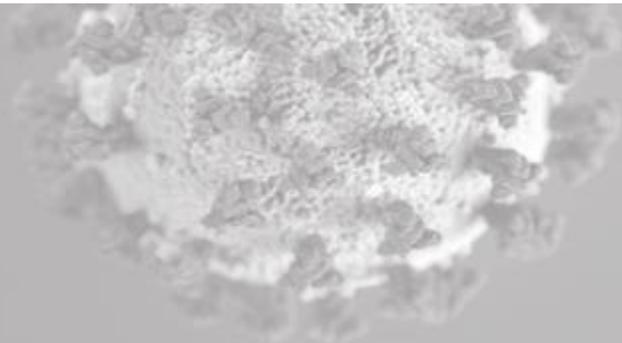
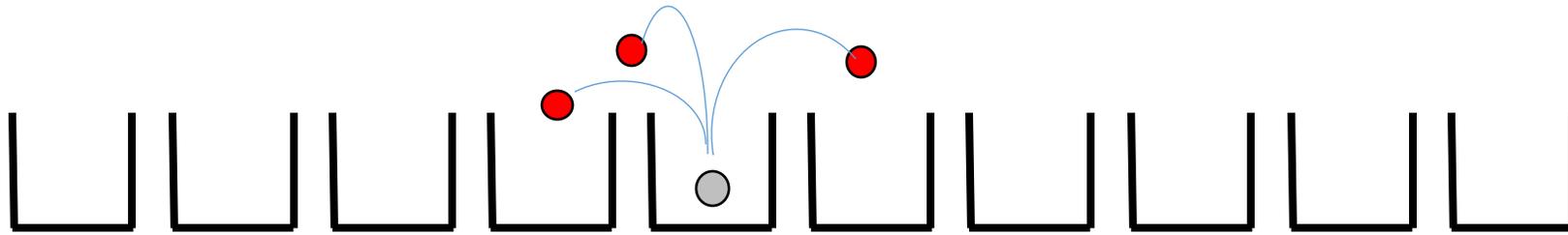
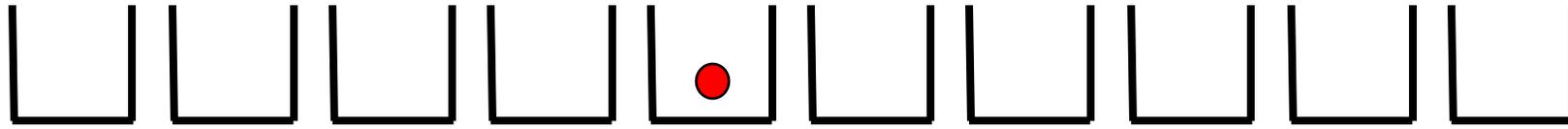


# Dinámica del Covid-19 en El Salvador



# Dinámica de la epidemia

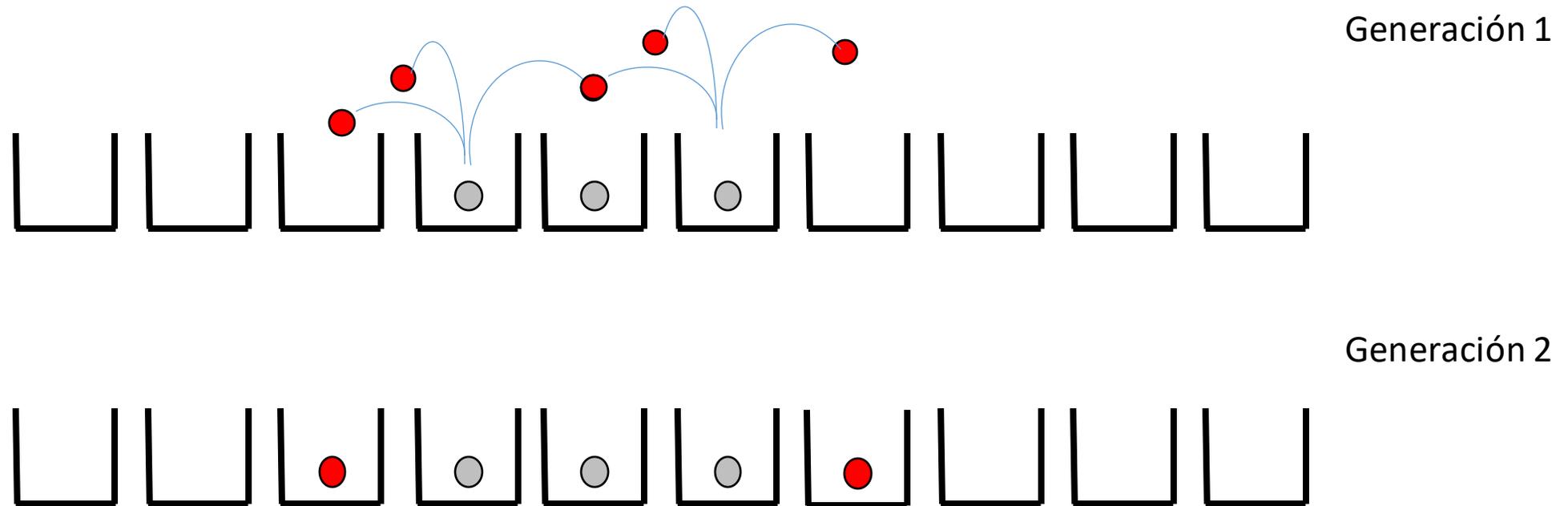
Generación 0



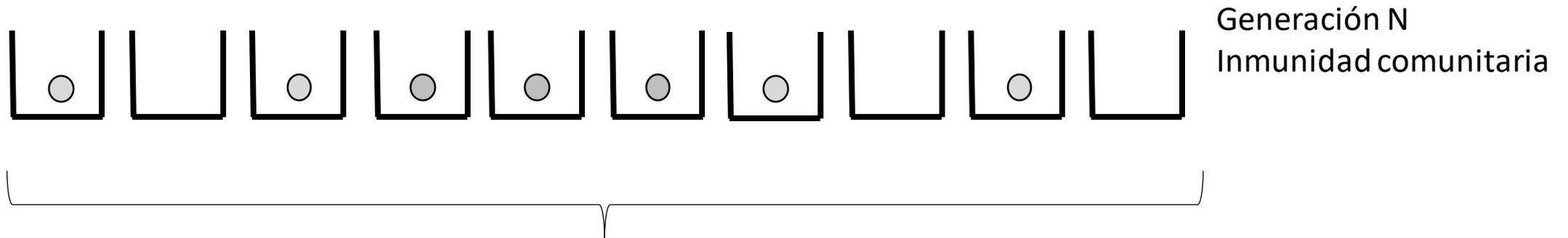
Generación 1



# Dinámica de la epidemia



# Dinámica de la epidemia



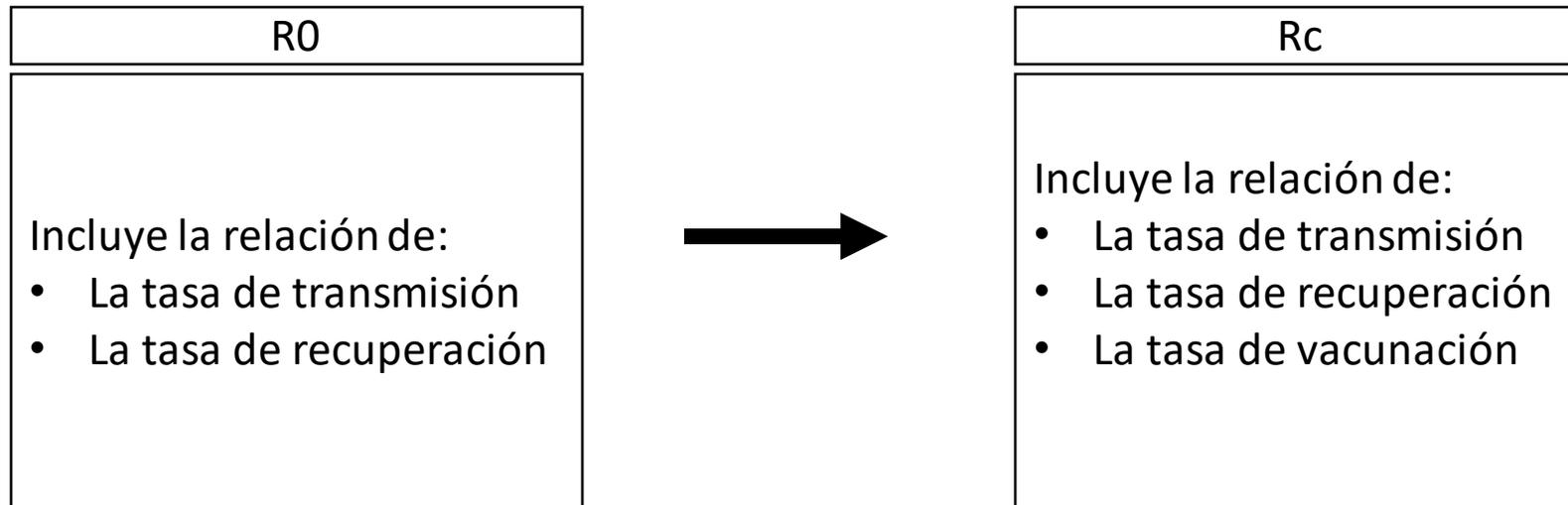
**Tamaño de la epidemia:**

Porción de la población que se infectó durante la epidemia

**Número reproductivo básico ( $R_0$ ):** Promedio de contactos que tiene una persona durante el tiempo que está infectada.

# Del $R_0$ al R de control ( $R_c$ )

- Al principio de la epidemia es importante hablar del  $R_0$ .
- Después de un tiempo de evolución de la epidemia es apropiado hablar del R de control ( $R_c$ ).
- El  $R_0$  se deriva del R de control cuando no hay vacunas.

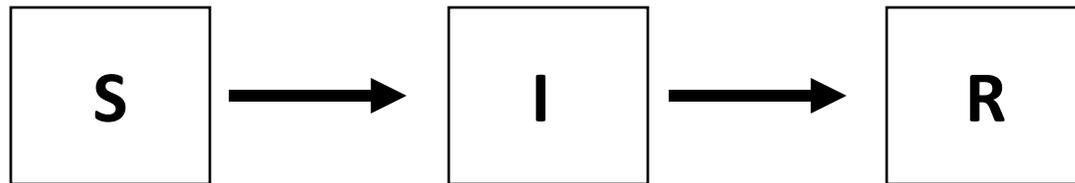


# Del $R_0$ al $R$ de control ( $R_c$ )

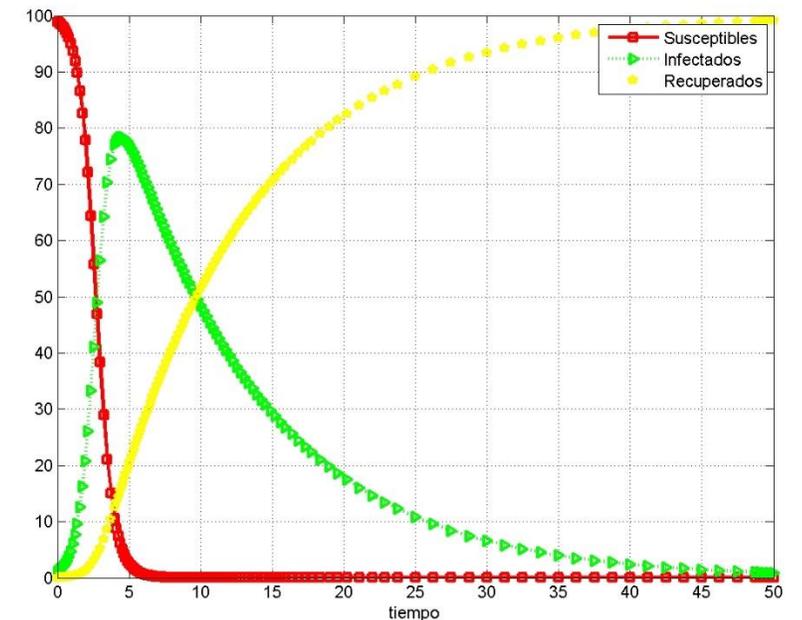
- El  $R_c$  se ajusta con la proporción de susceptibles en el tiempo.
- Por tanto, lo que se busca es que el  $R_c$  sea menor que 1.



# Modelo SIR

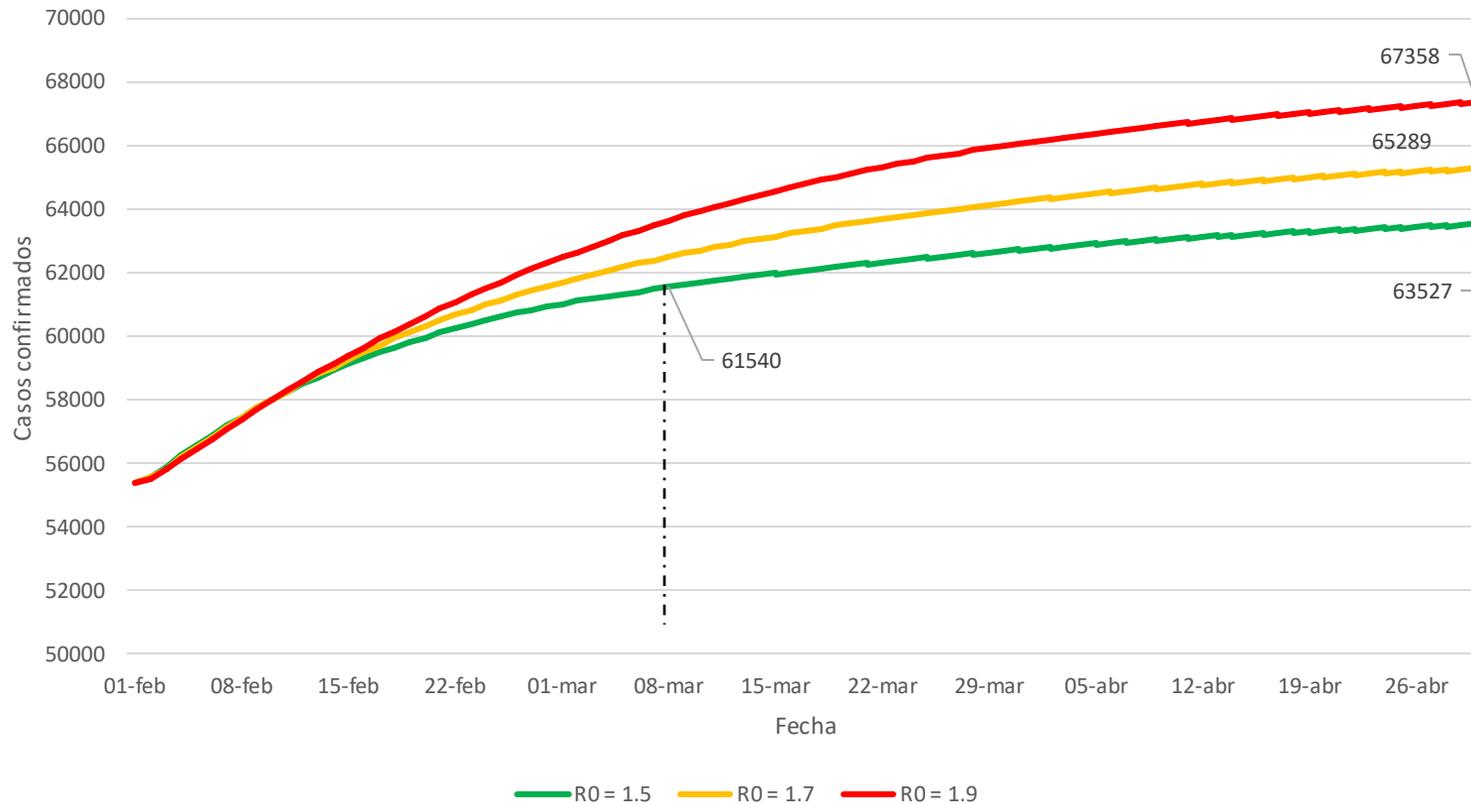


- Modelo determinístico compartimental que divide a la población en tres clases: Susceptibles, Infectados y Recuperados. Es utilizado para explicar la evolución y dinamismo de contagio.



# Calibración del modelo

Proyección de casos confirmados para diferentes R0



Utilizando los datos reportados en el sitio web <https://covid19.gob.sv> se determinó que el R0 actual es de 1.5.

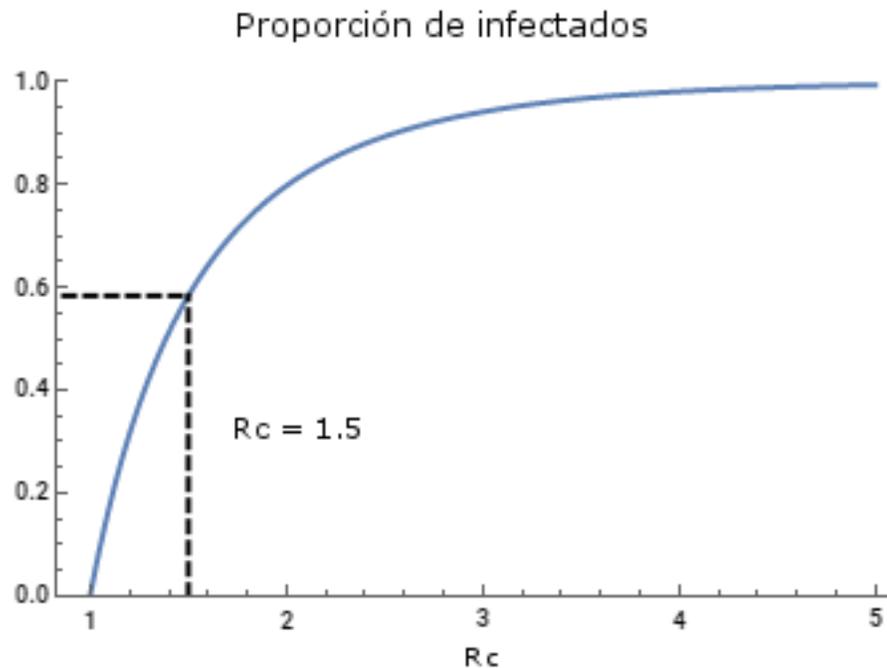
Se calculó el número de infectados al 30 de abril con el R0 actual



# Tamaño esperado de la epidemia

En un modelo determinista SIR el tamaño esperado de la epidemia ( $y$ ) se calcula resolviendo la siguiente ecuación trascendente:

$$y = 1 - e^{-yR_c}$$

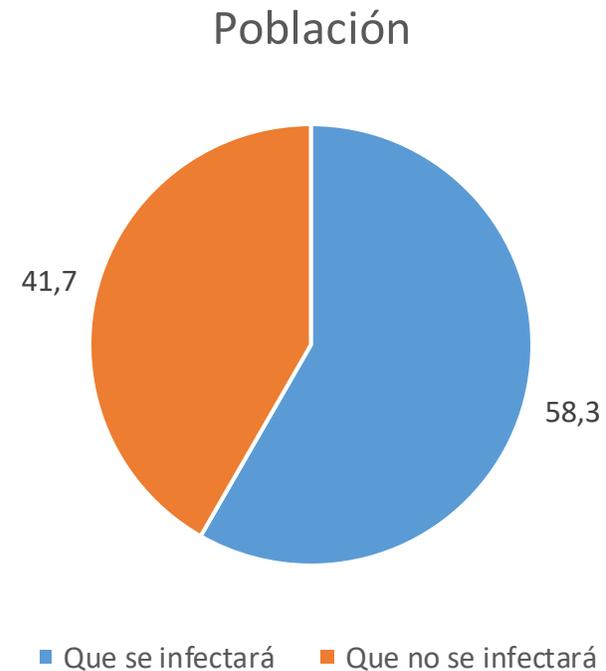


$R_c$	Proporción de la población infectada
1.0	0.0
1.5	58.3
2.0	79.7
2.5	89.3
3.0	94.0
3.5	96.6
4.0	98.0
5.0	99.3

# Tamaño esperado de la epidemia

La población del país es aproximadamente 6.5 millones de habitantes el  $R_0$  según los datos oficiales es de 1.5 el porcentaje esperado de las personas infectadas es 58.3%, es decir  $6,500,000 \times 0.583 = \mathbf{3,789,500}$  infectadas.

Este será el tamaño esperado de la pandemia si no se realizan medidas de control, tal como la vacunación.



# Riesgo de muerte por infección (IFR)

IFR o letalidad es una medida de cuánto debemos preocuparnos por una enfermedad

$$\text{IFR} = \frac{\textit{fallecidos por la enfermedad}}{\textit{personas infectados}} \times 100$$

Al 8 de marzo el país reportó 1,923 fallecidos y 61,539 casos de infectados; por tanto, el IFR es  $(1,923 / 61,539) \times 100 = 3.1 \%$ . **Esto significa que de cada 100 personas infectadas fallecen tres.**

# ¿Cuál es el grado de avance de la epidemia?

Si por cada 33 personas infectadas hay un fallecido (1/33) significa que para 1,923 fallecidos debe haber 63,459 casos de personas infectadas.

$$\% \text{ Avance} = \frac{\text{población infectada}}{\text{Tamaño esperado de la epidemia}} \times 100$$

Si el tamaño de la población infectada es 3,789,500 y la población infectada es 63,459; por tanto, el % avance es  $(63,459 / 3,789,500) \times 100 = \mathbf{1.67 \% \text{ de avance}}$

Por tanto, para que el porcentaje de avance sea más significativo hay que reducir el tamaño esperado de la epidemia, es decir, hay que reducir el  $R_c$ .



# ¿Cuándo termina la epidemia?

Cuando el  $R_c$  disminuya y su valor sea menor a uno.

$R_c < 1$ , *no hay epidemia*

$R_c = 1$ , *no hay epidemia. La enfermedad se mantiene estable*

$R_c > 1$ , *hay epidemia*

# ¿Y las vacunas?

- La vacunación reduce el  $R_c$  porque si vacunamos a **todos** y la eficacia de la vacuna es de 50%, entonces el  $R_c$  se reduce en un 50%.
- Hay una relación entre la efectividad de la vacuna ( $h$ ) y la proporción de las personas vacunadas ( $p$ ).
- Cuanto mayor sea el  $R_c$ , mayor será la efectividad requerida por la vacuna para llevar  $R_c$  a un valor inferior a 1.



# Porcentaje de la población que debe vacunarse

La forma más simple de estimar la proporción de la población ( $p$ ) que requiere ser vacunada para controlar una epidemia está dada por la siguiente relación:

$$p > \frac{1 - \frac{1}{R_c}}{\text{efectividad vacuna}}$$

Porcentaje de la población que debe ser vacunada para controlar el COVID-19

		Efectividad de la vacuna			
		Pfizer	Moderna	Astrazeneca	J&J
Escenario	Rc	95%	94%	76%	66%
Optimista	1.50	35%	35%	44%	51%
Moderado	1.70	43%	44%	54%	62%
Pesimista	1.90	50%	50%	62%	72%

Se deben vacunar al menos 2,860,000 salvadoreños, si se utiliza solamente la vacuna AstraZeneca y se mantiene el Rc en 1.5

# ¿En cuánto tiempo se alcanzaría la proporción de vacunados?

- En promedio se están aplicando 2,500 vacunas al día.
- Por tanto:  $2,860,000 / 2,500 = 1,144$  jornadas de vacunación
- Entonces:  $1,144 / 365 = 3.17$  años para completar la proporción de vacunados.

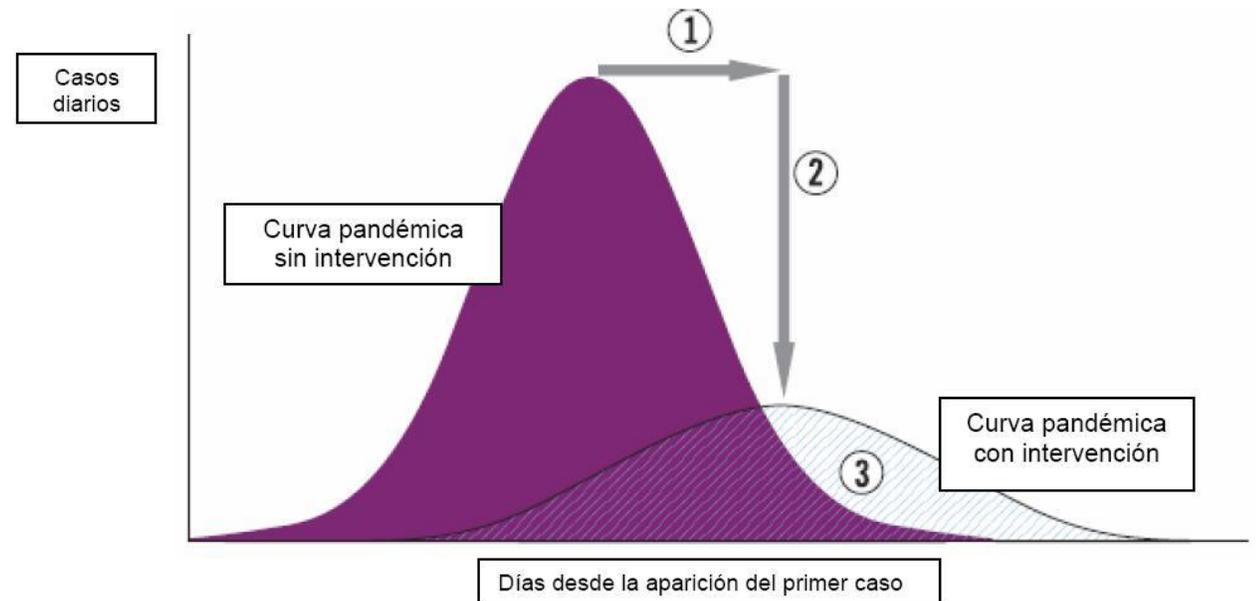
# ¿Qué significa aplanar la curva?

Aplanar la curva significa disminuir la velocidad de la epidemia para que no colapse el sistema hospitalario, pero a la vez aumenta la duración de la epidemia.

El aplanamiento de la curva concede tiempo a los gobiernos para prepararse para atender a la población infectada mientras no se tenga la vacuna.

Reducir  $R_c$  a un valor inferior a 1 para que la epidemia desaparezca es a veces imposible en ausencia de vacunación; sin embargo, es posible mantenerlo bajo utilizando varias medidas de mitigación y control.

Curva pandémica sin intervención vs con intervención



# En conclusión

- La epidemia se acaba cuando el  $R_c$  se disminuya y sea menor que uno. La buena noticia es que depende de nosotros, si nos vacunamos y seguimos cumpliendo con las medidas de bioseguridad podemos acelerar el fin de la epidemia.
- El plan de vacunación es muy importante para disminuir el  $R_c$ , a medida la tasa de vacunación crece se reduce la proporción de la población susceptible y por tanto se ajusta el  $R_c$  en el tiempo.

# Referencias Bibliográficas

- Brauer, F., Castillo-Chávez, C., Pava-Salgado, E., Gonzáles Parra, P., Hernández-Suárez, C., Castillo-Garsow, C., Chowell, D., Espinoza, B., Barley, K. y Moreno, V. (2015). *Modelos de la propagación de enfermedades infecciosas*. Universidad Autónoma de Occidente.
- Hernández-Suárez, C. y Murillo-Zamora, E. (2020). *La pandemia para tomadores de decisiones*. Puertaabierta Editores.

# Equipo de trabajo

James Humberstone, Analista de datos

Óscar Luna, Comunicador transmedia

Isabel Quintanilla, Estadística

Otoniel Campos, Matemático

Jeser Candray, Matemático

Óscar Picardo Joao, Director

