

Predicción del impacto de diferentes medidas de cuarentena utilizando un modelo S-E-I-H-R-D

Julio Benavides, Joaquín Escobar-Dodero, Daniel Pons & Fernando Mardones





Fernando Mardones
Escuela de Medicina, PUC



Joaquín Escobar-Dodero
Univ. of Minnesota

Equipo colaborativo

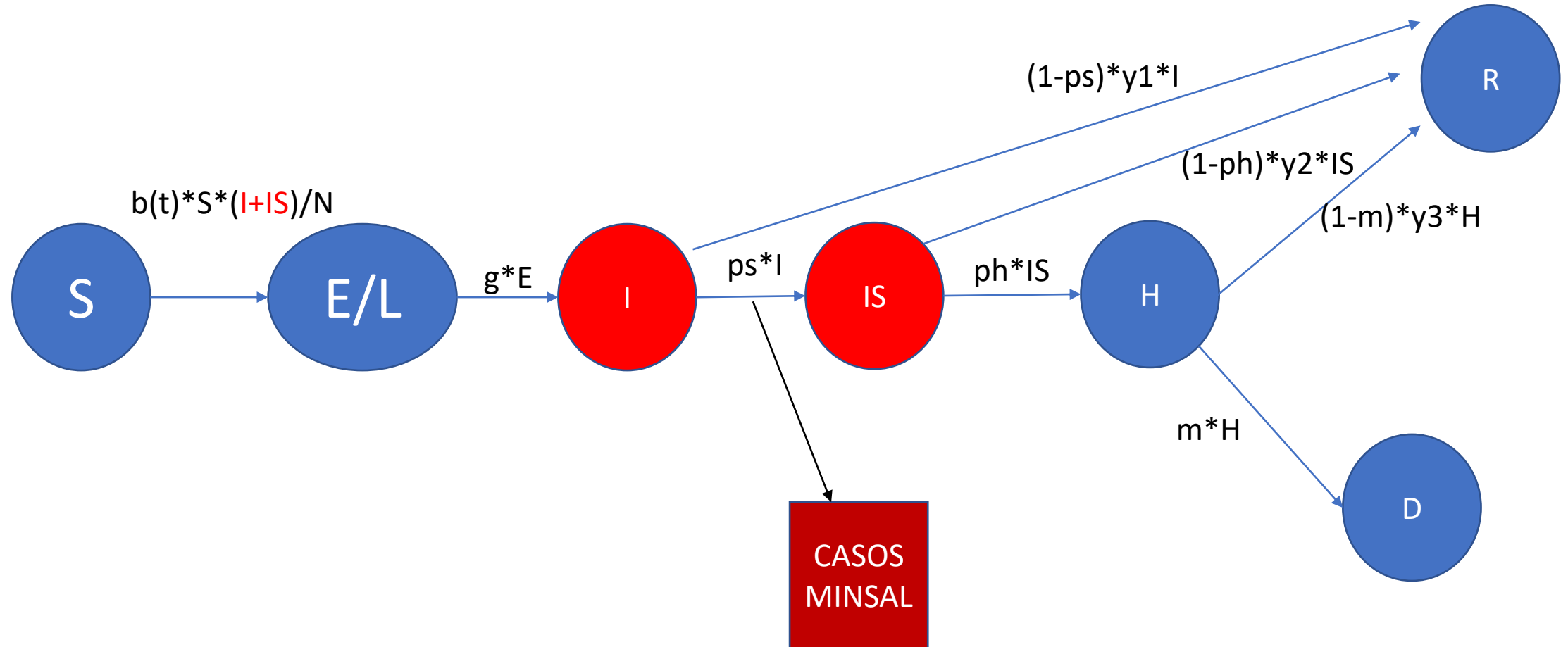


Daniel Pons
Depto. Matemáticas, UNAB



Julio Benavides
Fac. Cs. de la Vida, UNAB

Modelo: S-E-I-IS-H-R-D tiempo discreto



$$b(t) = b_{min} + (b_0 - b_{min}) \{1 - 1/(1 + \exp[-\theta(t - t_b)])\}$$

Turchin 2020, reporte M. Lima

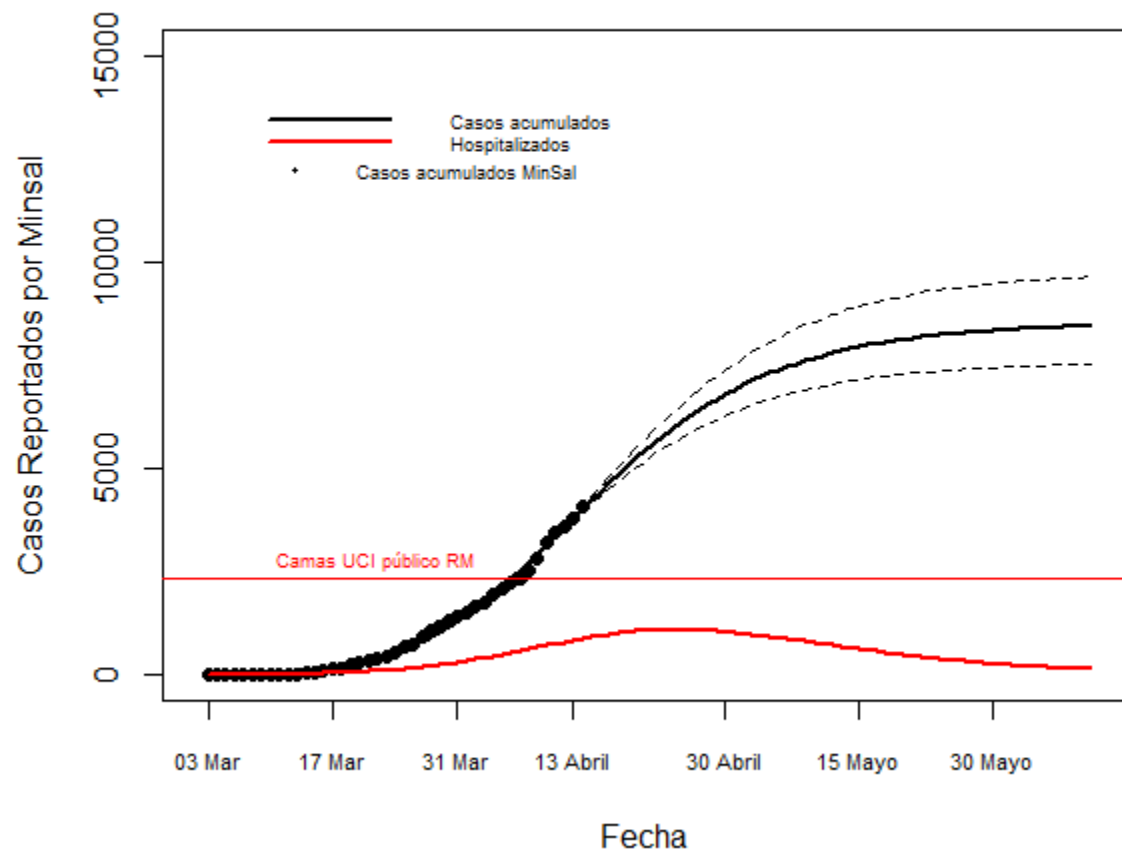
Parámetros del modelo para Región Metropolitana

- Datos hasta el 14 de abril
- Parámetros fijos:
 - Pop RM = 7.112. 808
 - Días expuestos (latentes)= $1/g = 5$ días (Lauer et al. 2020. Liu et al. 2020, Zheng et al.)
 - $I \rightarrow IS = p_s = 0.75$ (Mizumoto et al. 80-85%)
 - Tasa de Hospitalización de IS = 0.14 (Dong et al. 2020)
 - Mortalidad de hospitalizados= 1 %
 - Tasa de recuperación de I (y_1) o IS (y_2) = 0.09 (11 días de recuperación)
 - Tasa de recuperación de Hospitalizados = $y_3 = 0.1 = 10$ días promedio de hospitalización
 - $I_0 = 20$ infectados al inicio (Si número muy bajo, R_0 de inicio muy alto)
- Parámetros estimados por método 'Least Square' sobre curva acumulada de casos y estimación de b_0 y θ 'refinada' con función nls de R:
 - $b_0 \sim 0.74$, $R_0 \sim 4$, conforme a Majumder *et al.*, 2020 ; Anastasopoulou *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020 ;Zhuang *et al.*, 2020
 $t_b \sim 23$, $\theta = 0.46$, $b_{min} = 0.07$

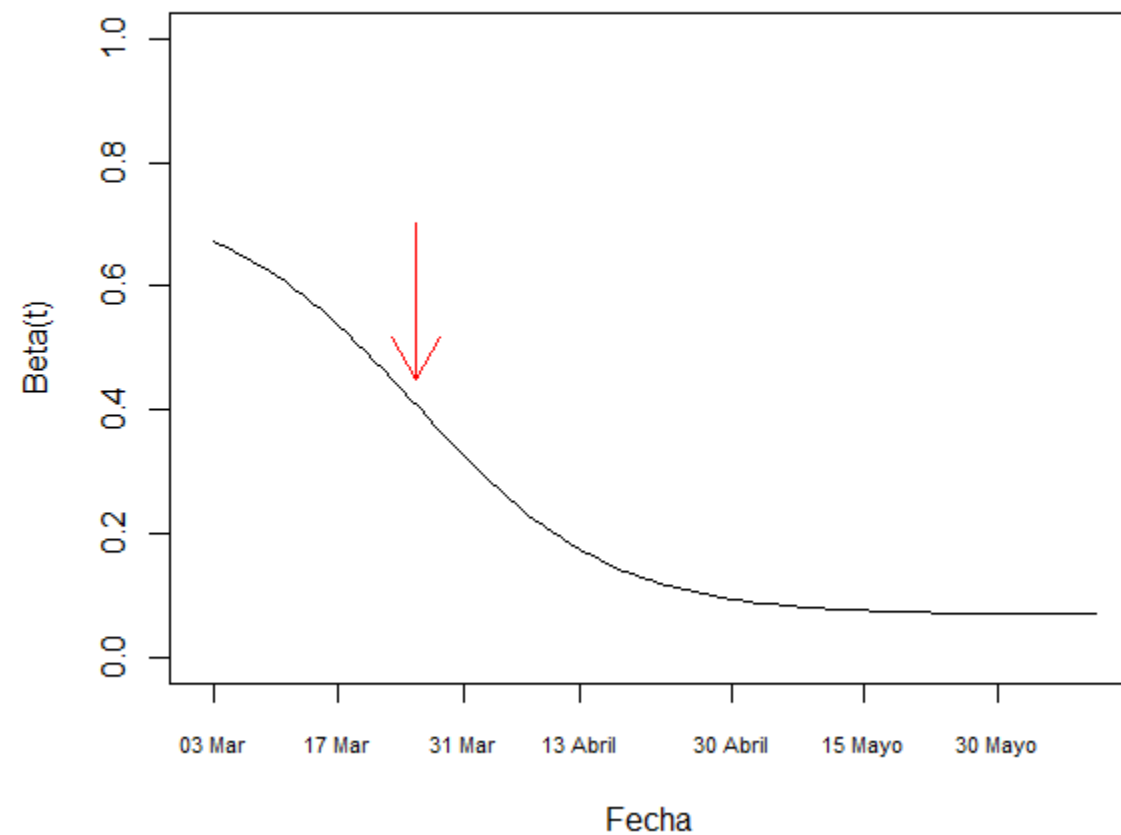
$$b(t) = b_{min} + (b_0 - b_{min})\{1 - 1/(1 + \exp[-\theta(t - t_b)])\}$$

Escenario actual proyectado por nuestro modelo

Escenario Seguimos medidas actuales (Semi-cuarentena)

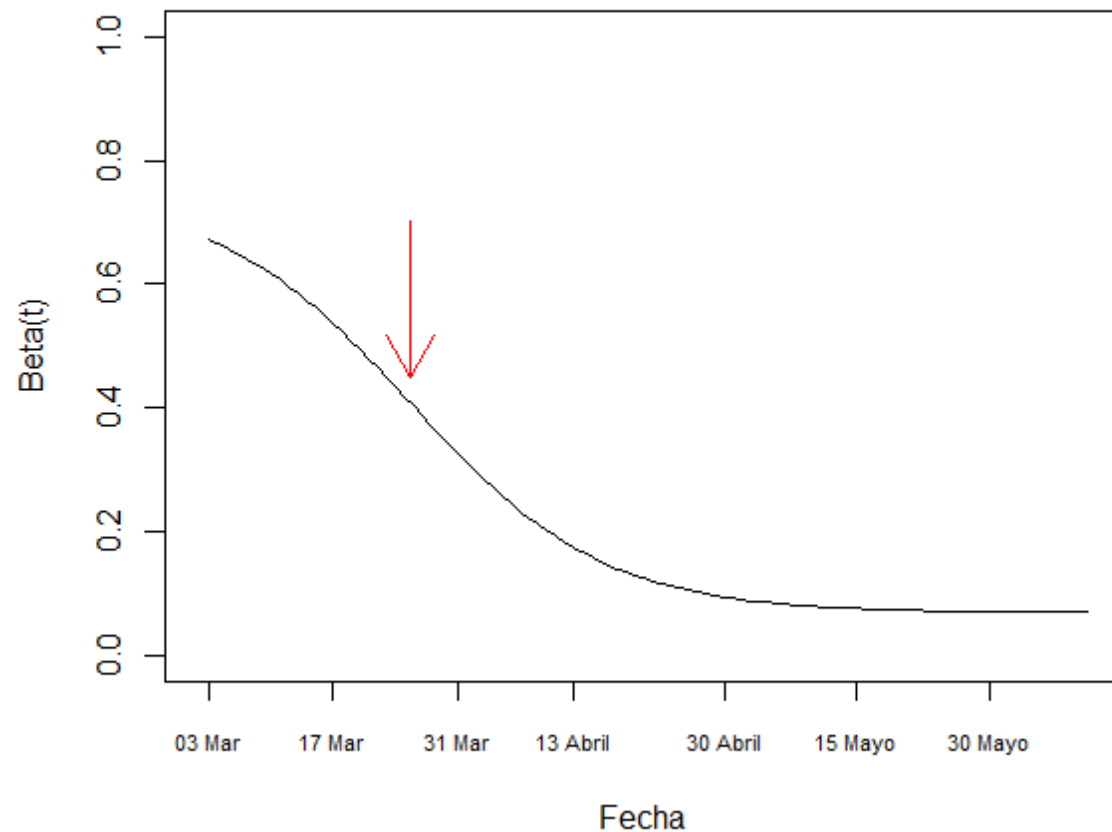


Evolución de Beta

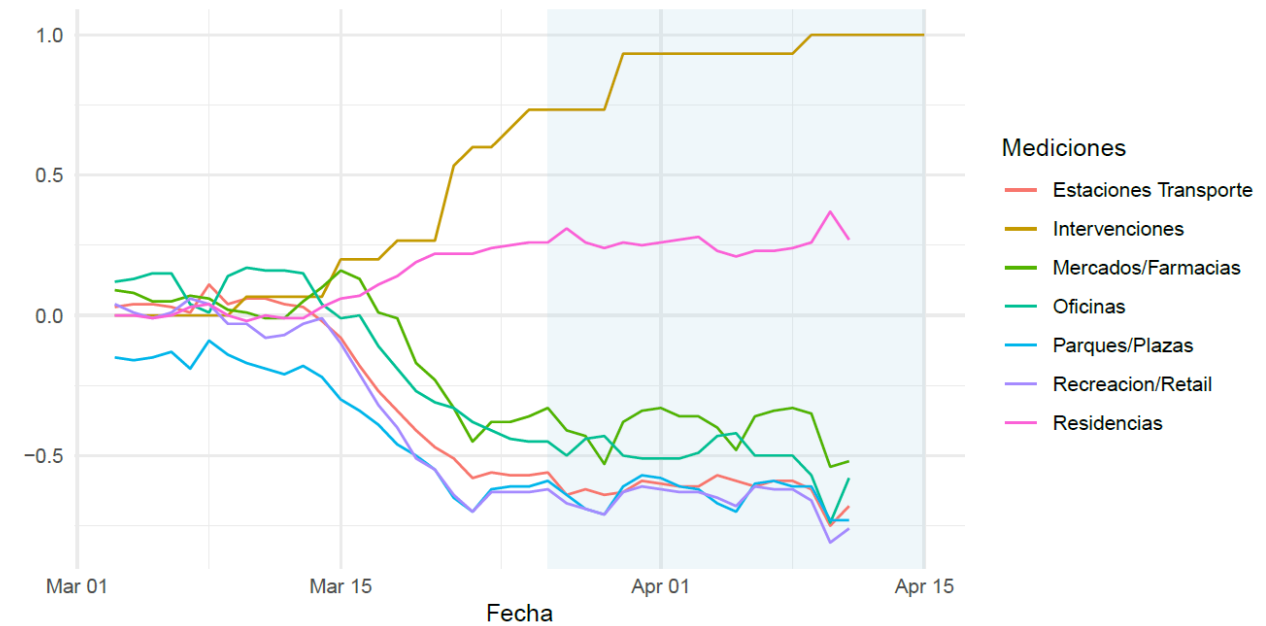


Reducción de Beta por reducción de movilidad y “contención de sintomáticos”?

Evolución de Beta



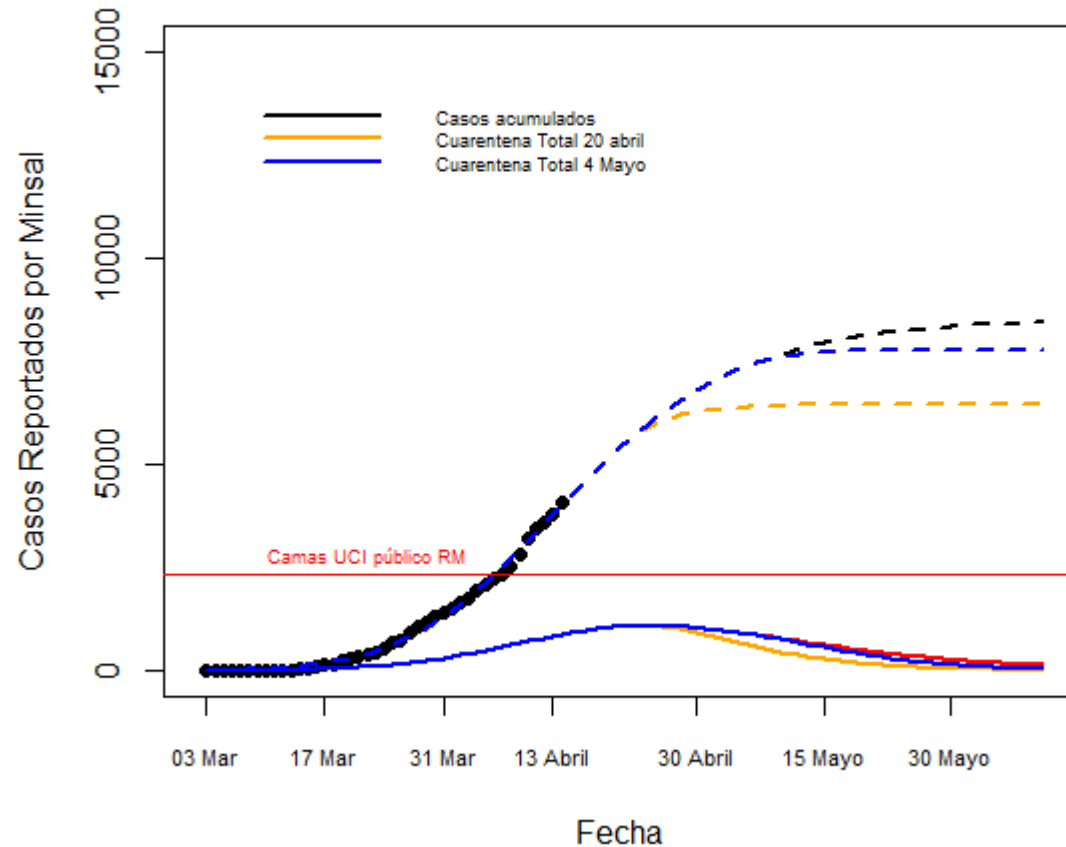
Reporte COVID-19 de Movilidad de Comunidades
Chile 11 Abril, 2020



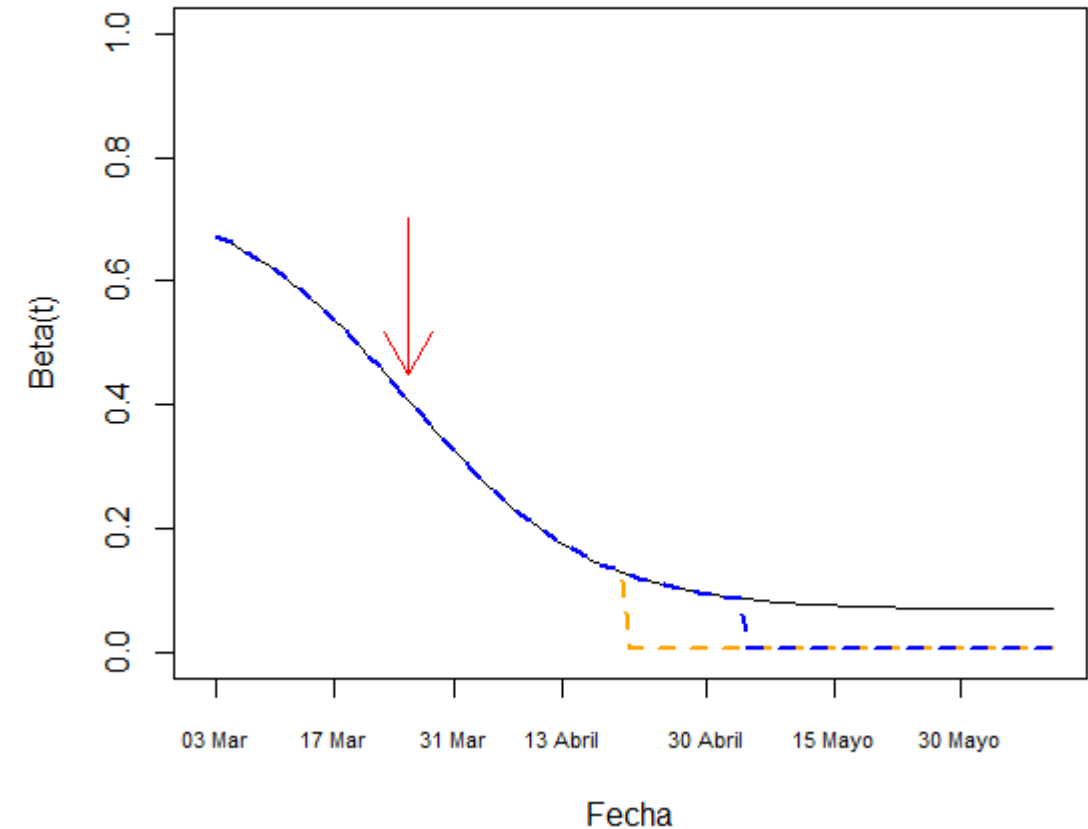
Elaborado por epi3lab
Fac. Medicina, UC
Fac. Cs de la Vida, UNAB

Ministerio: 'Cuarentena total, las personas quedan con prohibición de salir de su casa, solo con permisos especiales'.

Escenario: Cuarentena total reduce 10 veces Beta min

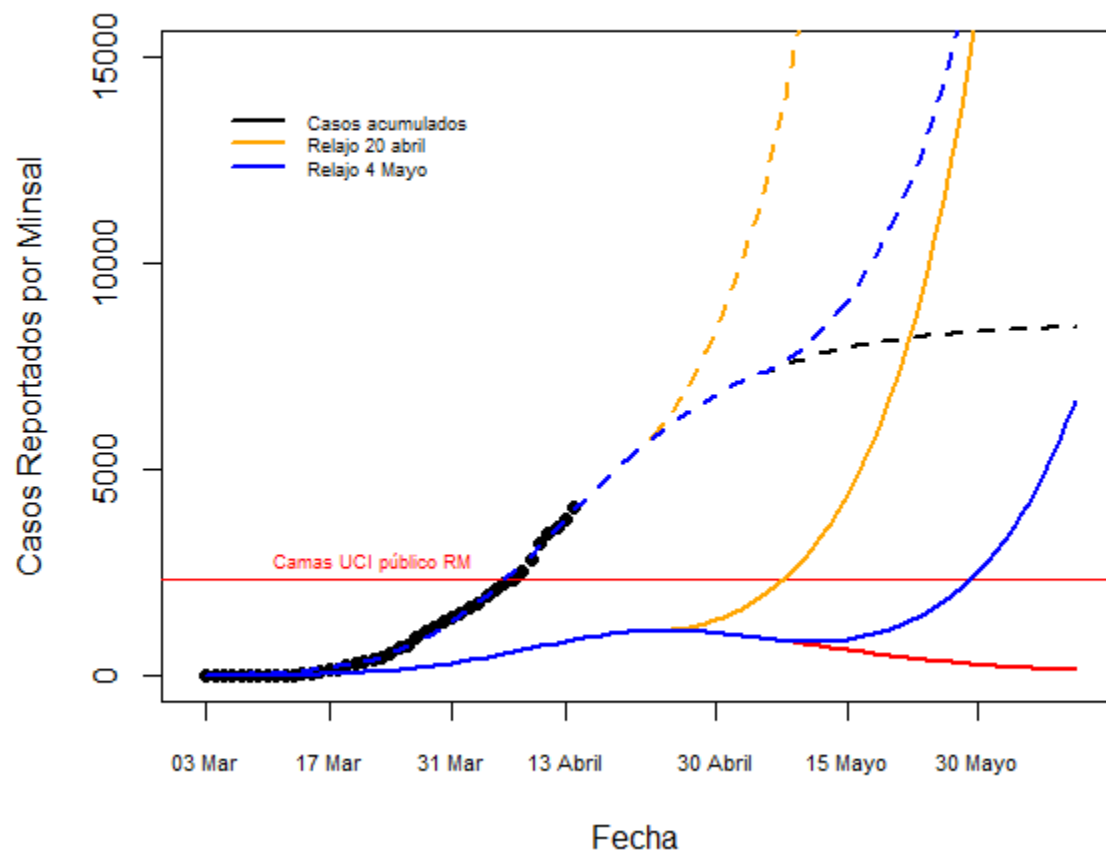


Evolución de Beta

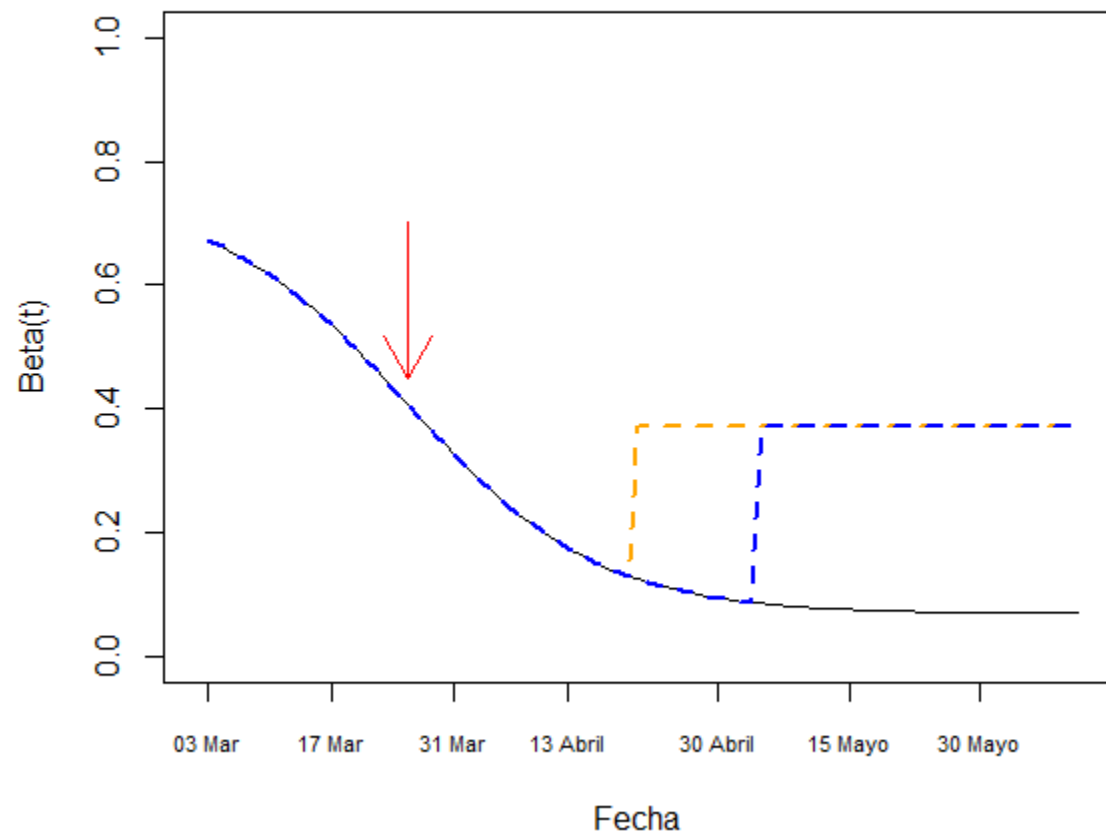


Ministerio: “Cierre colegios/Ues/comercios”

Escenario: Solo colegios/comercios cerrados

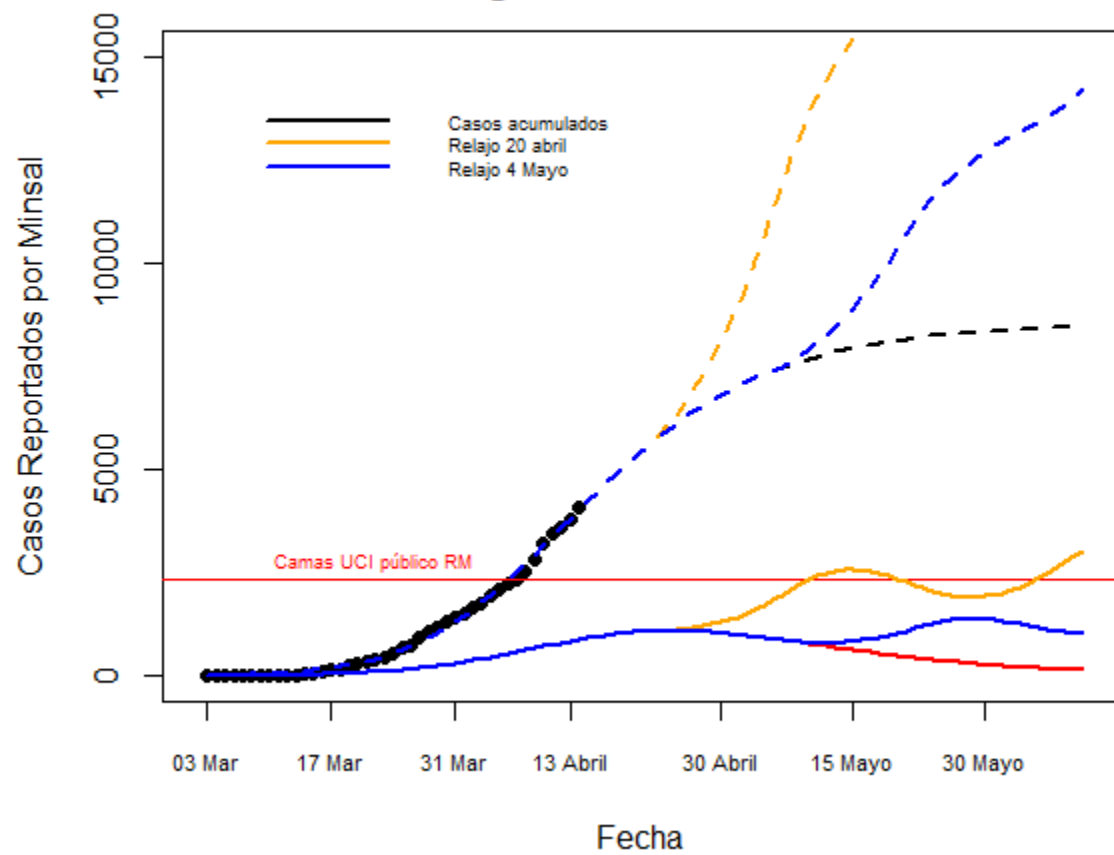


Evolución de Beta

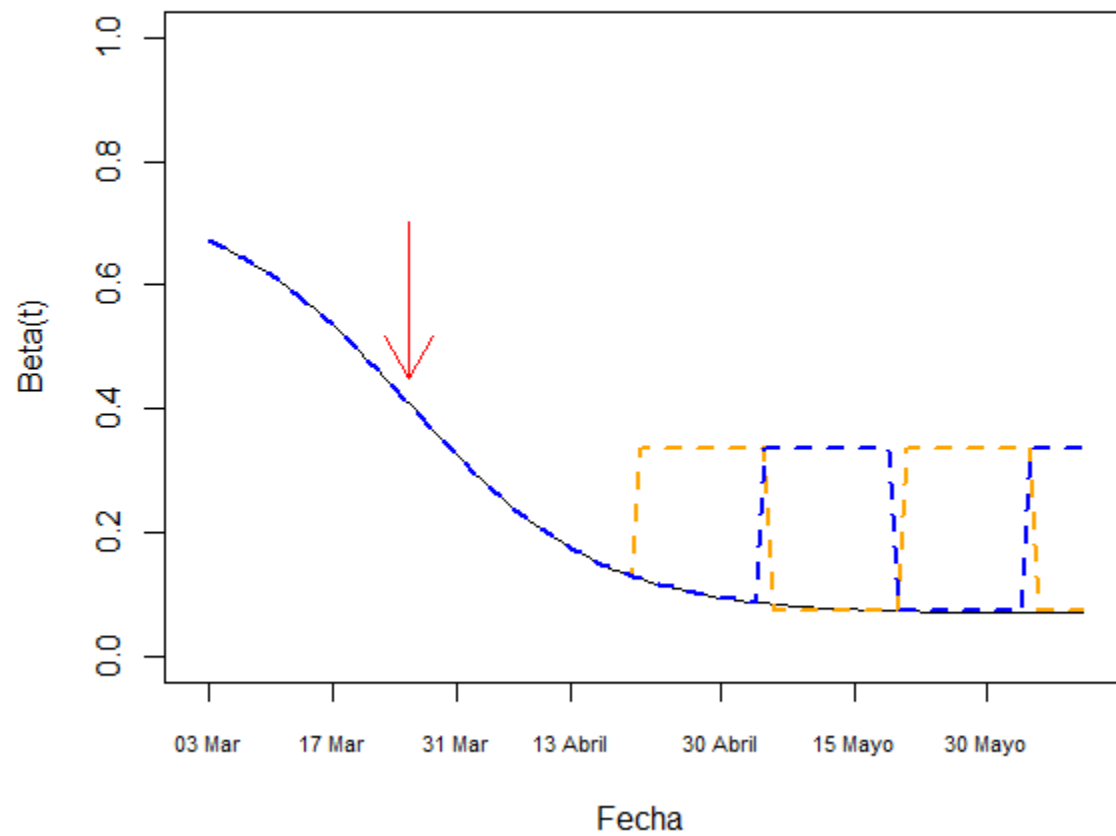


Ministerio: “Cuarentena alternante de 15 días con cierre colegios”

**Escenario: Cuarentena cada 15 días (toda RM)
con colegios/comercios cerrados**

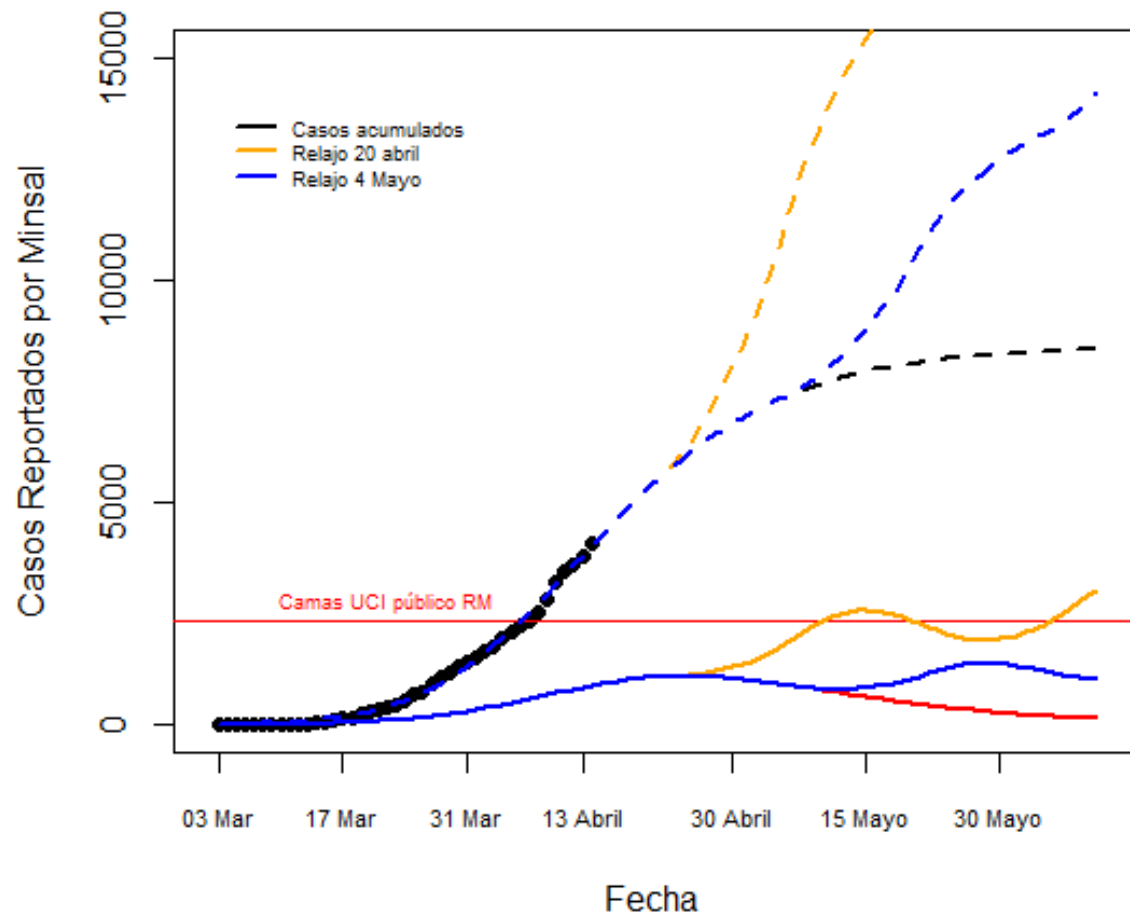


Evolución de Beta

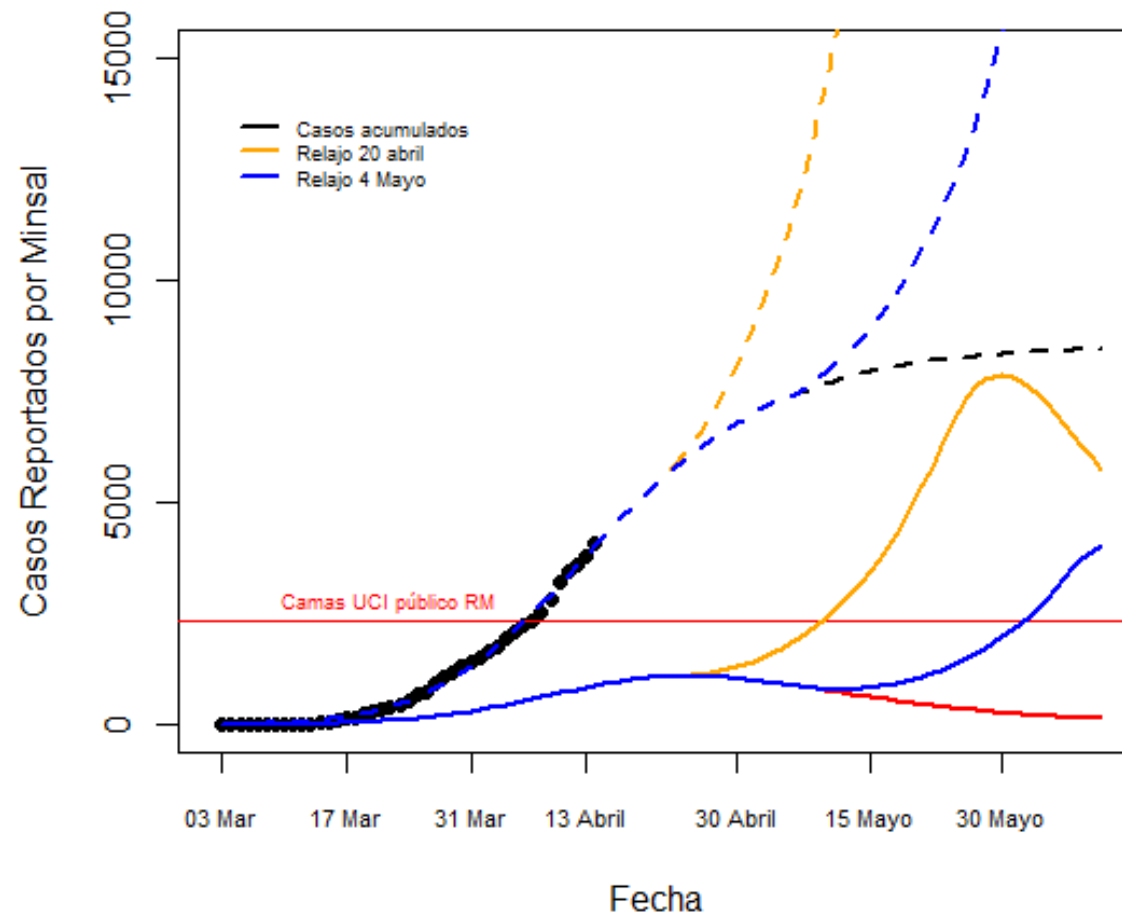


Ministerio: ' Cuarentena alternante de 15 o 30 días ?'

Escenario: Cuarentena cada 15 días (toda RM)
con colegios/comercios cerrados

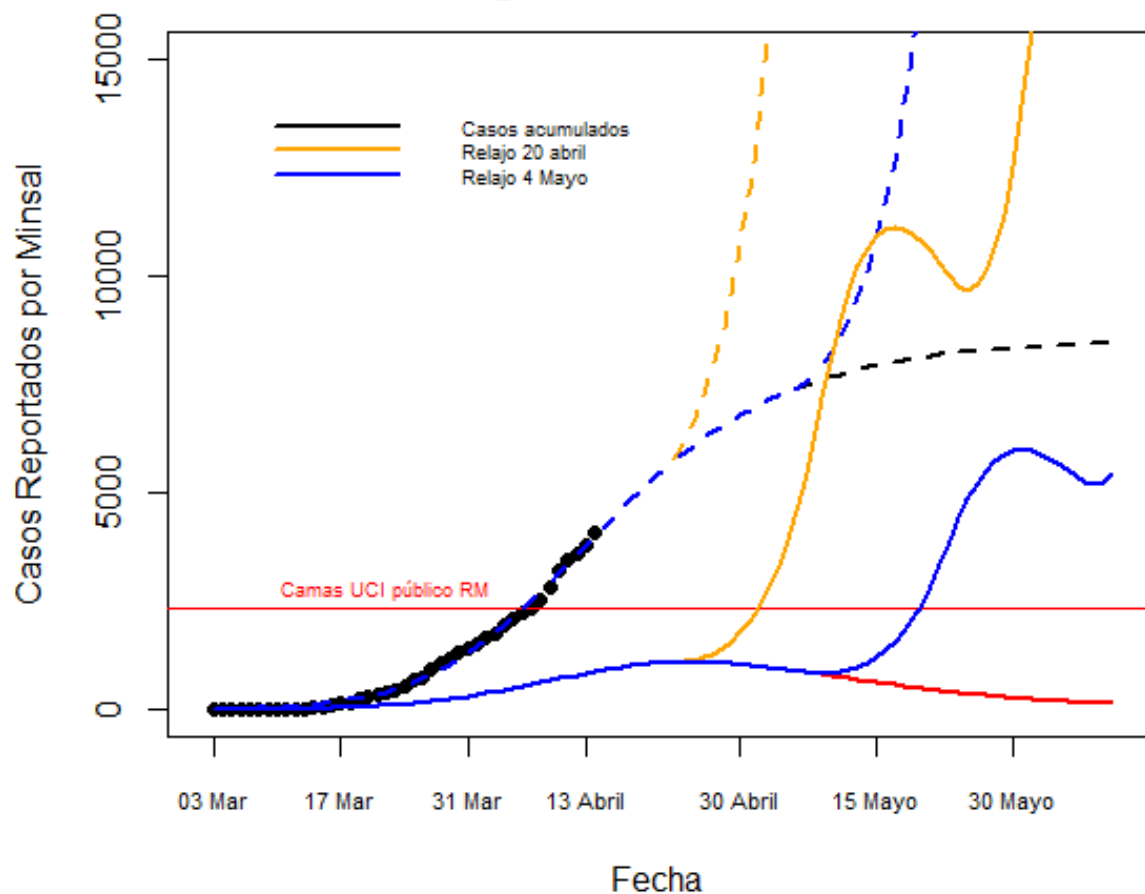


Escenario: Cuarentena cada 30 días (toda RM)
con colegios/comercios cerrados

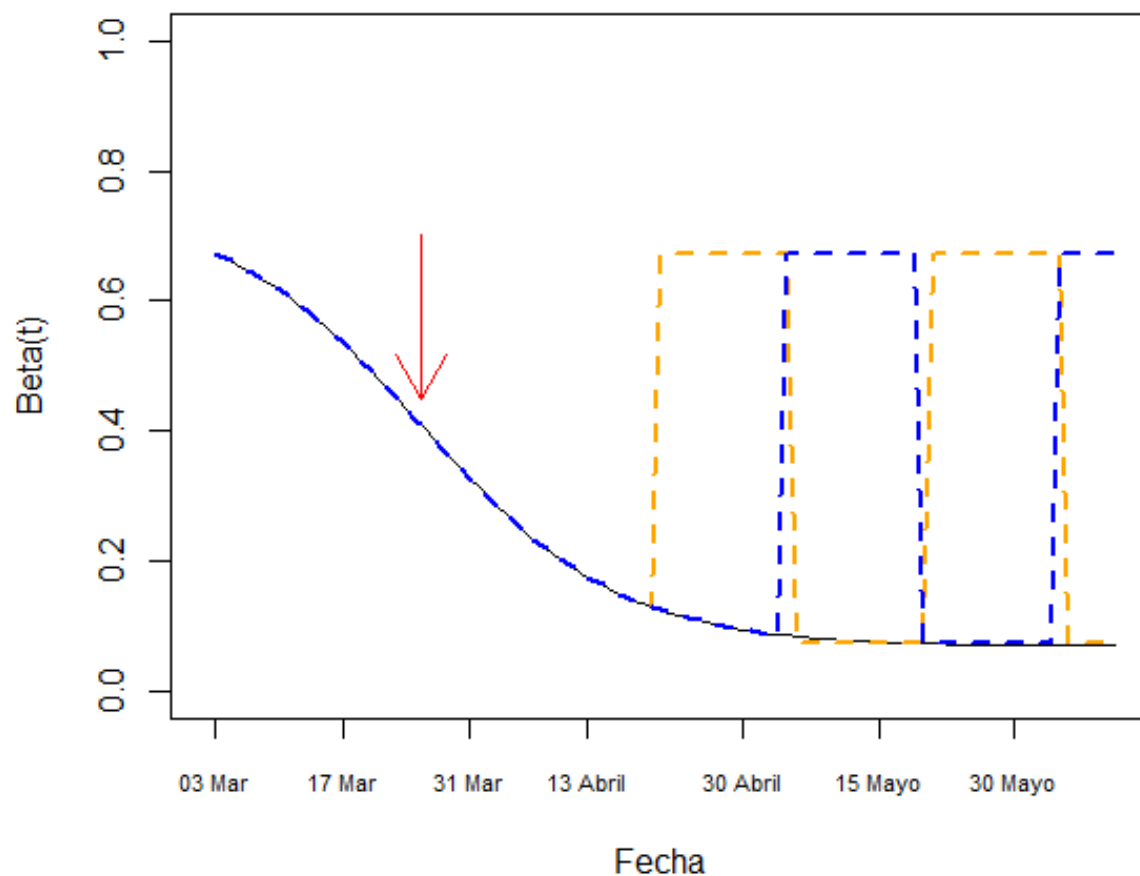


Ministerio: ' Cuarentena alternante de 15 días SIN cierre colegios'

**Escenario: Cuarentena cada 15 días (toda RM)
SIN colegios/comercios cerrados**

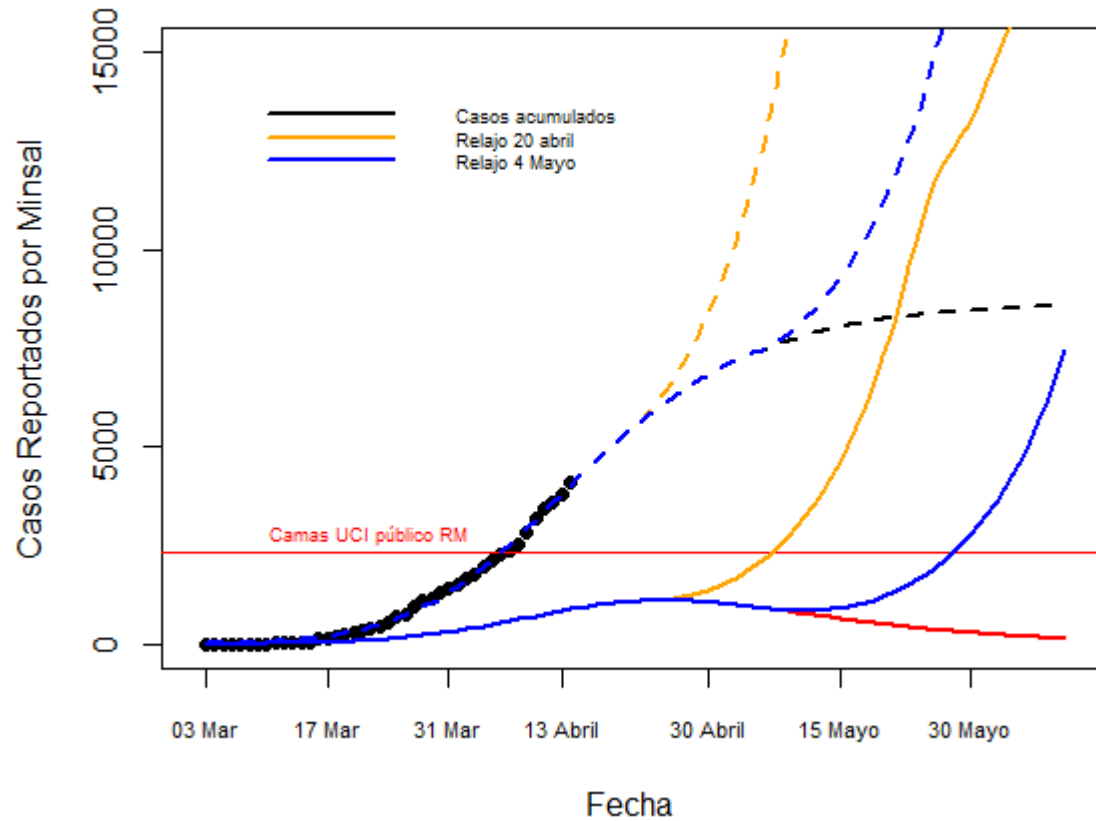


Evolución de Beta

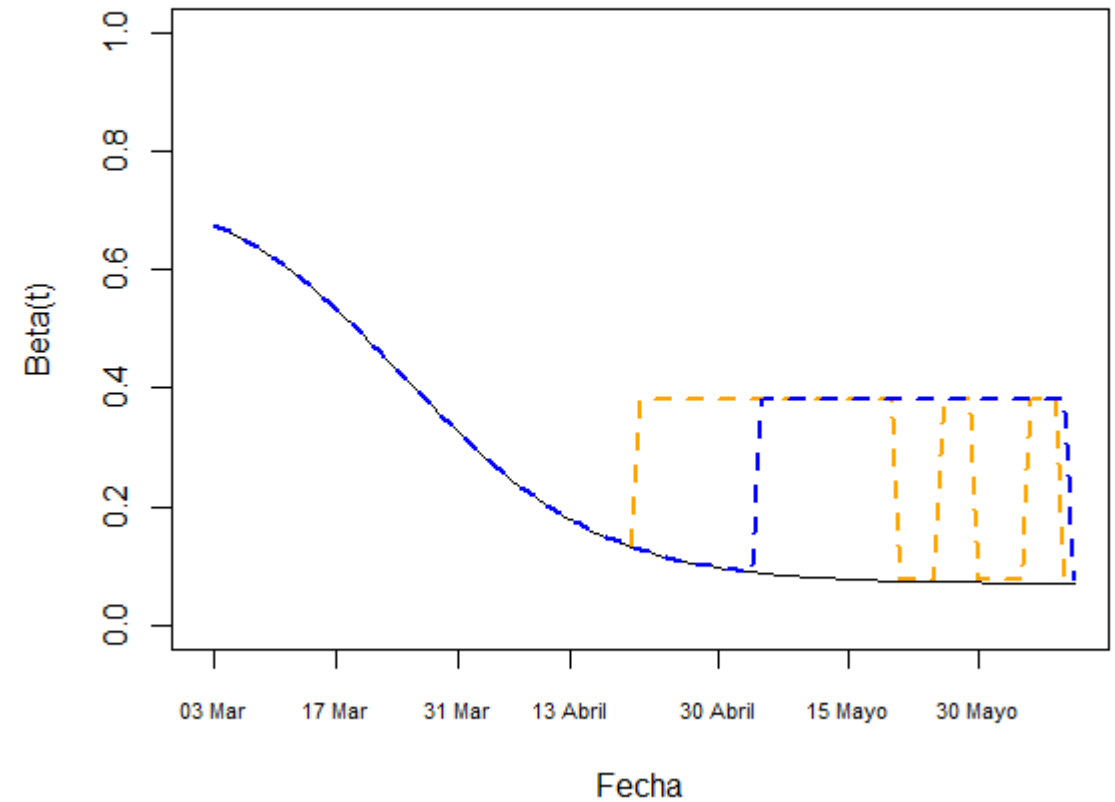


Ministerio: 'Una comuna/región entra en cuarentena cuando casos llegan a 4 / 10.000'

Escenario: Región entra en cuarentena si incidencia > 4/10.000 y luego colegios cerrados

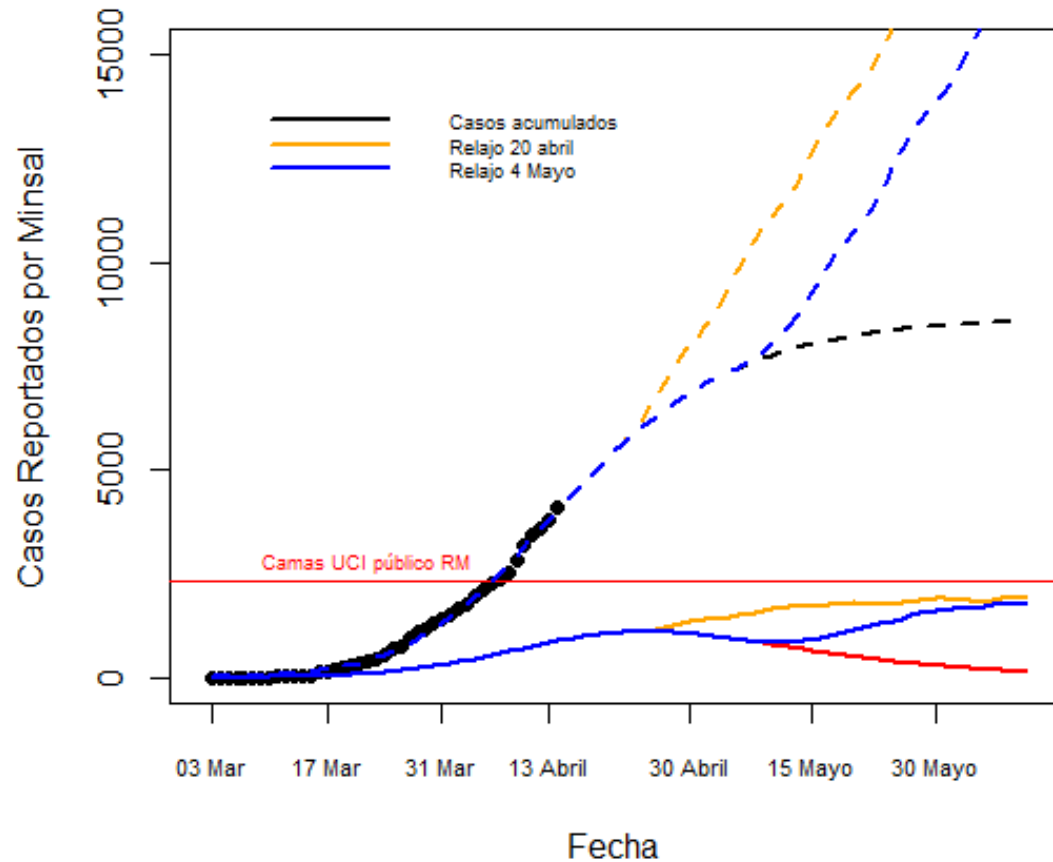


Evolución de Beta

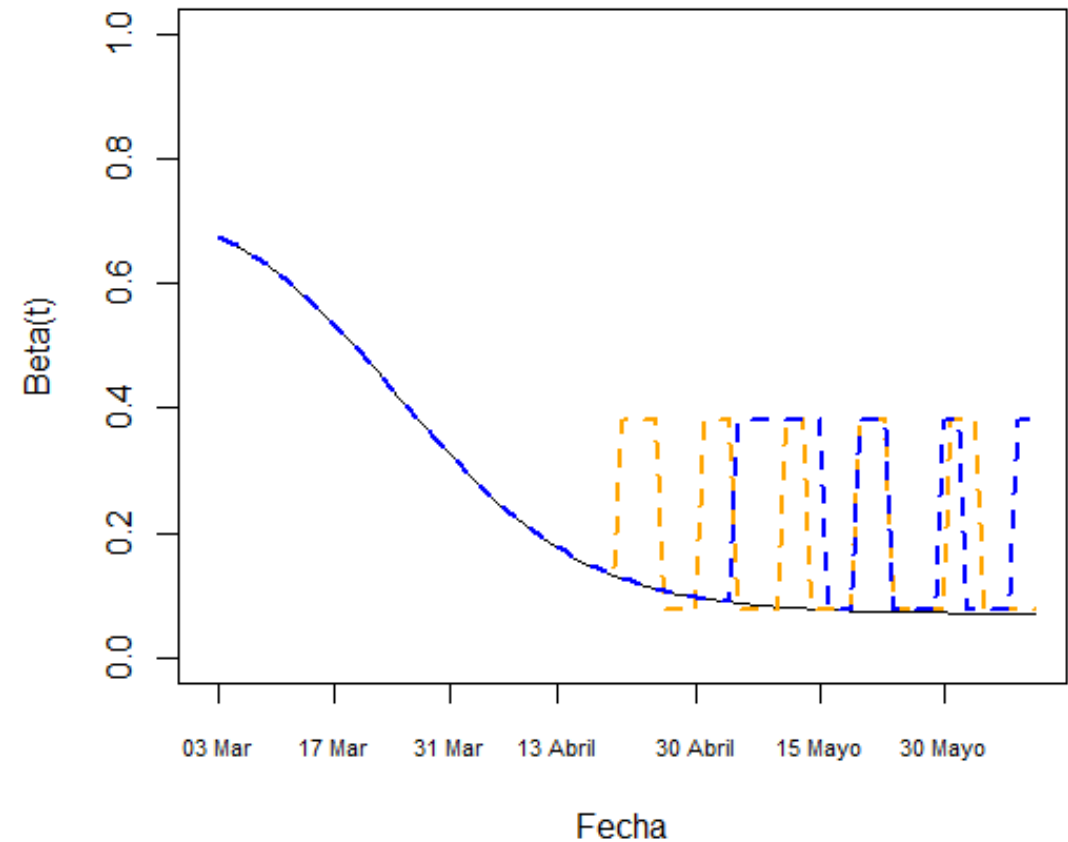


Ministerio: 'Una comuna/región entra en cuarentena cuando casos llegan a 4 / 100.000'

Escenario: Región entra en cuarentena si incidencia > 4/100.000 y luego colegios cerrados

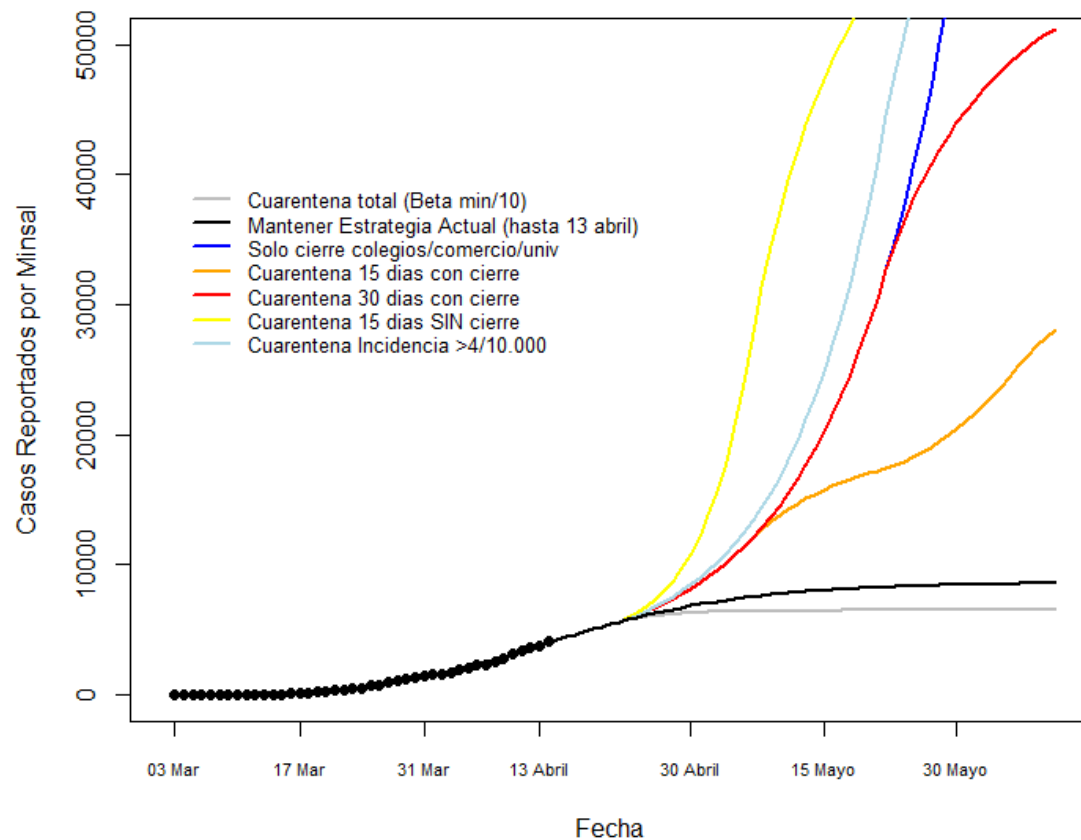


Evolución de Beta

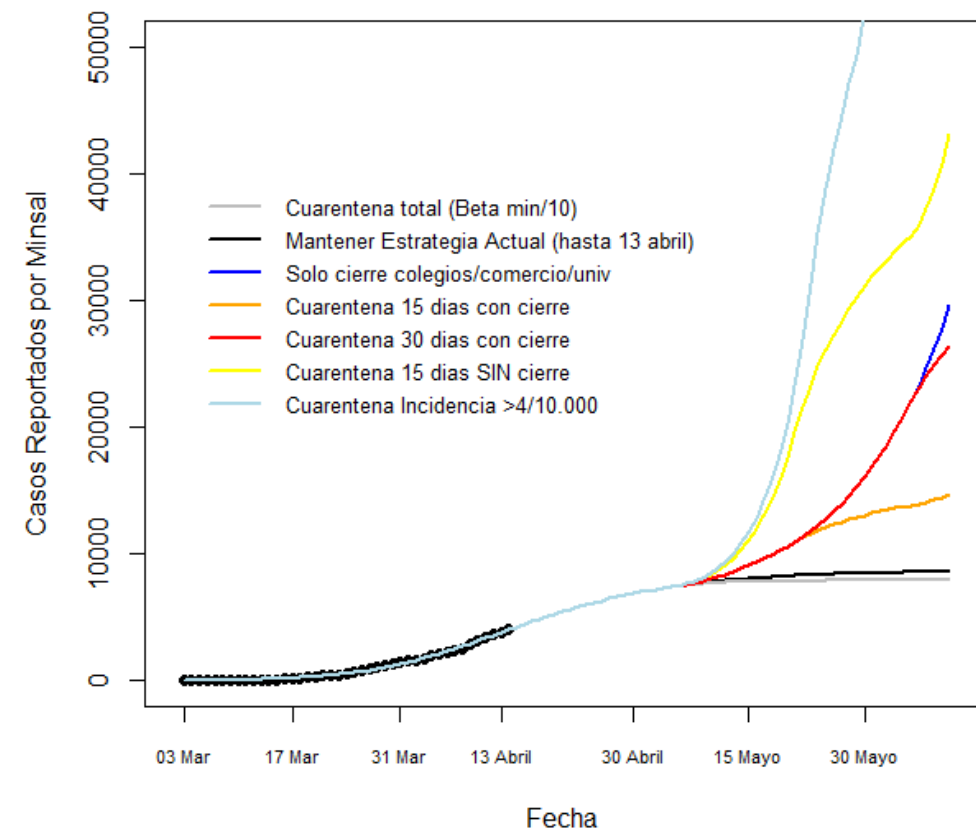


Conclusión: Solo mantener medidas actuales (implementadas hasta 13 abril) o aumentarlas para bajar la tasa de transmisión permitirían ‘aplanar’ epidemia

Comparación estrategias implementadas el 20 abril



Comparación estrategias implementadas el 04 Mayo



Recomendaciones para Ministerio de nuestro modelo (con toda la incertidumbre asociada)

- **Si el modelo capta correctamente la situación actual, una cuarentena total** que reduciría la tasa de contacto actual de 10 veces **no parece modificar significativamente la epidemia**
- **Ni solo cerrar solo colegios/comercios ni Cuarentenas Alternantes** permiten **‘aplanar la curva’**
- **Cuarentena alternante cada 15 días con cierre de colegios disminuye epidemia** (mejor que cuarentena cada 30 días) pero **no logra ‘aplanar la curva’**
- **Mantener medidas actuales (implementadas hasta 13 de abril) por lo menos hasta mediados de mayo**, sin relajar las cuarentenas y con el escenario ‘más optimista’, podría llevar a un ‘aplanamiento de la curva’ en mayo sin saturación de hospitales

Principales limitaciones del modelo

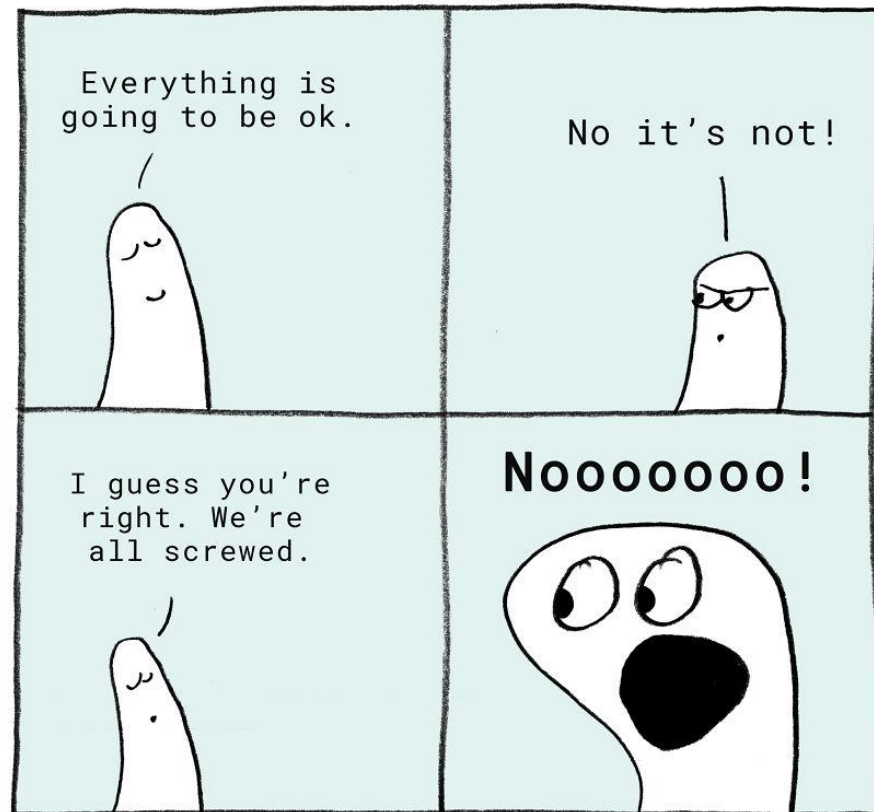
- Escenario muy optimista? Modelo no incluye subnotificación ni detección variable
- Entender mejor el Beta y como se puede disminuir:

$$\text{Beta} \approx \frac{\text{Tasa de contacto de la pop} * \text{Probabilidad de Infectados de transmitir}}{\text{Barreras para evitar la transmisión (e.g. mascarillas)}}$$

- Modelo por comuna y estructura de edades
- Parámetros fijos del modelo inciertos para Chile:
 - Probabilidad de caso sintomático
 - % pacientes hospitalizados
 - Duración hospitalización y si esta aumentará cuando saturen los hospitales.



Gracias



DISTANCIA SOCIAL Explicación para Quilpueños



DISTANCIA SOCIAL EN PUERTO MONTT



DISTANCIA SOCIAL Explicación para caleraxxs



EN PATAGONIA NOS CUIDAMOS



DISTANCIA SOCIAL Explicada para Chimbarunguiños

2 CANASTOS



4 BOLAS DE MIMBRE



Predicción del impacto de diferentes medidas de cuarentena utilizando un modelo S-E-I-H-R-D

Julio Benavides, Joaquín Escobar-Dodero, Daniel Pons & Fernando Mardones

