



SIMPOSIO VIRTUAL

Proyecciones, Propuestas y Reflexiones.

Una mirada epidemiológica, sanitaria, económica y social para un escenario postpandémico.

# Pronósticos y escenarios de la curva de contagios del COVID-19 en El Salvador

Por

Alfredo Ibrahim Flores Sarria

(Investigador Asociado FUDECEN)

# Sumario

- Marco de análisis: modelo SEIR (Susceptibles-Expuestos-Infectados-Recuperados).
- Parámetros epidemiológicos que gobiernan la dinámica de contagio por COVID-19.
- El número reproductivo básico ( $\mathcal{R}_0$ ) y la dinámica infecciosa del COVID-19.
- Escenarios de la curva de contagios
- ¿Será posible un colapso en el sistema sanitario salvadoreño?
- ¿Se vislumbra un aplanamiento de la curva para el caso salvadoreño?

# Modelo SEIR

**Tiempo continuo (ecuaciones diferenciales)**

$$\bullet \frac{dS}{dt} = \frac{-\beta S(t)I(t)}{N}$$

$$\bullet \frac{dE}{dt} = \frac{\beta S(t)I(t)}{N} + \sigma E(t)$$

$$\bullet \frac{dI}{dt} = \sigma E(t) - \gamma I(t)$$

$$\bullet \frac{dR}{dt} = \gamma I(t)$$



**Tiempo discreto (ecuaciones en diferencias)**

$$\bullet S_{t+1} = S_t \left( 1 + \frac{\beta I_t}{N} \right)$$

$$\bullet E_{t+1} = (1 - \sigma)E_t + \frac{\beta S_t I_t}{N}$$

$$\bullet I_{t+1} = (1 - \gamma)I_t + \sigma E_t$$

$$\bullet R_{t+1} = R_t + \gamma I_t$$

$$N = S(t) + E(t) + I(t) + R(t)$$

$$\mathcal{R}_0 = \frac{\beta}{\gamma}$$

# Parámetros epidemiológicos que gobiernan la dinámica de contagios por COVID-19

Parámetro	Significado
$\beta$	Tasa de contagio
$\gamma = \frac{1}{T_{inf}}$	Tasa de recuperación
$T_{inf}$	Período infeccioso (días)
$\sigma = \frac{1}{T_{inc}}$	Tasa de incubación
$T_{inc}$	Período de incubación (días)

Concepto	Fuente
$N = 6,486,205$	CEPALSTATS
$S(0) = N - E(0) - I(0) - R(0)$	Definición
$E(0) = 20 * I(0)$	(Read, J.M. et.al; 2020)
$I(0) = 1$	CEPREDENAC al 18/03/2020
$R(0) = 0$	Definición

Valores numéricos	Fuente
$\beta = \gamma \mathcal{R}_0$	Definición
$\gamma = 1/17.16$	Definición
$\sigma = 1/5.2$	Definición
$T_{inf} = 17.16$	(Yang, Y,et.al; 2020)
$T_{inc} = 5.2$	(Li, Q,et.al; 2020)
$\mathcal{R}_0 = 2.2$	Se toma como punto de partida un valor de 2.2
Marzo 2020 $\rightarrow \mathcal{R}_0 = 4.06628756$	Ajuste por mínimos cuadrados ordinados
Abril 2020 $\rightarrow \mathcal{R}_0 = 3.16359855$	Ajuste por mínimos cuadrados ordinados

Wang, H, et.al. (2020). Phase-adjusted estimation of the number of Coronavirus Disease 2019 cases in Wuhan, China

Se espera que  $\mathcal{R}_0$  baje gradualmente en diferentes fases, desde valores altos a menos de 1 debido a las medidas implementadas

# El número reproductivo básico ( $\mathcal{R}_0$ ) y la dinámica infecciosa del COVID-19

Medida útil para determinar cuándo una enfermedad infecciosa puede dar lugar a un brote epidémico serio

$$\beta = \gamma \mathcal{R}_0$$

El Salvador

Mes	$\mathcal{R}_0$
Marzo 2020	4.06628756
Abril 2020	3.16359855

Costa Rica

Mes	$\mathcal{R}_0$
Marzo 2020	8.34313432
Abril 2020	0.41944626

$$\mathcal{R}_0 < 1$$



Infección desaparece tras un largo período

$$\mathcal{R}_0 > 1$$



Infección puede llegar a propagarse ampliamente entre la población

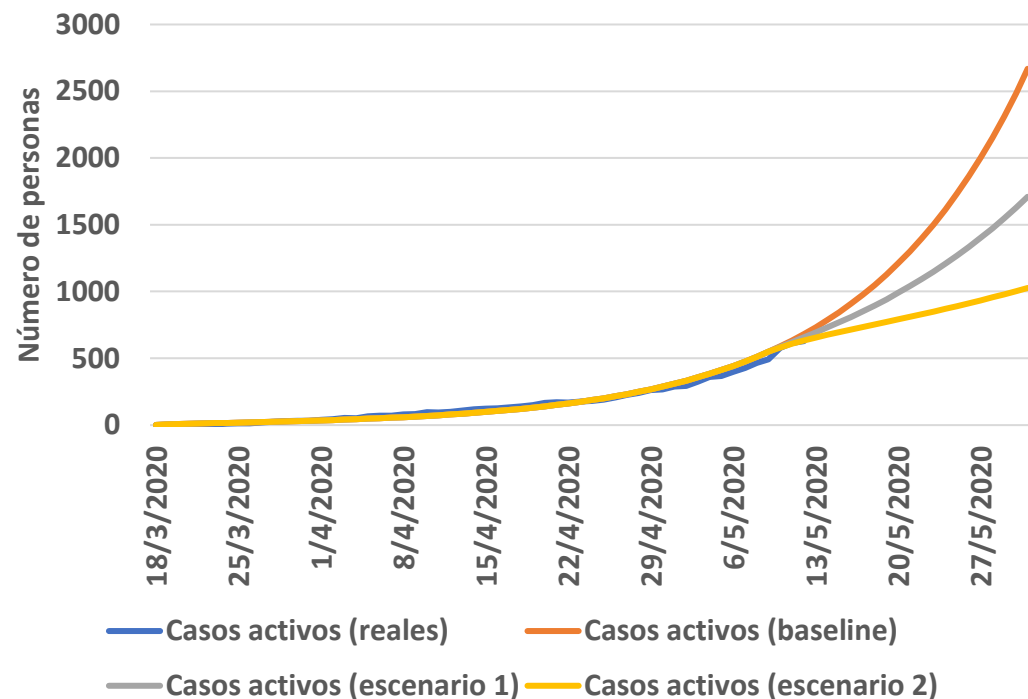
$$HIT = 1 - \frac{1}{\mathcal{R}_0}$$



Proporción que necesita estar vacunada para prevenir la propagación sostenida de la infección.

# Escenarios de la curva de contagios

El Salvador: contagios por COVID-19. Fuente: elaboración propia en base a CEPREDENAC y resultados de un modelo SEIR calibrado.



- Línea de base: 2,668 casos activos al 31/05/2020
- Escenario 1: 1,710 casos activos al 31/05/2020  $\rightarrow \mathcal{R}_0 = 2.37269891$
- Escenario 2: 1,025 casos activos  $\rightarrow \mathcal{R}_0 = 1.58179927$
- Escenario 2 es consistente con la trayectoria de los casos reales al 11/05/2020 y es el escenario más probable

# Sobre el posible colapso del sistema sanitario salvadoreño

Camas hospitalarias	7,834
Camas/10,000 habitantes	12
Camas UCI	230
Adultos	72
Neonatos	103
Pediatría	55
Ventiladores	371

Grupo etario	Frecuencia	Frecuencia relativa
0-9	1,146,823	17.7%
10-19	1,165,823	18.0%
20-29	1,215,815	18.7%
30-39	882,443	13.6%
40-49	725,144	11.2%
50-59	568,072	8.8%
60-69	406,296	6.3%
70-79	248,393	3.8%
80+	127,396	2.0%
<b>Total</b>	<b>6,486,205</b>	<b>100.0%</b>

Grupo etario	Casos sintomáticos que requieren hospitalización	Casos hospitalizados que requieren cuidados intensivos	Tasa de fatalidad por infección
<b>0-9</b>	0.1%	5.0%	0.002%
<b>10-19</b>	0.3%	5.0%	0.006%
<b>20-29</b>	1.2%	5.0%	0.03%
<b>30-39</b>	3.2%	5.0%	0.08%
<b>40-49</b>	4.9%	6.3%	0.15%
<b>50-59</b>	10.2%	12.2%	0.60%
<b>60-69</b>	16.6%	27.4%	2.20%
<b>70-79</b>	24.3%	43.2%	5.10%
<b>80+</b>	27.3%	70.9%	9.30%

# SITUACIÓN NACIONAL

## COVID-19

ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN: 12 DE MAYO 2020 11:22 p.m.

CASOS  
RECUPERADOS

374

20

CASOS  
FALLECIDOS

643

CASOS  
ACTIVOS

CASOS  
CONFIRMADOS

1037

LOCALES: 920

IMPORTADOS: 117

CASOS  
SOSPECHOSOS

702

46,831

PRUEBAS COVID19  
REALIZADAS HASTA HOY

### RESUMEN DE CASOS 12-MAY-20

+ 39

CASOS NUEVOS

♥ 25

PERSONAS RECUPERADAS

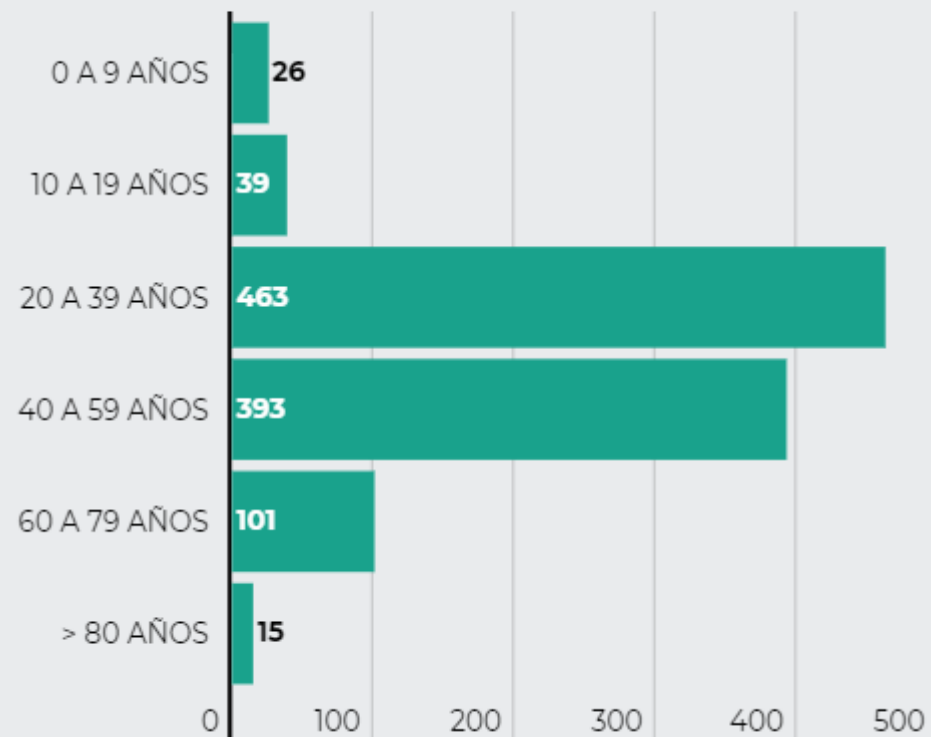
☠ 2

PERSONAS FALLECIDAS

📋 1,905

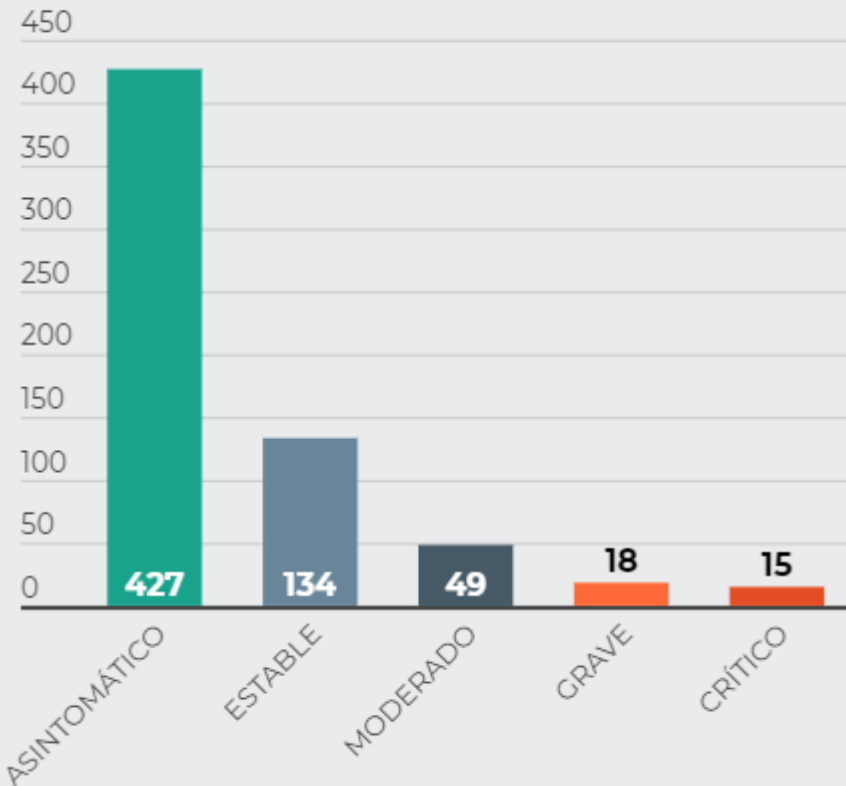
PRUEBAS REALIZADAS

### CONFIRMADOS SEGÚN GRUPO ETARIO





## PRONÓSTICO DE LOS PACIENTES



Asintomático	427	66.4%
Estable	134	20.8%
Moderado	49	7.6%
Grave	18	2.8%
Crítico	15	2.3%
	643	100.0%

Asumiendo la distribución anterior, si para el 31/05/2020 hay 1,025 casos activos (de acuerdo con el SEIR) entonces: habrán 681 asintomáticos y 334 con síntomas:

Asintomático	681	66.4%
Estable	214	20.8%
Moderado	78	7.6%
Grave	29	2.8%
Crítico	24	2.3%
	1,025	100.0%

Asintomático	681	66.4%
Estable	214	20.8%
Moderado	78	7.6%
Grave	29	2.8%
Crítico	24	2.3%
	1,025	100.0%

Grupo etario	Casos sintomáticos que requieren hospitalización	Casos hospitalizados que requieren cuidados intensivos	Tasa de fatalidad por infección
0-9	0.1%	5.0%	0.002%
10-19	0.3%	5.0%	0.006%
20-29	1.2%	5.0%	0.03%
30-39	3.2%	5.0%	0.08%
40-49	4.9%	6.3%	0.15%
50-59	10.2%	12.2%	0.60%
60-69	16.6%	27.4%	2.20%
70-79	24.3%	43.2%	5.10%
80+	27.3%	70.9%	9.30%

Asumiendo que la mayoría de los casos activos pudieran encontrarse en el rango de 20 a 59 años de edad; aplicamos los porcentajes del rango de 50-59 de esta tabla

Grupo etario	Casos sintomáticos que requieren hospitalización	Casos hospitalizados que requieren cuidados intensivos
50-59	35	42

## Capacidad instalada

Camas hospitalarias	7,834
Camas/10,000 habitantes	12
Camas UCI	230
Adultos	72
Neonatos	103
Pediatría	55
Ventiladores	371

## Cálculo de hospitalización y requerimiento de UCI

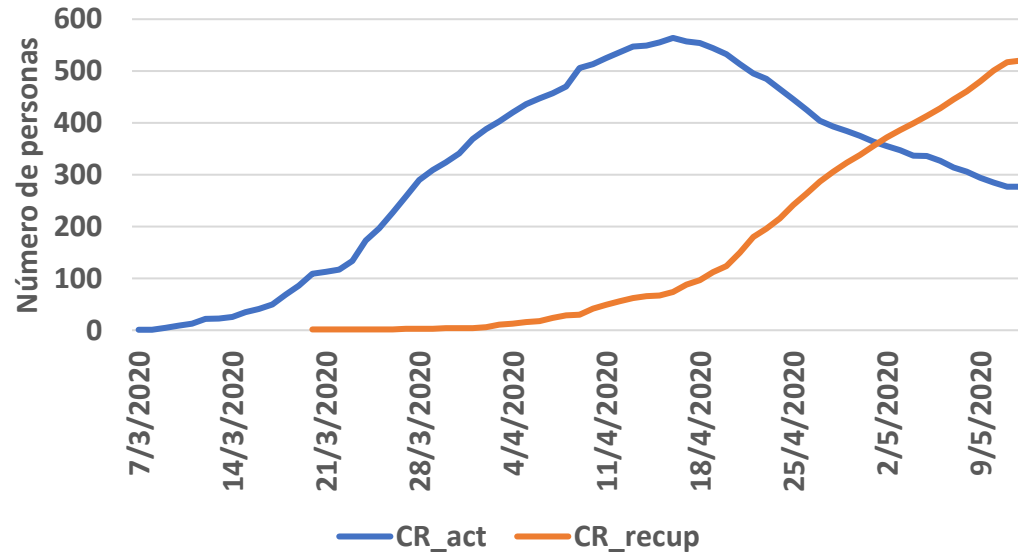
Grupo etario	Casos sintomáticos que requieren hospitalización	Casos hospitalizados que requieren cuidados intensivos
50-59	35	42

*“Va a colapsar el sistema de salud, pero no por la cantidad de casos, sino porque el Gobierno está enfocado en atender pacientes positivos de COVID-19 en todos los hospitales del país”* Dr. Iván Solano Leiva, Colegio Médico de El Salvador

# Sobre el aplanamiento de la curva

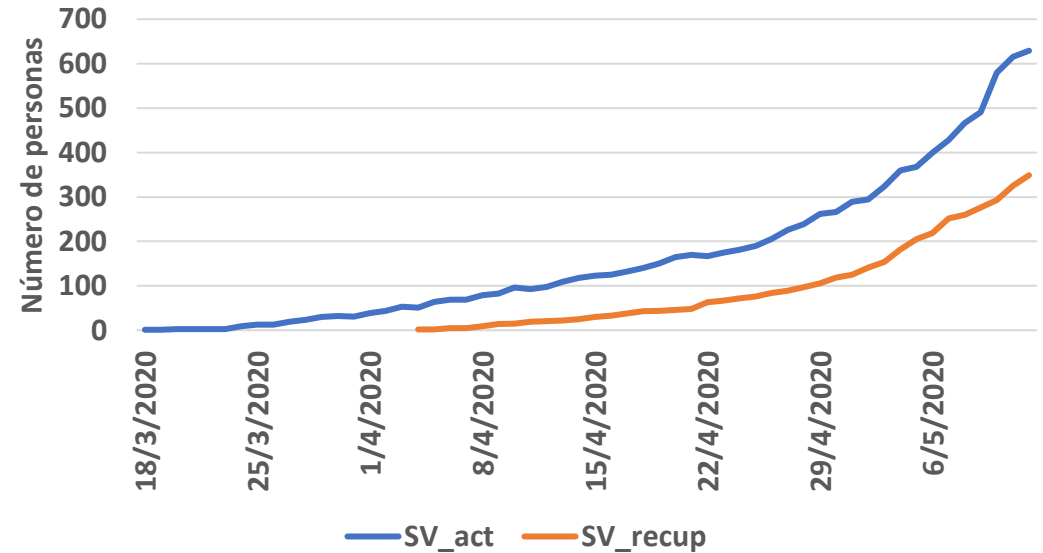
## Costa Rica

Costa Rica: casos activos vs casos recuperados.  
Fuente: elaboración propia en base a CEPREDENAC.



## El Salvador

El Salvador: casos activos vs casos recuperados.  
Fuente: elaboración propia en base a CEPREDENAC.



# Dimensionando en relación a la población de ambos países

## Costa Rica

<b>Población</b>	5,094,118
<b>Pruebas</b>	17,470
<b>Pruebas/1,000,000 hab</b>	3,429
<b>Casos confirmados/1,000,000 hab</b>	158
<b>Casos confirmados</b>	804
<b>Casos activos/1,000,000 hab</b>	54
<b>Casos activos</b>	277
<b>Fallecidos/1,000,000 hab</b>	1
<b>Fallecidos</b>	7
<b>Recuperados/1,000,000 hab</b>	102
<b>Recuperados</b>	520

## El Salvador

<b>Población</b>	6,486,205
<b>Pruebas</b>	46,831
<b>Pruebas/1,000,000 hab</b>	7,220
<b>Casos confirmados/1,000,000 hab</b>	154
<b>Casos confirmados</b>	998
<b>Casos activos/1,000,000 hab</b>	97
<b>Casos activos</b>	629
<b>Fallecidos/1,000,000 hab</b>	3
<b>Fallecidos</b>	20
<b>Recuperados/1,000,000 hab</b>	54
<b>Recuperados</b>	349

# Datos de movilidad de Google

