	Suspensión de sorteos de lotería nacional.
22/03/2020	Se reportan casos positivos en las 7 provincias del país.
	Ferias del agricultor deben contar con lavamanos y controlar capacidad de ingreso.
23/03/2020	Cierre total de playas en todo el país.
	Cierre obligatorio de templos y cultos religiosos.
24/03/2020	Inicio de la restricción vehicular sanitaria de 10:00 p.m. a 5:00 a.m.
	Todo extranjero residente que abandone territorio nacional pierde su estatus migratorio.
26/03/2020	Cinco centros privados cuentan con aval para realizar prueba para el diagnóstico de Covid-19.
	Laboratorios públicos en capacidad de realizar 550 pruebas diarias.
27/03/2020	Se amplía restricción vehicular a partir de las 8:00 p.m. fines de semana (medida aplica de viernes a lunes hasta las 5:00 a.m.).
28/03/2020	Cierre de todos los establecimientos que tengan permiso sanitario de funcionamiento y atiendan al público a partir de las 8:00 p.m. y por los fines de semana; queda como excepción los envíos de alimentos y medicamentos.
29/03/2020	Actualización de los protocolos nacionales sobre casos confirmados o sospechosos de COVID-19, así como de los protocolos a seguir con todas aquellas personas que recibieron una orden de aislamiento de 14 días tras haber ingresado al país posterior al cierre de fronteras.
1/04/2020	Se anuncian medidas a tomar durante Semana Santa, dentro de las cuales se encuentran: ampliación de restricción vehicular sanitaria a partir del 3 de abril, restricción de transporte público de larga distancia y cierre de establecimientos con atención a público presencial (se permiten servicios a domicilio).
2/04/2020	Ingreso del primer paciente al Centro Especializado para la Atención de Pacientes con COVID-19 (Ceaco).



	Actualización en los lineamientos nacionales con respecto a definición de caso sospechoso. Se activa vigilancia centinela en sitios estratégicos del país.
4/04/2020	Inicia la restricción vehicular diurna (5:00 a.m. a 5:00 p.m.) con distribución de placas a nivel nacional.
6/04/2020	Se extiende hasta el 30 de abril el cierre de fronteras.
8/04/2020	Inicia restricción vehicular con excepciones y se suspende todo transporte público salvo transportes especiales de actividades productivas esenciales y servicio de taxi.
13/04/2020	Medidas sanitarias vigentes a partir del 13 al 30 de abril: restricción vehicular diurna aplicarán de 5:00 a.m. a 7:00 p.m., con distribución de placas.
	Restricción total vehicular nocturna será de 7:00 p.m. a 5:00 a.m., salvo excepciones.
	Fines de semana la restricción será total al tránsito vehicular con las siguientes excepciones: acceso a supermercados, abastecedores, pulperías, farmacias y centros de salud (con distribución de placas).
	Establecimientos con permiso de funcionamiento y que atiendan al público: podrán funcionar únicamente de 5:00 a.m. a 7:00 p.m., con un aforo del 50%.
	Transporte público regular será desde 4:00 a.m. hasta 11:00 pm.
	Se mantiene el cierre del transporte internacional de personas por vía terrestre y las restricciones migratorias.
	Se mantiene cierre de bares, discotecas, teatros, cines, iglesias, playas, gimnasios de manera total.
Se mantiene cierre de curso lectivo.	
Instituciones públicas continuarán con el plan básico de 20% de servicios esenciales, exceptuados todos los funcionarios requeridos para atender la emergencia.	
20/04/2020	Cierre de fronteras se extiende hasta el 15 de mayo.
27/04/2020	A partir del 1 de mayo (fase 1 medidas sanitarias): Se habilita entre semana de 5:00 a.m. a 7:00 p.m.: 1. Cines y teatros con medidas de separación de asientos de mínimo 2 metros entre cada persona y boletería o reserva electrónica. 2. Establecimientos para práctica o entrenamiento de deportes sin contacto, con una reducción de su capacidad máxima de ocupación normal al veinticinco por ciento (25%). 3. Gimnasios con una reducción de su capacidad máxima de ocupación normal al veinticinco por ciento (25%), con programación de citas y horario diferenciado para personas con factores de riesgo. 4. Escuelas de natación, con una reducción de su capacidad máxima de ocupación normal al veinticinco por ciento (25%).
	1. Se habilitan fines de semana de 5:00 a.m. a 7:00 p.m., además de la lista de excepciones ya emitida: a. Los salones de belleza y barberías, con un aforo al cincuenta por ciento (50%) según capacidad máxima y únicamente con cita previa. b. Venta al por menor de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores y motocicletas, con un aforo al cincuenta por ciento (50%) según capacidad máxima de ocupación. c. Estacionamientos o parqueos.
	Las medidas serán graduales y dependerán del comportamiento de los casos y, de ser necesario, se implementarán restricciones nuevamente. El 11 de mayo se evaluará si hay más cambios.
7/05/2020	Cierre de fronteras se extiende hasta el 15 de junio. Todo transportista de carga que ingrese al país deberá realizarse la prueba para Covid-19.
11/05/2020	Se anuncian nuevas medidas a regir del 16 al 31 de mayo. De lunes a viernes, se amplía restricción de circulación vehicular hasta las 10:00 p.m., así como el funcionamiento de locales con permiso sanitario: restaurantes, tiendas, centros comerciales y teatros. Habilitación de hoteles de 20 habitaciones a un 50% de su capacidad y apertura de moteles.



	<p>Doce parques nacionales y una reserva privada abrirán de nuevo al público, limitando el ingreso a un 50% de su capacidad.</p> <p>De lunes a domingo se permitirán deportes recreativos sin contacto físico, y a puerta cerrada en el caso de deporte de contacto de alto rendimiento.</p> <p>Playas abrirán de lunes a viernes de 5:00 a.m. a 8:00 a.m.</p>
12/05/2020	<p>Se recomienda el uso de mascarilla en transporte público, atención al público y reuniones.</p>
15/05/2020	<p>Solamente ingresarán al país aquellos transportistas que realicen tránsito de frontera a frontera; a ellos, se les dará estricto seguimiento y vigilancia policial. Se aplicarán tres modalidades: desenganche, enganche y relevo, garantizado la desinfección y limpieza profunda del cabezal.</p>
21/05/2020	<p>A partir del viernes 22 de mayo inicia plan piloto para transportistas. A todos los costarricenses o residentes se les hará la prueba COVID-19. Si la persona no tiene síntomas, entrará al país y seguirá las disposiciones del Ministerio de Salud para esperar el resultado y hacer la cuarentena. Si tiene síntomas, se determinará si requiere atención médica o no en un centro de salud cercano. A los transportistas extranjeros no se les hará la prueba. Aquellos que vienen sin carga pueden levantar carga en la zona primaria de la frontera y volver a salir. Los que vienen con carga y tienen síntomas no podrán ingresar. Los que no tienen síntomas podrán entrar a territorio nacional y seguir uno de los tres mecanismos de flujo de mercancías disponibles.</p>
1/06/2020	<p>Inicio de nuevas medidas sanitarias: medidas regirán hasta el 19 de junio y aplicará en todo el territorio nacional.</p> <p>Restricción vehicular diurna y nocturna se mantiene sin cambios.</p> <p>Se habilita el funcionamiento de hoteles, cabinas o establecimientos de alojamiento con un aforo de 50% de lunes a domingo.</p> <p>Los fines de semana se permite el funcionamiento de restaurantes, sodas y cafeterías, plazas de comidas, gimnasios y escuelas de natación con un aforo de 50%.</p> <p>Los museos y las academias de artes sin contacto podrán funcionar de lunes a viernes de 5:00 a.m. a las 10 p.m. y un aforo de 50%.</p> <p>Se habilita el transporte especial de turismo con restricciones y medidas especiales establecidas por el Consejo de Transporte Público.</p> <p>Las medidas migratorias se prorrogan hasta el 30 de junio de 2020.</p>
3/06/2020	<p>Inicia restricción vehicular diferenciada de lunes a domingo entre las 5:00 p.m. y las 5:00 a.m. en los cantones de La Cruz, Guatuso, Upala, Los Chiles y Río Cuarto, así como en once distritos de San Carlos (Aguas Zarcas, Cutris, Pital y Pocosol), Guácimo (Duacari), Pococí (Colorado y la Colonia), Sarapiquí (Llanuras del Gaspar y Curuña) y Siquirres (Pacuarito y Reventazón).</p> <p>Adicionalmente, se establece restricción de navegación en los ríos Medio Queso, Frío, canales de Tortuguero, Colorado y Sarapiquí, exceptuando actividades productivas y pesqueras, debidamente comprobadas por las autoridades competentes.</p> <p>Se declara Alerta Naranja para los distritos de Cariari (cantón de Pococí), Peñas Blancas (San Ramón), Las Juntas (Abangares), Cañas y Bebedero (Cañas).</p> <p>La restricción vehicular diferenciada, de lunes a domingo de 5:00 p.m. a 5:00 a.m., se amplía a los distritos de Cariari (Pococí), Peñas Blancas (San Ramón), Cañas y Bebedero (Cañas) y Las Juntas (Abangares), esta entrará a regir el jueves 4 de junio a las 5:00 p.m. En estos distritos solo podrá circularse por placas pares e impares los fines de semana, para trasladarse a supermercados, farmacias, pulperías, abastecedores y servicios de salud.</p> <p>Se dispone una regulación especial para los establecimientos con permiso sanitario de funcionamiento ubicados en los distritos de Cariari (Pococí), Peñas Blancas (San Ramón), Cañas y Bebedero (Cañas) y Las Juntas (Abangares).</p>
4/06/2020	<p>Se amplía la alerta naranja por COVID-19 a los distritos de Los Chiles, Venecia, La Rita y Roxana. Estos distritos tendrán restricción vehicular diferenciada a partir del viernes 5 de junio, que va a regir desde las 5 de la tarde. Además, en la restricción en ríos, se agrega el Río San Carlos.</p>



7/06/2020	Se amplía alerta naranja para los distritos de la Fortuna en San Carlos y para los cantones de Pococí y Upala. Quedan, además, sujetos a la restricción vehicular diferenciada y a la regulación especial de establecimientos con permiso sanitario de funcionamiento.
12/06/2020	Se actualizan los lineamientos Nacionales para la Vigilancia de la Enfermedad Covid-19 en el país (versión 14). Basados en los lineamientos de la OMS, se suprimen las pruebas para calificar como recuperado los casos de manejo ambulatorio. Aquellos pacientes que no tuvieron síntomas pueden darse de alta 10 días después de la prueba positiva; una persona con síntomas leves puede darse de alta después de 13 días si lleva los últimos 3 días sin síntomas visibles.
16/06/2020	Los distritos de Cañas y Bebedero en el cantón de Cañas y Las Juntas en el cantón de Abangares, retornan al estado de alerta amarilla, en contraparte, todo el cantón de Pococí, el distrito de Peñas Blancas de San Ramón, el distrito de Los Chiles en el cantón del mismo nombre, La Fortuna de San Carlos, el cantón de Upala en su totalidad, y el distrito de Paquera en el cantón de Puntarenas seguirán bajo alerta naranja hasta el 24 de junio.
18/06/2020	Inicia una nueva fase de reapertura (20 de junio-10 julio). Se habilita el funcionamiento fines de semana de tiendas (con aforo de 50%), cines, teatros y museos al 50% (compra previa y separación de 1.8 metros).
	Se autoriza el funcionamiento de lunes a domingo de lugares de culto con un máximo de 75 personas y distanciamiento de 1.8 metros, según los protocolos aprobados.
	El acceso a las playas podrá realizarse de lunes a domingo de 5:00 a.m. a 9:30 a.m., mediante burbujas sociales.
	Se mantiene cierre de bares, concentraciones masivas y espectáculos públicos, discotecas, casinos y actividades de azar, Teatro Nacional y Teatro Mélico Salazar, turnos y ferias comunitarias, así como parques de diversiones y similares.
	Las instituciones públicas continuarán trabajando con el plan básico de funcionamiento, medidas de teletrabajo, jornada acumulativa y horario escalonado.
	Los distritos Las Juntas (Abangares) y Cañas y Bebedero (Cañas) ya no estarán sujetas a la restricción vehicular diferenciada a partir del viernes 19 de junio.
	Restricción vehicular permanece sin cambios. Zonas con alerta naranja no están siendo contempladas en estas medidas.
19/06/2020	Se pospone la habilitación de cines, teatros, museos y tiendas fines de semana, así como lugares de culto y horario ampliado de playas.
	Se suspende el campeonato de fútbol.
	Del sábado 20 a las 10:00 a.m. al lunes 22 a las 5:00 a.m. se aplicará restricción vehicular total para todo el país, bajo el esquema utilizado en Semana Santa.
	Los cantones de Alajuelita y Desamparados ingresan en alerta naranja debido al aumento de casos.
22/06/2020	Se instruye, a partir del lunes 27 de junio, el uso obligatorio de mascarilla para toda persona que atienda público y para el público general cuando utilice: transporte remunerado de personas, cines, teatros, iglesias, bancos y restaurantes mientras no estén consumiendo.
23/06/2020	Se suma Pavas a la lista de cantones con alerta naranja. Estudio de aguas residuales del Ministerio de Salud en colaboración con el AyA detectó la presencia de SARS-CoV 2 en el alcantarillado de la zona. En este distrito, se registra un aumento en el número de casos (42 casos en los últimos días); además, durante operativos de vigilancia comunitaria se han logrado captar 6 casos en las últimas dos semanas. Listado de cantones en Alerta Naranja: <ul style="list-style-type: none">•Pococí, Peñas Blancas (San Ramón)•Los Chiles (Los Chiles)•La Fortuna, Upala (San Carlos)•Paquera (Puntarenas)•Alajuelita, Desamparados y Pavas (San José)
24/06/2020	Se suma a la alerta naranja el cantón de Corredores y los poblados de La Vega y Bonanza del distrito de Florencia (San Carlos).



25/06/2020	Se suma a la alerta naranja el distrito de San Rafael en el cantón de Guatuso.
26/06/2020	Se anuncia nueva fase de reaperturas y actualización en alertas: Cantones en zona amarilla, con algunas excepciones, podrán avanzar a fase 3 a partir de la media noche de 26 de junio.
	Se excluye de esta disposición a Ulloa (Heredia); La Uruca, La Merced, Hospital, Hatillo, Mata Redonda, Catedral, Zapote, San Rafael de Escazú, Curridabat, San Francisco de Dos Ríos, San Sebastián, Aserrí, San Gabriel, Corralillo (Cartago).
	Distritos en alerta naranja permanecerán en fase 2.
	La CNE actualizó la alerta naranja en los cantones de Upala, San Carlos, Pococí y Desamparados.
	El Aeropuerto Internacional Juan Santamaría y el Daniel Oduber de Liberia podrán abrir el 1 de agosto.
2/07/2020	Ministerio de Salud declara transmisión comunitaria de forma precautoria en la GAM. Se anuncian medidas que aplicarán a partir del viernes 3 de julio y regirán hasta el 13 de julio, inclusive: Todo el país tendrá restricción vehicular nocturna de lunes a domingo de 7:00 p.m. a 5:00 a.m., con excepción de las zonas fronterizas que será de 5:00 p.m. a 5:00 a.m.
	Las instituciones públicas deberán continuar con el plan básico de funcionamiento y con medidas de teletrabajo.
	Se extiende la obligatoriedad de mascarillas a asistentes de supermercados y tiendas de todo el país.
	Cantones en Alerta Naranja: San José, Curridabat, Montes de Oca, Moravia, Tibás, Goicochea, Aserrí, Escazú, Desamparados, Alajuelita y Puriscal, Alajuela, San Ramón, Grecia, Upala, Guatuso, Los Chiles, Sector sureste del distrito de la Fortuna de San Carlos, Heredia, Santo Domingo, Barva, Puntarenas y Corredores, La Unión, Bagaces, Pococí.
	Regulación de establecimientos para cantones en alerta naranja.
	Entre semana: Podrá funcionar de 5:00 a.m. a 7:00 p.m. la actividad comercial, salvo aquellos no habilitados como lugares de culto, parques públicos, bares y eventos de concentración masiva. Los hoteles podrán funcionar de lunes a domingo con un aforo de 50%.
	Fines de semana: 1. Únicamente podrán funcionar: supermercados, farmacias, centros médicos, pulperías, abastecedores, panaderías, carnicerías, verdulerías, servicio a domicilio, suministros agropecuarios, veterinarios y de higiene, bancos, funerarias, ferreterías, cerrajerías, talleres de reparación de vehículos, motocicletas, llantas y maquinaria y lubricentros. 2. En el caso de los supermercados, abastecedores, pulperías y minisúper, los fines de semana únicamente se habilita lo correspondiente a la sección de venta de alimentos, bebidas, abarrotes, suministros de limpieza e higiene y necesidades básicas. 3. No habilitado: los establecimientos restaurantes, salones de belleza, tiendas, cines, teatros y museos, lugares de culto, parques públicos, bares y eventos de concentración masiva. 4. Ferias del agricultor podrán funcionar con estrictos protocolos, y una franja diferenciada para adultos mayores de 5:00 a.m. a 8:30 a.m.
	Regulación para establecimientos en cantones en alerta amarilla (resto de país). De lunes a domingo: continúan en la fase 3 de reapertura en horario de 5:00 a.m. a 7:00 p.m., con autorización para funcionamiento de lugares de culto de máximo 75 personas, playas de 5:00 a.m. a 9:30 a.m., hoteles al 50% y restaurantes, tiendas, museos, cines y teatros los fines de semana. No habilitado: el funcionamiento de parques públicos, bares y eventos de concentración masiva.
10/07/2020	Se instruye un cerco epidemiológico en toda la GAM. Se aplica restricción vehicular total y cierre de establecimientos de manera total por cinco días, del lunes 13 al viernes 17 de julio, a todos los cantones en alerta naranja, tanto dentro como



	<p>fuera de la GAM. El transporte público en cantones en alerta naranja solo podrá funcionar hasta un 20%. Se habilita el servicio de taxi y servicio especial de trabajadores.</p> <p>Los fines de semana (sábado 11 y domingo 12, sábado 18 y domingo 19 de julio) regirá en todo el país una restricción vehicular de 5:00 a.m. a 5:00 p.m. para acceso a los establecimientos autorizados por el Ministerio de Salud según el tipo de alerta amarilla o naranja.</p> <p>Establecimientos habilitados los fines de semana:</p> <p>Cantones en alerta naranja: supermercados, farmacias, centros médicos, pulperías, abastecedores, panaderías, carnicerías, verdulerías, servicio a domicilio, servicio a domicilio de alimentos, suministros agropecuarios, veterinarios y de higiene, bancos, funerarias, ferias del agricultor con franja diferenciada para adultos mayores de las 5:00 horas a las 8:30 horas. Las instituciones públicas deberán maximizar el teletrabajo y mantener de manera presencial exclusivamente aquellos servicios operativos esenciales, así como aquellos requeridos para la atención de la emergencia. Al resto de servidores públicos deberán aplicarse vacaciones acumuladas o adelanto de vacaciones.</p> <p>Cantones en alerta amarilla: salones de belleza, lugares de culto, playas de 5:00 a.m. a 9:30 a.m., hoteles, restaurantes, tiendas, museos, cines y teatros al 50% de aforo, ferias del agricultor con franja diferenciada para adultos mayores de las 5:00 horas a las 8:30 horas, entre otros. El transporte público se mantiene de manera regular, taxis y transporte especial de trabajadores y turismo.</p>
17/07/2020	<p>Se anuncian medidas a regir del 20 al 31 de julio.</p> <p>La restricción vehicular en todos los cantones con alerta naranja será de lunes a domingo de 5:00 a.m. a 5:00 p.m. y se vuelve a la dinámica usual de restricción de placas. En cantones en alerta amarilla, la restricción será de lunes a viernes de 5:00 a.m. a 10:00 p.m. y fines de semana de 5:00 a.m. a 7:00 p.m.</p> <p>Se extiende el uso obligatorio de mascarillas a las paradas de autobuses y el transporte público podrá funcionar de manera regular en todo el país, respetando las medidas sanitarias.</p> <p>Servicio a domicilio podrá funcionar en cualquier modalidad.</p> <p>Todas las actividades productivas de atención no presencial podrán funcionar de manera regular, con estricto cumplimiento de protocolos y medidas sanitarias en todo el país, ya sea en alerta amarilla o naranja</p> <p>Los establecimientos en zona amarilla con permiso sanitario de funcionamiento de atención al público podrán abrir de manera regular y continuar la fase III de reapertura de lunes a domingo (restaurantes, tiendas y gimnasios al 50%, lugares de culto con un máximo 75 personas, ferias de agricultor con franja diferenciada, entre otros), con cumplimiento estricto de protocolos. Los hoteles podrán funcionar con un aforo del 100% y zonas comunes al 50% y no se habilita la apertura de bares, discotecas, casinos y parques públicos.</p> <p>Los únicos establecimientos con permiso sanitario de funcionamiento de atención al público habilitados para funcionar las 24 horas del día en alerta naranja, son: supermercados, abastecedores, pulperías y minisúper (sección venta de alimentos, bebidas, abarrotes, suministros de limpieza e higiene y necesidades básicas), panaderías, carnicerías y verdulerías; venta de insumos agropecuarios, veterinarios y de higiene; comercialización de productos agrícolas, pecuarios, pesca y acuicultura; lavanderías, ferreterías, cerrajerías, vidrieras, Riteve (RTV), reparación de automotores, equipo y maquinaria, lubricentros, venta de repuestos; servicios bancarios y financieros; funerarias y capillas de velación. Todos los servicios anteriormente mencionados deben funcionar con un aforo del 50%. También, pueden abrir los establecimientos de salud públicos y privados, clínicas veterinarias, farmacias, ferias del agricultor con franja diferenciada para adultos mayores de 5:00 a.m. a 8:30 a.m., recolección</p>



	de residuos, abastecimiento de combustibles, venta de loterías y productos de azar debidamente autorizados por la Junta de Protección Social (JPS), estacionamientos o parqueos públicos, centros de atención de personas en condición de vulnerabilidad y dependencia, guarderías públicas, privadas o mixtas tuteladas por el CAI o el MEP, hoteles (50% de aforo) y moteles.
20/07/2020	Se modifica la instrucción de uso de mascarilla o careta para que estas sean utilizadas en todos los espacios cerrados con excepción de lugares donde se ingieren alimentos. Esto no incluye las casas de habitación ni recintos familiares.
24/07/2020	Los lineamientos de vigilancia de la enfermedad COVID-19 del Ministerio de Salud fueron actualizados con el fin de instruir la confirmación de pacientes positivos COVID-19 por nexo con una persona confirmada por prueba PCR, cuando estos habiten en el mismo espacio físico y manifiesten síntomas (sin requerir la prueba diagnóstica).
1/08/2020	A partir del 1 de agosto inicia la apertura de vuelos comerciales internacionales procedentes de la Unión Europea.
	Horario de visita a las playas ubicadas en zona amarilla se ampliará de 5:00 a.m. a 2:30 p.m. Se habilitará el funcionamiento de tours con actividades al aire libre
	Inicia plan de medidas para el mes de agosto.
	Periodo se divide en dos fases de reapertura (9 días) que van desde el sábado 1 al domingo 9 y luego del sábado 22 al domingo 30. Del lunes 10 al viernes 21 de agosto se realizará una fase de cierre que afectará únicamente a los cantones en alerta naranja.
	La restricción vehicular en alerta naranja será de 5:00 a.m. a 5:00 p.m., pero de manera más restringida durante el periodo de cierre.
10/08/2020	Debido al alto riesgo de contagio de ciertas actividades de concentración masiva, permanecerán inhabilitados los espectáculos públicos, los festejos populares, las actividades de entretenimiento en centros comerciales, entre otros, y se mantiene el cierre de bares, discotecas, actividades y procesiones religiosas.
	A partir del 10 de agosto se unifica la restricción vehicular sanitaria. El horario de la restricción vehicular será de lunes a viernes de 5:00 a.m. a 9:00 p.m. y sábado y domingo de 5:00 a.m. a las 7:00 p.m., tanto en cantones en alerta amarilla y naranja. Se mantiene la restricción vehicular diferenciada en zonas fronterizas, de lunes a domingo de 5:00 a.m. a 5:00 p.m. En cantones en alerta naranja, durante la fase de cierre, la circulación por placas se restringe a un día entre semana y un día en fin de semana.
19/08/2020	Se ajusta el horario de establecimientos en todo el país de acuerdo con la misma restricción, pudiendo operar de lunes a viernes de 5:00 a.m. a las 9:00 p.m. y sábados y domingos de 5:00 a.m. a las 7:00 p.m. Respecto a los establecimientos autorizados para funcionar durante la fase de cierre en cantones en alerta naranja, se habilita entre semana el funcionamiento de restaurantes, sodas y cafeterías, plazas de comidas, tiendas en general y tiendas por departamento, salones de belleza, barberías y estéticas con cita previa y los supermercados sin limitación de secciones, con aforo al 50%.
28/08/2020	Se anuncian cambios en las alertas cantonales las cuales rigen a partir del 20 de agosto: Cantones que pasan de alerta naranja a alerta amarilla: <ul style="list-style-type: none">•Montes de Oca•Parrita
31/08/2020	Se publica el lineamiento para la adquisición y uso de las pruebas serológicas para la identificación de anticuerpos de SARS-CoV-2. Con dicho lineamiento, el ente rector en salud autoriza el uso de pruebas para detectar anticuerpos tipo IgA, IgG, IgM y/o anticuerpos totales que se procesen por medio de las técnicas ELISA, quimioluminiscencia o electroquimioluminiscencia y que cuenten con una sensibilidad igual o mayor al 85% y especificidad igual o mayor al 90%.
	Inicia fase de transición y plan de medidas para setiembre.



	<p>El plan está dividido en dos fases: una de , que consta de 9 días y va del 31 de agosto al martes 8 de septiembre, y otra de apertura controlada de 22 días que abarca desde el 9 de septiembre hasta el 30 de ese mes.</p> <p>Cierre en fase de transición afectará únicamente a cantones y distritos con alerta naranja y no permitirá el funcionamiento de establecimientos con permisos sanitarios que atiendan al público salvo la lista de excepciones.</p> <p>Hoteles podrán funcionar en todo el país con aforo del 100%, las zonas comunes deberán mantenerse con un 50% de capacidad.</p> <p>Se amplía el horario de apertura de playas hasta las 2:30 p.m. en todo el país.</p> <p>Se unifica la restricción vehicular sanitaria de lunes a viernes de 10:00 p.m. a 5:00 a.m., y sábado y domingo de 8:00 p.m. a 5:00 a.m. Además, se suspende de manera temporal la restricción vehicular diferenciada en razón de zona fronteriza, por lo que todo el país se regirá por los mismos parámetros de restricción vehicular.</p> <p>Se mantiene el cierre de todas las actividades de concentración masiva en razón de su nivel de riesgo muy alto, tales como eventos de concentración masiva, bares, casinos, entre otros. Asimismo, se dispone un listado de establecimientos que pueden funcionar, pero con un aforo diferenciado, tales como lugares de culto, salones de eventos, cines y teatros.</p> <p>Gobierno apuesta por “Modelo de Gestión Compartida, Costa Rica Trabaja y se Cuida” que busca hacer una prevención y atención cantonal para coordinar la aplicación de los protocolos y lineamientos de prevención de contagio COVID-19 en todo el país.</p>
7/09/2020	La CCSS inicia con la notificación de órdenes sanitarias de aislamiento vía correo electrónico.
9/09/2020	Inicia la fase de apertura controlada. Con el inicio de fase de reapertura controlada, será obligatorio el uso de mascarilla en todo el país en espacios cerrados de atención al público.
16/09/2020	Cinco laboratorios reciben aval para hacer pruebas de anticuerpos de SARS-CoV2.
28/09/2020	El Ministerio de Salud emite lineamiento que autoriza a la CCSS para el uso de pruebas de antígeno para el diagnóstico de Covid-19.
15/10/2020	Se levanta la restricción vehicular sanitaria durante los fines de semana. Se mantiene la nocturna a partir de las 9:00 p.m.
16/10/2020	Se anuncia la apertura de fronteras aéreas con todos los países del mundo a partir de 1 de noviembre.
22/10/2020	Se anuncia que, a partir del lunes 26 de octubre, el país dejará de exigir prueba PCR negativa para turistas extranjeros y costarricenses. Tampoco recibirán orden sanitaria de confinamiento.
1/11/2020	A partir del 1 de noviembre: se permite la asistencia de 300 personas en iglesias que permitan el debido distanciamiento. El servicio religioso no puede exceder la hora y treinta minutos y los cánticos continúan prohibidos. Reabren las fronteras aéreas a todos los países del mundo. Las fronteras terrestres reabren para los extranjeros que cuenten con permanencia legal en el país; como requisito, las personas deberán estar al día con la CCSS o, en su defecto, cumplir con un seguro de viaje. Las personas que ingresen al país por estas fronteras tendrán que someterse a un periodo de aislamiento de 14 días y de acatamiento obligatorio a partir de la orden sanitaria emitida por la autoridad migratoria que realice el control correspondiente.
12/11/2020	Costa Rica firma acuerdo con AstraZeneca para suministro de vacuna candidata contra el SARS-CoV2. Acuerdo permitirá el suministro de un millón de dosis de la vacuna a partir del primer trimestre de 2021.
18/12/2020	Se suspende el permiso sanitario para realizar corridas de toros de fin y principio de año. Según los criterios establecidos por la Comisión Nacional de Vacunación y Epidemiología, se anuncian las fases para vacunación en los diferentes grupos poblacionales.
22/12/2020	Actualización de lineamientos de vigilancia de la enfermedad Covid-19. Los contactos cercanos de un caso confirmado que no presenten síntomas se pondrán en cuarentena en el domicilio por un espacio total de 10 días, los cuales se contarán a partir de la



	<p>fecha en que se dio el último contacto con el caso confirmado. Mientras tanto, los contactos cercanos de un caso confirmado que no presenten síntomas y que sean cuidadores de personas de riesgo, trabajadores de hogares de larga estancia, centros penitenciarios y trabajadores de la salud, deberán tener una cuarentena de 14 días.</p> <p>Se incorpora la definición de COVID prolongado.</p>
23/12/2020	<p>Medidas 31 de diciembre 2020:</p> <p>El jueves 31 de diciembre no podrán circular vehículos después de las 7 de la noche y hasta las 5 de la mañana del día 1 de enero. Los establecimientos con permiso sanitario de atención al público deberán cerrar ese día a las 7 de la noche y solo se permitirá operar después de esa hora a los establecimientos comerciales como supermercados, centros médicos, servicio a domicilio, hoteles, entre otros.</p> <p>Medidas del 1 de al 3 de enero del 2021:</p> <p>Del viernes 1 de enero al domingo 3 de enero no podrán circular vehículos después de las 8 de la noche, salvo excepciones y durante el día. Únicamente podrán circular las placas autorizadas (es decir, todas menos 9 y 0 como cada viernes).</p> <p>Los establecimientos con permiso sanitario de atención al público deberán cerrar a partir de las 8 de la noche y, tras esa hora, solo podrán operar supermercados, centros médicos, servicio a domicilio, hoteles, entre otros.</p> <p>Medidas del 4 de al 17 de enero del 2021:</p> <p>Reducción en el aforo de bares y casinos al 25%, mientras que parques nacionales solo podrán funcionar con un aforo de 50%, y las playas se habilitarán únicamente de 5:00 a.m. a 2:30 p.m. La restricción vehicular sanitaria quedará, del 4 de enero y durante todo el mes se mantendrá como estuvo durante el mes de diciembre: es decir, del lunes a viernes hasta las 10:00 p.m.; de sábado a domingo hasta las 9:00 p.m.</p> <p>Los días sábados solo podrán circular las placas pares y los domingos solo placas impares.</p>
24/12/2020	Da inicio la campaña de vacunación contra Covid-19 en Costa Rica (Pfizer-BioNTech).
19/01/2021	<p>Se habilita el uso de playas con horarios de 5:30 a.m. a 6:00 p.m.</p> <p>Los bares y casinos podrán funcionar con un aforo del 50%, al igual que los parques nacionales.</p>
21/01/2021	Se suspende de forma temporal la entrega de vacunas de la empresa Pfizer al país. La empresa necesita pausar las entregas para incrementar en 50% la capacidad de producción de vacunas a nivel mundial.
1/02/2021	Se estandariza el horario de restricción vehicular de lunes a domingo hasta las 10:00 p.m., lo mismo aplica para los establecimientos con permiso sanitario de funcionamiento de atención al público. Los parques nacionales podrán funcionar con un aforo del 100%.
8/02/2021	<p>La restricción vehicular sanitaria por placas que opera entre semana se mantiene solo dentro del centro de San José. Se mantiene la restricción total de 10:00 p.m. a 5:00 a.m. a nivel nacional, así como la medida diferenciada en fines de semana.</p> <p>Inicia curso lectivo 2021 bajo la modalidad de educación combinada.</p>
15/02/2021	<p>Aforo en actividades empresariales o académicas pasa de 150 a 300 personas, mientras que salones de eventos para el resto de actividades amplían su aforo de 30 a 75 personas.</p> <p>Se permite un máximo de 10 personas de pie de 4:00 a.m. a 9:00 a.m. y de 3:00 p.m. a 8:00 p.m. en transporte público.</p>
1/03/2021	<p>Se elimina restricción de placas pares e impares para fines de semana.</p> <p>Establecimientos con permiso sanitario de funcionamiento de atención al público podrán abrir los fines de semana hasta las 11:00 p.m.</p>
5/04/2021	Reapertura de fronteras terrestres.
15/04/2021	Ante el aumento acelerado de casos por COVID-19, la elevada tasa de reproducción del virus, la limitada capacidad hospitalaria y la circulación de nuevas variantes del virus, se anuncia la aplicación de la restricción vehicular sanitaria por placas en fines de semana.
19/04/2021	Inicia la aplicación de la vacuna de AstraZeneca en el país. Según definió la CNVE, por ahora la vacuna de AstraZeneca se aplicará a quienes integran el grupo priorizado 1.



22/04/2021	Personas recuperadas de Covid-19 ya no deben esperar 90 días para recibir vacuna.
28/04/2021	Se iniciará vacunación a grupo prioritario 3 en áreas de salud que ya hayan vacunado con primera dosis al 80% o más de su población en el grupo 2.
29/04/2021	Del 3 al 9 de mayo gobierno ordena cierre de establecimientos no esenciales en cantones de la Región Central. Se amplía a 15 días el cierre de establecimientos que incumplan medidas sanitarias. Buses y trenes podrán funcionar sin personas de pie.
11/05/2021	Da inicio nuevamente restricción vehicular por placas en todo el territorio nacional. Lunes no podrán circular las placas terminadas en 1 y 2; los martes las 3 y 4; los miércoles las 5 y 6; los jueves las 7 y 8; y los viernes las 9 y 0. A su vez, los sábados solo podrán circular las placas pares y los domingos las impares.
12/05/2021	La CNVE comunica la ampliación etaria para el grupo 3, el cual ahora está compuesto por personas de 16 a 58 años con al menos uno de los siguientes factores de riesgo: Lupus eritematoso sistémico, dermatomiositis juvenil, artritis reumatoidea juvenil, miastenia gravis, hipertensión arterial, diabetes, cardiopatías, trasplantes, VIH, enfermedades respiratorias crónicas, obesidad grado 3 y obesidad mórbida, ERC, cáncer, ser adultos inmunosuprimidos referidos por el médico tratante, cualquier otra enfermedad inmunodeficiente primaria o secundaria o autoinmune referida por el especialista correspondiente y el síndrome de Down.
13/05/2021	Inician medidas de restricción de aforos para: actividades académicas (150 personas), bares (25%), restaurantes (50%), eventos sociales (30 personas), eventos de culto (200 personas), hoteles más de 100 hab. (75%), parques nacionales (50%), horario de acceso a playas de 5:00 a.m. a 6:00 p.m.
17/05/2021	Ministerio de Educación anuncia la suspensión temporal del curso lectivo desde el 24 de mayo 2021 hasta el 24 de junio 2021. Esta suspensión, además, se unirá con el periodo de vacaciones de medio año que están agendadas para entre el 28 de junio y el 9 de julio, por lo que las clases regresarán el próximo 12 de julio. Se aprueba la vacunación de las personas integrantes de los Comités Municipales de Emergencia de los 82 cantones.
18/05/2021	La Comisión Nacional de Vacunación y Epidemiología de Costa Rica acordó que la segunda dosis de la vacuna de Pfizer-BioNTech contra la COVID-19 se coloque 12 semanas después de la primera. La medida aplicará para los grupos prioritarios de vacunación 3, 4 y 5. Da inicio, además, vacunación a grupo 4. Todos los cantones del país se elevan a alerta naranja.
19/05/2021	Da inicio un endurecimiento a las medidas de restricción vehicular. Durante 12 días, las placas podrán circular en turnos, dependiendo de su número final de registro: Pares los días: 20, 22, 24, 26, 28 y 30 de mayo. Impares los días: 19, 21, 23, 25, 27 y 29 de mayo.
28/05/2021	Se anuncia extensión de la restricción vehicular sanitaria hasta el 6 de junio. La circulación continúa de forma intercalada en horario diurno, permitiendo que las placas impares circulen intercalando, día por medio, las placas pares. Se mantiene la restricción de aforo en actividades comerciales y los supermercados, los minisúper, las licorerías y las pulperías; tendrán que cerrar ahora a las 9 de la noche, es decir, cuando empieza la restricción vehicular, y ya no podrán trabajar con horario ampliado como se mantenía hasta el momento. Se aprueba plan de inversión que permitirá que la CCSS pueda empezar a recurrir a los hospitales privados para la atención de pacientes que no estén internados por COVID-19.
1/06/2021	Se aprueba el uso de la vacuna de Pfizer para personas de 12 a 16 años.
4/06/2021	La restricción se dividirá en tres fases: la primera, del lunes 7 al domingo 13 de junio; la segunda, del lunes 14 al domingo 27; y la tercera, del lunes 28 de junio al domingo 11 de julio. En la primera etapa, del 7 al 13, los vehículos podrán circular de manera alterna, dividiéndose entre placas pares y placas impares. Por su parte, en las dos semanas del 14 al 27 regresará el modelo de no circulación únicamente un día a la semana. A su vez, el sábado 19 de junio no circularán las placas pares y domingo el 20 las impares; y el sábado 26 no podrán circular las



	placas pares y el domingo 27 las impares. Finalmente, del lunes 28 de junio y hasta el domingo 11 de julio se regresará al modelo alterno de circulación de placas, donde un día circularán pares y al siguiente impares. Se mantienen medidas de restricción de aforos.
7/06/2021	Las personas que requieran un certificado que acredite la recepción de ambas dosis de vacuna contra la COVID-19 en el país podrán solicitarlo de forma digital al Ministerio de Salud.
16/06/2021	Se habilita el sistema de notificación de contactos Covid-19 creado por Google y Apple.
22/06/2021	Todos los cantones del país se mantienen en alerta naranja.
29/06/2021	A partir del 5 de julio se autoriza la vacunación a mujeres embarazadas con vacuna de Pfizer, siguiendo los grupos de vacunación ya establecidos.
6/07/2021	Regreso del curso lectivo a partir del 12 de julio.
9/07/2021	Se anuncia el mecanismo de restricción vehicular hasta el 8 de agosto. Este se divide en dos fases. La primera fase, del 12 al 25 de julio, en la que no circulan dos placas por día; y la segunda fase, del 26 de julio y hasta el 8 de agosto, en la se puede salir por placas pares e impares en días alternos.
	Por su parte, la restricción de aforo en actividades comerciales se amplía con un aforo máximo de 300 personas para actividades académicas y empresariales (estaba en 150 hasta ahora), los salones y eventos comerciales podrán ahora recibir hasta 75 personas (ampliándola a los 30 actuales) y los lugares de culto operarán con un máximo de 300 personas (máximo se encontraba en 200 personas).
	Se mantiene la medida del funcionamiento de los bares con un 25% de su capacidad, hoteles de más de 100 habitaciones, trabajan al 75%, parques nacionales con 50% de capacidad.
	Los supermercados, minisúper, pulperías y licoreras continuarán con el horario de funcionamiento de 5:00 a.m. a 9:00 p.m.
	El transporte público (buses y trenes) podrá funcionar con normalidad, sin personas de pie.
13/07/2021	Se anuncia que el viernes 16 de julio arranca la vacunación del quinto grupo con las personas mayores de 40 años sin factores de riesgo.
	Llega al país la donación de 500 000 vacunas de Pfizer realizada por EE.UU.
19/07/2021	Se abre vacunación para personas de 30 años en adelante con o sin factores de riesgo.
20/07/2021	La CNVE aprobó que, en caso de un faltante de la vacuna contra COVID-19 de AstraZeneca a nivel nacional debido a retrasos en los envíos, se permite completar la segunda dosis con la vacuna de Pfizer, según esquema vigente en el país.
28/07/2021	Se anuncia la apertura de vacunación a personas mayores de 20 años.
6/08/2021	A partir del lunes 9 de agosto, el horario de circulación vehicular se amplía una hora (hasta las 10:00 p.m.).
	El horario comercial también se amplía hasta las 10:00 p.m.
	Autobuses deben continuar operando sin pasajeros de pie, se permitirá que los trenes viajen con 26 personas de pie.
	Hoteles con más de 100 habitaciones se mantendrán trabajando al 75%.
	Los bares pueden operar con 25% de su capacidad, establecimientos con actividades artísticas pueden recibir hasta 500 personas, con distanciamiento de 1.8 metros.
	Salones de eventos sociales pasan a un aforo máximo de 75 a 100 personas.
	Los parques nacionales podrán funcionar al 100% de su capacidad.
Horario de cierre de playas se amplía hasta las 8:00 p.m.	
Actividades académicas, empresariales y de culto pasan de un aforo de 300 a 500 personas.	
25/08/2021	La CNVE anuncia que a partir del 30 de agosto se adelanta la aplicación de la segunda dosis a todas las personas que tengas 30 años o más y que estén cumpliendo entre 8 y 12 semanas.
14/09/2021	A partir del 18 de septiembre la restricción vehicular regresa a las 9:00 p.m.
16/09/2021	Se anuncia que las personas mayores de 18 años extranjeras y migrantes que logren demostrar su arraigo con Costa Rica, pueden acercarse a las distintas Áreas de Salud para recibir la vacuna contra la COVID-19.
28/09/2021	Se anuncia que los servicios de autobús podrán viajar con un máximo de 10 personas de pie.
	Los bares podrán operar con un aforo hasta un 50%.



	A partir del 1 de noviembre, hoteles de más de 100 habitaciones podrán operar con el aforo completo en habitaciones y 50% en sus áreas comunes.
8/10/2021	A partir del 14 de octubre, inicia campaña para vacunación de población migrante en condición irregular que reside en el país.
11/10/2021	Firma de decreto ejecutivo que oficializa la vacunación obligatoria para los empleados del sector público, a partir del 15 de octubre.
16/10/2021	Inicio de apertura gradual responsable, para flexibilizar las medidas sanitarias de contención a la pandemia. Estas medidas, incluyen flexibilizaciones graduales a la restricción vehicular y a la apertura de actividades comerciales.
21/10/2021	La Comisión Nacional de Vacunación y Epidemiología (CNVE) autorizó el uso de la vacuna de AstraZeneca contra la COVID-19, como una tercera dosis para el personal de primera respuesta ante la pandemia.
22/10/2021	Se establece un periodo de transición hasta el 7 de enero 2022 para exigir el uso del certificado de vacunación contra COVID-19, en el que se permite el funcionamiento de establecimientos en dos modalidades: operar solo con personas que tengan esquema completo de vacunación contra COVID-19, con aforo al 100%, recibir personas sin vacunar o con esquema incompleto, con aforo al 50%.

Fuente: Dirección de Vigilancia de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica



Bibliografía

1. Adiga A, et al. (2020). Mathematical models for covid-19 pandemic: a comparative analysis. Journal of the Indian Institute of Science. 1-5.
2. Holmdahl I, Buckee, C. (2020). Wrong but useful—what covid-19 epidemiologic models can and cannot tell us. New England Journal of Medicine, 383(4), 303-305.
3. Siettos CI, R. L. (2013). Mathematical modeling of infectious disease dynamics. Virulence, 4(4), 295-306.
4. Ross, R. (1911). The prevention of malaria. John Murray.
5. McKendrick , AG, (1926). Applications of mathematics to medical problems. Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society, 14, 98-1305.
6. Kermak WO, McKendrick, AG. (1927). Contribution to the mathematical theory of epidemics. Proceedings of the Royal Society, 115, 700-721.
7. National Collaborating Centre for Infectious Diseases (2018). Mathematical Modelling in Public Health. Obtenido de: https://nccid.ca/subject_area/modelling/
8. OMS (2021). Timeline. WHO`s Covid-19 response. Obtenido de: Organización Mundial de la Salud: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/interactive-timeline?gclid=CjwKCAiAvriMBhAuEiwA8Cs5ldnpxSorwhKniUkXq0Ji32ina_qTS1xl6RsckqK5DXy3UYvMlskdWhoC37oQAvD_BwE#event-4.
9. OMS (2021). La labor de la OMS en emergencias sanitarias. Fortalecimiento de la preparación frente a emergencias sanitarias. 74.ª Asamblea Mundial de la Salud. Obtenido de: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA74/A74_ACONF2-sp.pdf
10. OPS/OMS (5 de Febrero de 2020). Actualización Epidemiológica Nuevo coronavirus (2019-nCoV). Obtenido de: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&alias=51566-5-de-febrero-de-2020-nuevo-coronavirus-ncov-actualizacion-epidemiologica&category_slug=2020-alertas-epidemiologicas&Itemid=270&lang=es.
11. OPS/OMS (30 de Enero de 2020) La OMS declara que el nuevo brote de coronavirus es una emergencia de salud pública de importancia internacional. Obtenido de: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15706:statement-on-the-second-meeting-of-the-international-health-regulations-2005-emergency-committee-regarding-the-outbreak-of-novel-coronavirus-2019-ncov&Itemid=1926&lang=es.
12. Ministerio de Salud (2021). Situación Nacional Covid-19. Minsterio de Salud. Obtenido de: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/centro-de-prensa/noticias/741-noticias-2020/1532-lineamientos-nacionales-para-la-vigilancia-de-la-infeccion-por-coronavirus-2019-ncov>.



13. Corman, V. M, et al. (2020). Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Eurosurveillance*, 25(3), 200045.
14. Ministerio de Salud (2020). Caso Confirmado por Covid-19 en Costa Rica. Obtenido de: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/centro-de-prensa/noticias/741-noticias-2020/1555-caso-confirmado-por-covid-19-en-costa-rica#:~:text=06%20de%20Marzo%20de%202020,un%20hospedaje%20de%20San%20Jos%C3%A9>.
15. OPS/OMS (2020). Pandemia COVID-19. Informe Estratégico Mensual N°1. Obtenido de: <https://www.paho.org/es/costa-rica-informe-covid-19>
16. Li J., Blakeley, D., Smith, R.J. (2011). The failure of R0. *Computational and mathematical methods in medicine*.
17. OMS (2020). Covid-19 Strategic Preparedness and Response Plan. Operational planning guidelines to support country preparedness and response. Obtenido de: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/covid-19-sprp-unct-guidelines.pdf?sfvrsn=81ff43d8_4.
18. CCSS (31 de Marzo de 2020). CCSS refuerza red de servicios para atención Covid-19 con nuevo centro. Obtenido de: Caja Costarricense de Seguro Social: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/03/ccss-refuerza-red-de-servicios-para-atencion-covid-19-con-nuevo-centro/>.
19. UCR(25 de Marzo de 2020). Respiradores de emergencia para pacientes con COVID-19 podrían ser de fácil construcción. Obtenido de: Universidad de Costa Rica. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2020/03/25/respiradores-de-emergencia-para-pacientes-con-covid-19-podrian-ser-de-facil-construccion.html>.
20. OPS/OMS (2020). Costa Rica: Pandemia Covid-19. Informe estratégico mensual N2. Obtenido de: <https://www.paho.org/es/costa-rica-informe-covid-19>
21. Shen, C., Taleb, Nassim N., Bar-Yam, Y.(2020). Review of Ferguson et al “Impact of nonpharmaceutical interventions. *New England Complex Systems Institute*.
22. Whitehead. S., Feibel. C. (31 de Marzo 2020) CDC Director Says 1 In 4 May Have No Coronavirus Symptoms : Shots - Health News. NPR. Obtenido de: <https://www.npr.org/sections/health-shots/2020/03/31/824155179/cdc-director-on-models-for-the-months-to-come-this-virus-is-going-to-be-with-us>
23. Mizumoto K, Kagaya K, Zarebski A, Chowell G. (2020). Estimating the asymptomatic proportion of coronavirus disease 2019 (COVID-19) cases on board the Diamond Princess cruise ship, Yokohama, Japan, 2020. *Eurosurveillance*. 25: 2000180.
24. Liu Z, Magal P , Seydl O, Webb G. (2020). Predicting the cumulative number of cases for the COVID-19 epidemic in China from early data: arXiv preprint.



25. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones (2020). Reloj de población de Costa Rica. Obtenido de: https://countrymeters.info/es/Costa_Rica.
26. Van den Driessche, P., Watmough J.(2002). Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission. *Mathematical biosciences*. 180: 29--48.
28. Sisson, S. A Fan, Y. Beaumont, M. (2018) *Handbook of approximate Bayesian computation*: CRC Press
29. Holland, J. H. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. MIT press.
30. Scrucca, L. (2013). GA: a package for genetic algorithms in R. *Journal of Statistical Software*. 1--37.
31. Byrd, R. H., Lu, P., Nocedal, J., & Zhu, C. (1995). A limited memory algorithm for bound constrained optimization. *SIAM Journal on scientific computing*, 16(5), 1190-1208.
32. Pritchard, J. K., Seielstad, M. T., Perez-Lezaun, A., & Feldman, M. W. (1999). Population growth of human Y chromosomes: a study of Y chromosome microsatellites. *Molecular biology and evolution*, 16(12), 1791-1798.
33. Jabot, F., Faure, T., & Dumoulin, N. (2013). Easy ABC: performing efficient approximate Bayesian computation sampling schemes using R. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(7), 684-687.34.
34. Sanchez, F., Barboza, L., & Vásquez, P. (2019). Parameter estimates of the 2016-2017 Zika outbreak in Costa Rica: an approximate Bayesian computation (ABC) approach. *Mathematical Biosciences and Engineering*. 16: 2738-2755.
35. Alimohamadi, Y., Taghdir, M., & Sepandi, M. (2020). Estimate of the basic reproduction number for COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 53(3), 151.
36. Maier, B. F., & Brockmann, D. (2020). Effective containment explains subexponential growth in recent confirmed COVID-19 cases in China. *Science*, 368(6492), 742-746.
37. Calvo, J. G., Sanchez, F., Barboza, L. A., García, Y. E., & Vásquez, P. (2021). A Multilayer Network Model implementation for Covid-19. *arXiv preprint arXiv:2103.08843*.
38. Ministerio de Salud. Situación Nacional Covid-19.
39. INEC. (2020). Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de: <https://www.inec.cr/>
40. Mossong, J., Hens, N., Jit, M., Beutels, P., Auranen, K., Mikolajczyk, R., ... & Edmunds, W. J. (2008). Social contacts and mixing patterns relevant to the spread of infectious diseases. *PLoS medicine*, 5(3), e74.



41. Moghadas, S. M., Fitzpatrick, M. C., Sah, P., Pandey, A., Shoukat, A., Singer, B. H., & Galvani, A. P. (2020). The implications of silent transmission for the control of COVID-19 outbreaks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(30), 17513-17515.
42. Li, R., Pei, S., Chen, B., Song, Y., Zhang, T., Yang, W., & Shaman, J. (2020). Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV-2). *Science*, 368(6490), 489-493.
43. Yin, G., & Jin, H. (2020). Comparison of transmissibility of coronavirus between symptomatic and asymptomatic patients: reanalysis of the Ningbo COVID-19 data. *JMIR public health and surveillance*, 6(2), e19464.
44. He, X., et al. (2020). Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nature medicine*, 26(5), 672-675.
45. Anderson, R., Donnelly, C., Hollingsworth, D., Keeling, M., Vegvari, C., Baggaley, R., & Maddren, R. (2020). Reproduction number (R) and growth rate (r) of the COVID-19 epidemic in the UK: methods of estimation, data sources, causes of heterogeneity, and use as a guide in policy formulation. The Royal Society, 2020.
46. Wiersinga, W. J., Rhodes, A., Cheng, A. C., Peacock, S. J., & Prescott, H. C. (2020). Pathophysiology, transmission, diagnosis, and treatment of coronavirus disease 2019 (COVID-19): a review. *Jama*, 324(8), 782-793.
47. OMS. (2020). Public health criteria to adjust public health and social measures in the context of COVID-19. Obtenido de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332073>
48. Chu, D. K., et al. (2020). Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *The lancet*, 395(10242), 1973-1987.
49. Cook, T. M. (2020). Personal protective equipment during the coronavirus disease (COVID) 2019 pandemic—a narrative review. *Anaesthesia*, 75(7), 920-927.
50. Barboza, L. A., Vásquez, P., Mery, G., Sanchez, F., García, Y. E., Calvo, J. G., ... & Salas, D. (2021). The role of mobility and sanitary measures on Covid-19 in Costa Rica, March through July 2020. *Epidemiologia*. 2: 294-304.
51. CDC. (2020). Interim clinical guidance for management of patients with confirmed coronavirus disease (COVID-19). Obtenido de: Center for Disease Control and Prevention. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/89980>
52. OMS. (6 de abril 2020). Recomendaciones sobre el uso de mascarillas en el contexto de Covid-19 Orientaciones provisionales. Obtenido de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331789>
53. OPS/OMS (2020). Pandemia COVID-19. Informe estratégico mensual N° 5. Obtenido de: <https://www.paho.org/es/costa-rica-informe-covid-19>



54. CCSS. (2020). CCSS define expansión de unidades covid y prepara Torre Este del Calderón. Obtenido de: Caja Costarricense de Seguro Social. https://www.ccss.sa.cr/noticias/servicios_noticia?ccss-define-expansion-de-unidades-covid-y-prepara-torre-este-del-calderon.
55. EpiMEC. Conversatorio Modelos Matemáticos-EpiMEC. Obtenido de: <http://youtu.be/Y95966x2AtA>.
56. Conferencia de Prensa (3 de julio 2020). Obtenido de: <https://www.repretel.com/noticia/proyecciones-segun-el-respeto-o-irrespeto-a-medidas-sanitarias/>.
57. OPS/OMS (2020). Pandemia Covid-19. Informe estratégico mensual N° 6. Obtenido de: <https://www.paho.org/es/costa-rica-informe-covid-19>
58. Cartenì, A., Di Francesco, L., & Martino, M. (2020). How mobility habits influenced the spread of the COVID-19 pandemic: Results from the Italian case study. *Science of the Total Environment*, 741, 140489.
59. Kraemer, M. U., Yang, C. H., Gutierrez, B., Wu, C. H., Klein, B., Pigott, D. M., ... & Scarpino, S. V. (2020). The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 368(6490), 493-497.
60. Liu, Z., Magal, P., Seydi, O., & Webb, G. (2020). Predicting the cumulative number of cases for the COVID-19 epidemic in China from early data. *arXiv preprint arXiv:2002.12298*.
61. Nouvellet, P., Bhatia, S., Cori, A., Ainslie, K. E., Baguelin, M., Bhatt, S., ... & Donnelly, C. A. (2021). Reduction in mobility and COVID-19 transmission. *Nature communications*, 12(1), 1-9.
62. CNE (2020). Guia para elaborar la estrategia de Comunicación. Modelo de Gestión Compartida "Costa Rica Trabaja y se Cuida". Obtenido de: https://www.cne.go.cr/covid/modelo_gestion_compartida/Guia%20para%20elaborar%20la%20Estrategia%20de%20comunicacion.%20Modelo%20de%20Gestion%20Compartida.pdf
63. Gobierno de Costa Rica (7 de septiembre de 2020). CCSS inició aplicación de anticuerpos equinos a pacientes COVID-19. Obtenido de: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/09/ccss-inicio-aplicacion-de-anticuerpos-equinos-a-pacientes-covid-19/>.
64. CNE (2021). Situación provocada por los efectos del Huracán ETA. Decreto ejecutivo de emergencia n° 42705-mp y decreto de ampliación n°42875-mp. Obtenido de: <https://www.cne.go.cr/recuperacion/declaratoria/planes/Ampliacion%20Plan%20General%20de%20la%20Emergencia.%20Huracan%20Eta..pdf>
65. Pfizer, BioNTech (9 de noviembre 2020). Pfizer and BioNTech Announce Vaccine Candidate against COVID-19 Achieved Success in First Interim Analysis from Phase 3 Study. Obtenido de: <https://www.pfizer.com/news/press-release/press-release-detail/pfizer-and-biontech-announce-vaccine-candidate-against>.



66. BBC (2 de diciembre de 2020). Vacuna contra el Covid-19: Reino Unido se convierte en el primer país del mundo en aprobar la vacuna de Pfizer/BioNTech. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55159654>.
67. MEP (2021). Curso lectivo 2021 arranca con modelo de educación combinada y atención estricta a los protocolos. Obtenido de: Ministerio de Educación Pública. <https://www.mep.go.cr/noticias/curso-lectivo-2021-arranca-modelo-educacion-combinada-atencion-estricta-protocolos>.
68. Walensky, R. P., Walke, H. T., & Fauci, A. S. (2021). SARS-CoV-2 variants of concern in the United States—Challenges and opportunities. *Jama*, 325(11), 1037-1038.
69. OPS/OMS (2021). Seguimiento de las variantes del SARS-CoV-2. Obtenido de: <https://www.who.int/es/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants>.
70. Lopez Bernal, J., Andrews, N., Gower, C., Gallagher, E., Simmons, R., Thelwall, S., ... & Ramsay, M. (2021). Effectiveness of Covid-19 vaccines against the B. 1.617. 2 (Delta) variant. *N Engl J Med*, 585-594.
71. Public Health England (2021). COVID-19 vaccine surveillance report - week 33. Obtenido de: <https://www.gov.uk/government/organisations/public-health-england>
72. Arce J.S, et al. (2021). COVID-19 vaccine acceptance and hesitancy in low-and middle-income countries. *Nature Medicine*. 27: 1385-1394.
73. CCSS. COVID-19 Vacunación. Obtenido de: <https://www.ccss.sa.cr/web/coronavirus/vacunacion>
74. OMS (2020). WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020.