

# Impacto de las Medidas de Control en la evolución del brote COVID-19

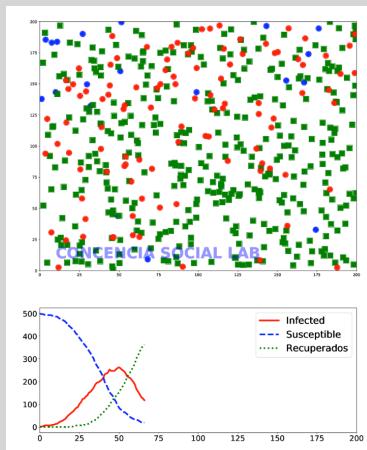
[China](#) | [Austria](#) | [Alemania](#) | [Portugal](#) | [Italia](#) | [España](#) | [Francia](#) | [Reino Unido](#) | [México](#)

Autores: Rosa María Vargas Magaña (U. Edimburgo-CONACYT), Mariana Vargas Magaña (IF-UNAM), Sébastien Fromenteau (ICF-UNAM), en colaboración con el **Colectivo Científicos Mexicanos en el Extranjero** <https://mexiciencia.github.io/> y **Laboratorio ConCiencia Social** <https://concienciasocialla.wixsite.com/misitio>

## Ecuaciones del Modelo SIR

<b>Susceptible</b>	$\Delta S = -I \times \beta \times \frac{S}{N}$
<b>Infectados</b>	$\Delta I = I \times \beta \times \frac{S}{N} - I \times \gamma$
<b>Recuperados</b>	$\Delta R = I \times \gamma$

## Simulación del Modelo SIR



Creación Propia. Ver gif en <https://concienciasocialla.wixsite.com/misitio/simulaciones>

En la figura se muestra una captura de una simulación al tiempo  $t$  (recuadro superior) y la evolución en tiempo real (recuadro inferior) de las poblaciones de susceptibles (en azul), de infectados (en rojo) y de recuperados (en verde) descritas por el modelo SIR. Al inicio tenemos la población de susceptibles que son todos los puntos salvo un infectado (punto rojo) y conforme evoluciona la interacción en el tiempo, empezarán a aparecer cada vez más puntos rojos. Después de cierto tiempo los recuadros rojos pasaran a recuadros verdes que representan los elementos de la población de recuperados (o muertos) que ya no pueden propagar más la infección, hasta que finalmente se llega a un declive del brote.

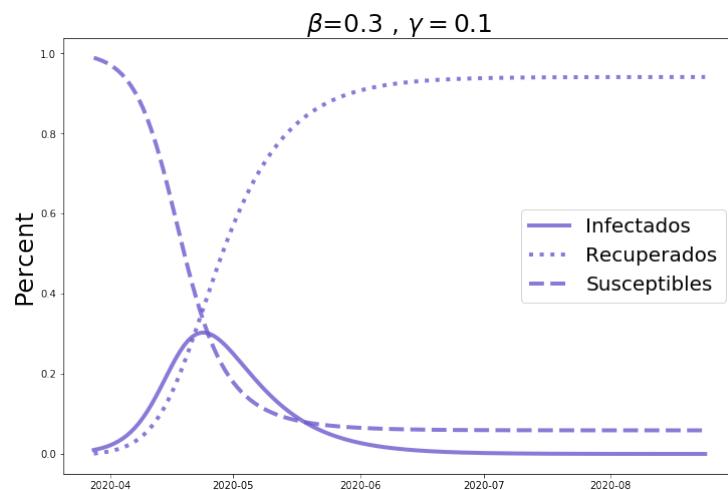


Figura 1.

## Modelo SIR

La base de este trabajo es un modelo clásico de 1927 ideado por los médicos escoceses W. O. Kermack y A. G. McKendrick, el cual emplea un sistema de ecuaciones diferenciales a fin de detallar cómo surge un brote infeccioso, su crecimiento, en qué momento alcanza su máximo y cómo después decae, todo ello a partir de dos parámetros: uno biológico  $\gamma$  y otro social  $\beta$  que nos ayudan a estimar el número de reproducción básico de una epidemia  $R_0$ .

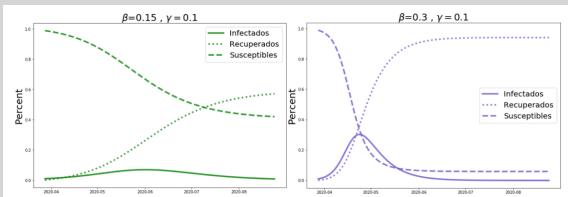
**Parámetro  $\beta$ :** Es el número promedio diario de contagios por infectado.

**Parámetro  $\gamma$ :** Es la tasa de infectados que se recuperan por día.

**Número  $R_0$ :** Se estima como el número promedio de contagios por la tasa de recuperación, esto es  $R_0 = \beta/\gamma$  y nos indica el número promedio de contagios por infectado. Si  $R_0 > 1$ , la epidemia se propaga rápidamente. Si  $R_0 < 1$ , la epidemia se propaga pero desaparece antes de que todos se infecten.  $R_0$  se refiere al valor al tiempo inicial.

El modelo considera la población total, y condiciones iniciales sobre el número de infectados, de defunciones y de recuperados al día cero del brote. El modelo predice el número de personas infectadas y recuperadas a diferentes tiempos.

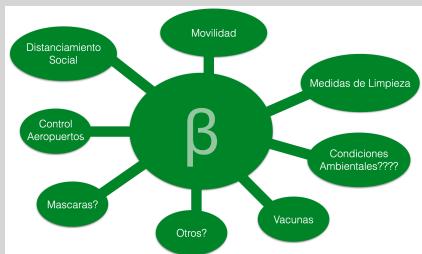
## Modelo SIR considera $\beta$ fija en la evolución del brote.



Ejemplo 1 y 2 con distintos valores de  $\beta$ .

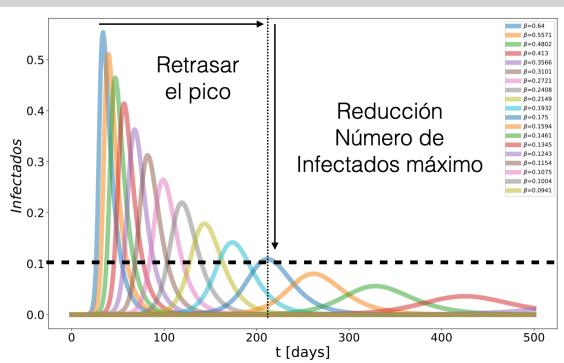
El modelo SIR considera  $\beta$  fija en la evolución de la epidemia. Sin embargo, dado que la mayoría de los países han implementado medidas de mitigación, deseamos inferir de la curva de infectados una tasa efectiva de contagio  $\beta(t)$  que varía en el tiempo y por ende un  $R(t)$ .

## ¿Qué puede afectar a la $\beta$ ?



En la figura presentamos varios factores que pueden impactar el valor de  $\beta$ . Y en particular nos interesa estudiar cómo las medidas de control impactan la evolución de  $\beta$  en el tiempo. O alternativamente como afectan a  $R$  en el tiempo.

## Ajuste dinámicos Data-driven



En la figura se muestra las curvas de infectados del modelo SIR para distintas  $\beta$ . Al aplicarse medidas de control se espera que la evolución del brote tenga una tasa efectiva de contagio que varía en el tiempo. Para medir esta variación realizamos ajustes del modelo SIR variando el intervalo de tiempo del ajuste. Ello nos permitió identificar si las medidas han tenido impacto en la tasa de contagio efectiva a lo largo del brote. El intervalo del ajuste está directamente determinado a partir de los datos (*data-driven*).

29 de mayo de 2020

## Metodología del Ajuste

$$\chi^2 = \sum (\text{Datos} - \text{Modelo})^2 / \sigma^2$$

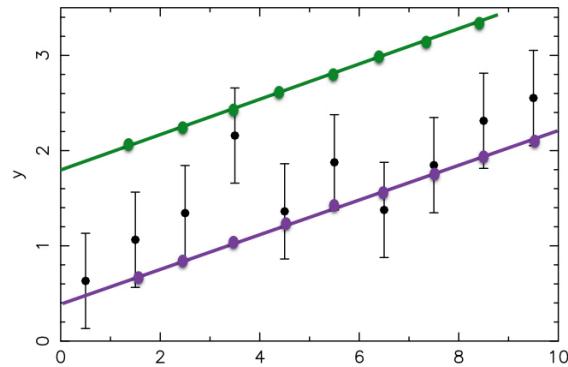


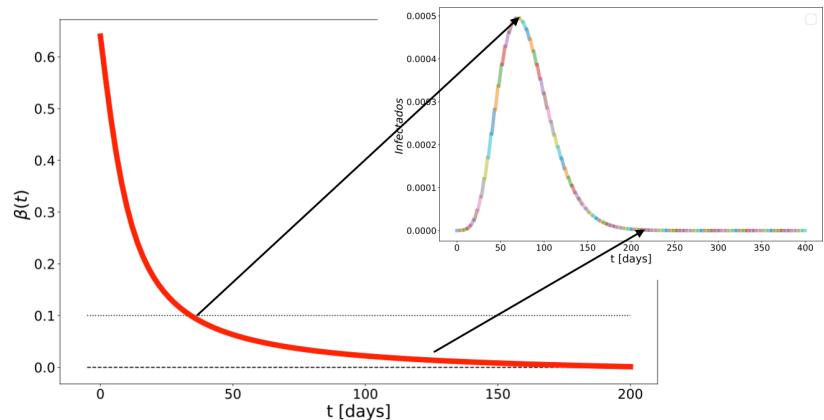
Figura 2

**Modelo 1  
(a1,b1): No ajusta**

**Modelo 2  
(a2,b2): Ajusta mejor**

A fin de ajustar el modelo sobre los datos, usamos una minimización del estimador  $\chi^2$  asociado a un algoritmo de optimización siguiendo el método de Powell. Este método no requiere que nuestro estimador sea diferenciable al contrario de un método de gradiente. En nuestro caso no hay manera de definir correctamente la matriz de covarianza razón por la cual usamos una matriz unitaria. Elegimos esta convención para no ponderar de manera diferenciada los diferentes puntos pudiendo sesgar el valor de los parámetros estimados. Sin embargo, al no contar con una matriz de covarianza confiable no podemos extraer el error de los parámetros estimados y únicamente nos enfocaremos en el valor de mayor verosimilitud.

## Medición de la evolución de $\beta$



**Figura 3.** Se muestra una curva típica de evolución de  $\beta$  en el tiempo ante la aplicación de medidas de mitigación. En la figura se marcan dos líneas que indican puntos interesantes en la curva de infectados, el primero, cuando el valor  $R = \beta/\gamma = 1.0$  que indica la llegada a un punto máximo en la curva y el segundo corresponde a  $R = \beta/\gamma > 0$  que se mide al final de un brote infeccioso.

## Países analizados con nuestra metodología



La etiqueta de color es un indicativo que califica la respuesta gubernamental y de la sociedad ante la contingencia del COVID-19 en cada país. Refieren al diseño e implementación de una estrategia por el gobierno y si esta fue bien encaminada de tal forma que se logró mitigar el brote en el país y el costo en vidas no fue tan elevado ni las afectaciones en la sociedad ni en la economía.

## Parámetros que contemplamos en nuestro análisis

- Semana de llegada a la cumbre.
- Medidas Oportunas
- Medidas Efectivas
- Diseño de una estrategia respaldada por un sistema de salud fortalecido\*.
- Letalidad de COVID-19 registrada

Consideramos la duración que tardó el brote en llegar al punto más álgido de la epidemia para los casos que ya están finalizados o en fase de declive y en su defecto la duración del brote hasta el momento del análisis. También se analiza si las medidas fueron oportunas por el

## Análisis y resultados Covid-19 en México y en varios países del mundo

En esta sección presentaremos los resultados obtenidos al aplicar la metodología a China, Austria, Alemania, Italia, España, Reino Unido Francia y finalmente México.



Vamos a comenzar con el país cero de esta pandemia, esto es China. El **22 de enero** el gobierno anuncia la presencia de un brote epidémico causado por un nuevo coronavirus SARS COV2 con **226 infectados** confirmados y el brote es de

una intensidad considerable de tal forma que al **cuarto día ya supera los 1329** registros de casos acumulados y una  **$R_0 = 4.561$**

## Infectados activos acumulados en el brote COVID-19 en China

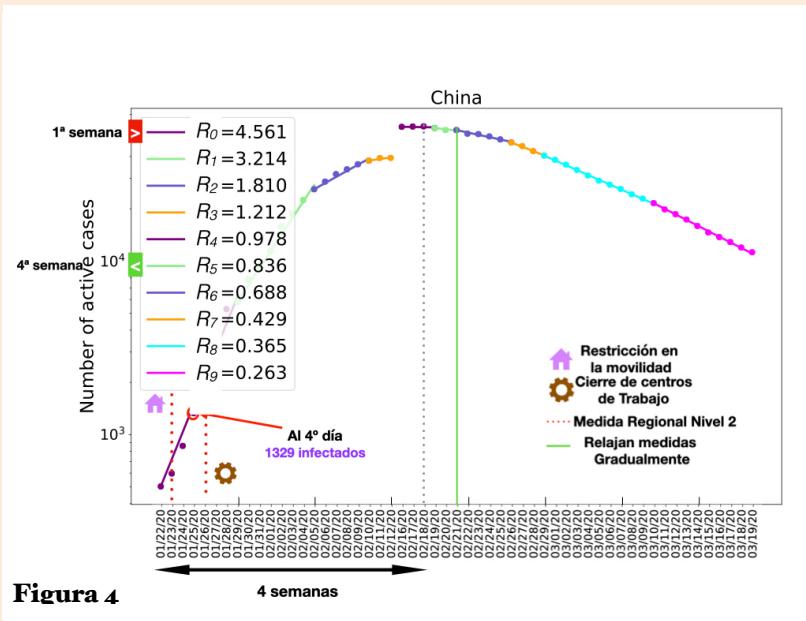


Figura 4

La primera ola del brote en China ya está culminada y como se señala en la **Figura 4** (con la línea punteada negra) llegó a su punto máximo en la cuarta semana. A partir de la primera semana de inicio del brote se aplicaron medidas de corte severo efectivas en toda la provincia de Hubei que es donde se dió el epicentro de esta epidemia y en donde se mantuvo el 80 % de los casos registrados durante la evolución del brote en China. Es hasta la quinta semana que China empieza a relajar las medidas de control implementadas como observamos en la línea verde de la **Figura 4**, esto ocurre una vez que empieza la fase de declive del brote. En la **Figura 5** se observa la evolución que modelamos con el modelo SIR de los brotes con los diferentes  $R(t)$  medidos a lo largo de la evolución del brote en China. En la tabla dentro de la figura se muestra la capacidad hospitalaria en la provincia de Hubei. Con  $R= 0.978$  detectado en la 4ta semana el modelo SIR describe un escenario en donde teóricamente la provincia de Hubei ya puede brindar atención hospitalaria al 10% de los infectados que así lo requiera.

gobierno y fueron instrumentas y obedecidas efectivamente por la sociedad y si hubo una estrategia que estuviera respaldada por un sistema de salud robusto lo cual se traduce en su capacidad hospitalaria, acceso a los servicios de salud, número de trabajadores de la salud y gasto de gobierno en salud per cápita.

### Número de camas hospitalarias por cada 100,000 habitantes

País	Camas hospitalarias por 100,000 habitantes 2018
-China	420
-Austria	620
-Alemania	830
-Italia	340
-España	300
-Portugal	340
-Reino Unido	280
-Francia	650
-Méjico	150

Creación propia. Fuente: <https://www.ghsindex.org/>.

### Letalidad del COVID-19 en cada país registrada a la fecha especificada.

	Infectedos Acumulados	Defunciones Acumuladas	Letalidad	Fecha
-China	80,977	3193	3.94	14/03/2020
-Austria	16,655	668	4.0	29/05/2020
-Alemania	182,450	8,472	4.64	29/05/2020
-Italia	231,732	33,142	14.30	29/05/2020
-España	237,906	27,119	11.39	29/05/2020
-Portugal	31,596	1,369	4.3	29/05/2020
-Reino Unido	270,508	37,919	14.01	29/05/2020
-Francia	186,364	28,665	15.38	29/05/2020

Creación propia. Fuente: <https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>

### Evolución del brote con el modelo SIR considerando los distintos R(t)

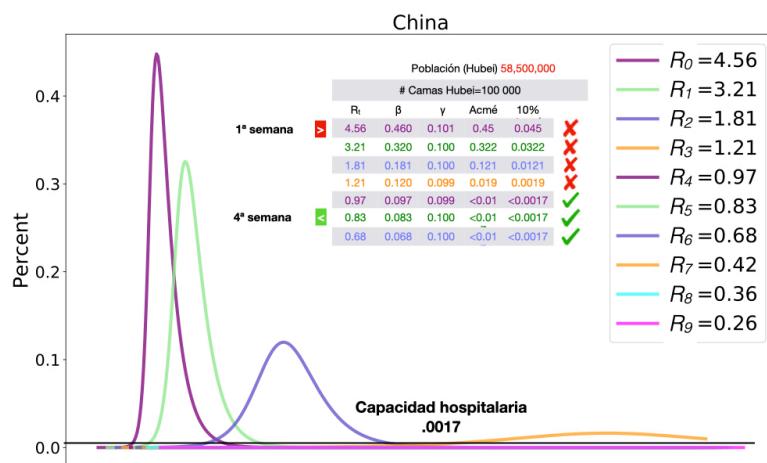


Figura 5

**Balance:** En este país el brote llegó al pico máximo a la 4ta semana, las medidas fueron oportunas, efectivas y la estrategia estuvo reforzada por inversiones de emergencia para incrementar su capacidad hospitalaria, en particular la creación de un hospital en 6 días para la atención inmediata de su población con capacidad de 1000 camas y con ello poder contrarrestar la letalidad causada por Covid-19 en este país, China registra una tasa de letalidad al inicio del declive del brote ( al 14 de marzo) de 3.94%.

A continuación presentaremos Austria por tratarse de un brote que se presenta en el continente europeo y del cual ya está en su fase de declive. El brote inicia el pasado **8 de marzo** con **104 infectados** Y es de intensidad similar a la de China en donde al

**4to día hay 1009 infectados confirmados** s y una **Ro =4.02** Como se observa en la **Figura 6**, Austria, desde la primera semana, implementa medidas de corte severo con el aislamiento de sus habitantes en todo el país y también al inicio de la segunda semana con el cierre de sus centros laborales. El pico máximo de su brote se alcanza en la 4ta semana y empiezan a relajar las medidas a partir de la 5ta semana.

En la **Figura 7** se observa la evolución del brote con los diferentes R(t). Hay que resaltar que Austria es de los países con un sistema de salud más sólidos de Europa —cuenta con 620 camas hospitalarias por cada 100, 000 habitantes—. De tal forma que el R(t) al cabo de la tercera semana decrece a tal nivel que el país puede proveer del servicio hospitalario a la población que así lo requiera. Sin embargo, dada la alta transmisión del virus, las medidas de control se empiezan a relajar hasta la fase de declive del brote como se muestra en la **Figura 6**. **Balance:** es muy positivo en este país, las medidas fueron muy oportunas y efectivas sin necesidad de utilizar medidas coercitivas en la población ni comenzar con gran antelación la campaña informativa. Las autoridades emitieron una lista de lineamientos los cuales la gente obedeció de forma muy efectiva. La estrategia estuvo respaldada por un sistema de salud muy robusto al cual los habitantes tienen acceso de manera muy directa y eficiente y saben cómo conducirse ante un padecimiento. La letalidad registrada en este país es de 4.0%.



Alemania es otro caso interesante pues su estrategia fue exitosa. El pico máximo de su brote se alcanza en la **5ta semana**.

Ellos siguieron una estrategia en donde hubo y hay una amplia implementación de pruebas y de detección temprana de casos de Covid-19 que mantienen en aislamiento. Alemania inicia su brote el **1 de marzo** con **111 infectados** y el brote es de tal intensidad que al **cuarto día supera los 1329** registros de casos confirmados acumulados y una  **$R_0 = 4.17$**

La estrategia seguida por el gobierno alemán está respaldada por un sistema de salud fortalecido, cabe destacar que Alemania cuenta con un sistema de salud de los mas fuertes en Europa, cuenta con 830 camas de hospital, 1379 enfermeros y 491 doctores, por cada 100, 000 habitantes. Además su estrategia está siendo dirigida por un equipo técnico médico y científico. Alemania aplica medidas severas de aislamiento a toda su población y cierre de sus centros laborales no esenciales en la tercera semana de inicio del brote. Lo que observamos en la **Figura 8** es que desde la quinta semana Alemania ya muestra capacidad hospitalaria suficiente para hacer frente a la crisis sanitaria. Algo fundamental en la estrategia Alemania es que no ha paralizado su país en varios de los sectores más estratégicos y el aislamiento permite el desplazamiento de los individuos no acompañados para realizar ejercicio, paseos, compras entre otros.

**Balance:** Aunque el brote es de larga duración, las medidas han sido oportunas y la población las ha seguido efectivamente, el saldo en la letalidad de Covid-19 en este país es de 4.64% hasta el día 2 de mayo lo cual refleja un caso exitoso en Europa.

## Infectados activos acumulados en el brote COVID-19 en Austria

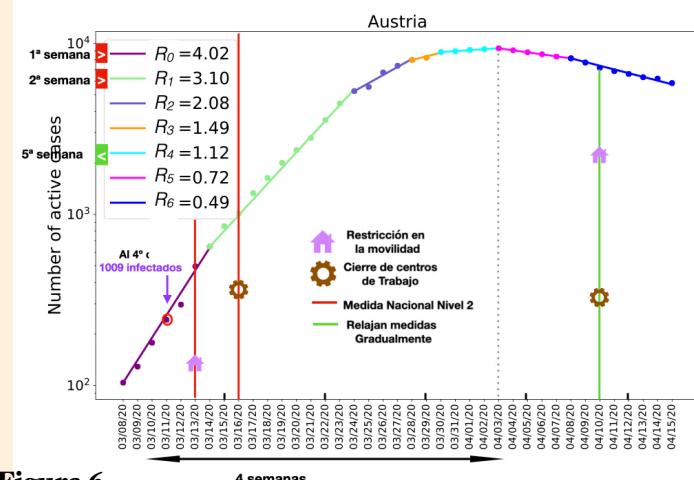


Figura 6

## Evolución del brote con el modelo SIR considerando los distintos $R(t)$ 🇦🇹

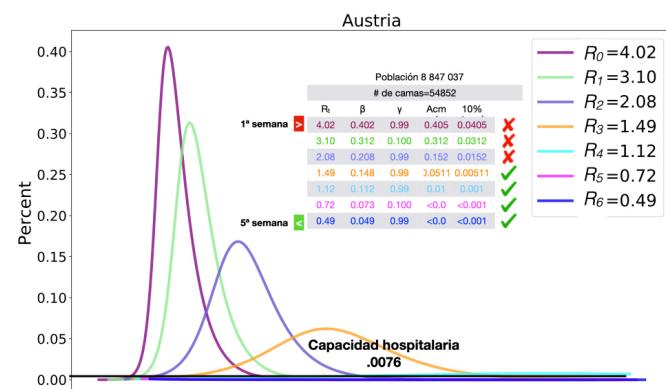


Figura 7

## Infectados activos acumulados en el brote COVID-19 en Alemania

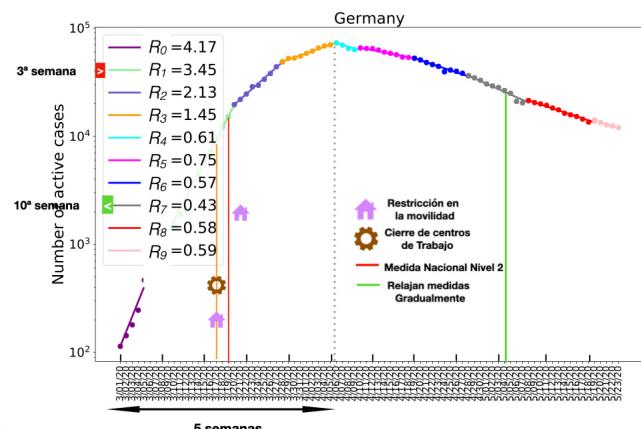


Figura 8



A continuación analizaremos las crisis más profundas que a la fecha continúan su curso en este continente.

Italia es el primer país europeo en presentar un brote de COVID-19 el **24 de febrero** con **132 infectados confirmados** y de la misma intensidad que los países anteriores, registrando **1077 infectados confirmados al 6to día** y una  **$R_0=4.17$** . El brote en Italia alcanza su máximo en la **8va semana**.

Lo que vemos en la **Figura 10** es que Italia no implementa medidas de orden severo a nivel nacional sino hasta la tercera semana y ninguna de ellas es instrumentada de forma efectiva por el gobierno y sociedad entonces eso se traduce en que el sistema de salud se colapsa durante el crecimiento acelerado del brote pues como podemos observar en la **Figura 10** es hasta la séptima semana el  $R(t)$  decrece lo suficiente para describir una curva epidémica en la cual su sistema de salud podría hacer frente para atender los casos que requerían hospitalización, esto ocurre después de haber transitado por varias semanas con un alto número de contagios. **Balance:** el brote inicia la fase de declive y con ello el relajamiento de las medidas de control hasta el final de la 10ma semana, el brote es el más largo registrado hasta el momento en Europa con 13 semanas al día de hoy. Las medidas no fueron oportunas no se aplicaron de forma efectiva por gobierno y sociedad y su sistema de salud colapsó desde la 4ta semana en la región del epicentro. El país no diseñó una estrategia y el sistema de salud se vio desbordado lo que se tradujo en una letalidad muy alta, 14.30%.



El siguiente caso crítico es España el cual inicia el brote el **3 de marzo** con **114 infectados confirmados** y es de la misma intensidad que los

los países anteriores, registrando **1045 infectados al 6to día** y un  **$R_0=3.90$** . En España es hasta la segunda semana del brote que se aplican medidas de corte severo cuya implementación no fue efectiva. En la **Figura 13** se muestra que es hasta la séptima semana que se infiere un  $R(t)$  que describe un escenario en el cual el sistema de salud muestra suficiencia hospitalaria. Sin embargo, para ese entonces el sistema de salud ya se encontraba saturado en ciertas regiones del país debido al crecimiento acelerado de la epidemia en las semanas previas. El pico máximo de la epidemia se alcanza hasta la **décima semana**, su sistema de salud ha resultado muy afectado en varias regiones del país no obstante lo anterior, el gobierno por presiones económicas decide desde la 8va semana empezar a relajar ciertas medidas de control —de esta manera millones de trabajadores acuden diariamente a sus centros de trabajo sin las condiciones y recomendaciones de cuidado adecuadas para prevenir mayores contagios en esta fase de la epidemia— lo que provoca un repunte de  $R$  en la décima segunda semana.

## Evolución del brote con el modelo SIR considerando los distintos $R(t)$ 🇩🇪

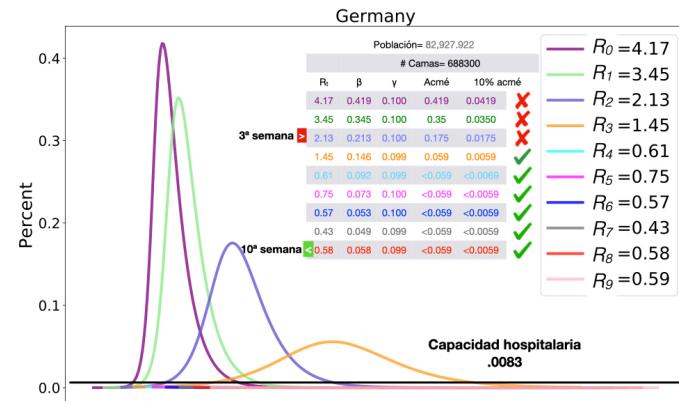


Figura 9

## Infectados activos acumulados en el brote COVID-19 en Italia

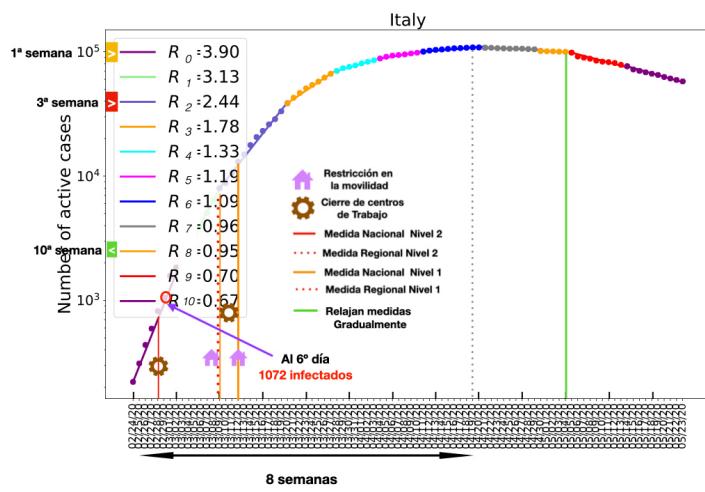


Figura 10

## Evolución del brote con el modelo SIR considerando los distintos $R(t)$ 🇮🇹

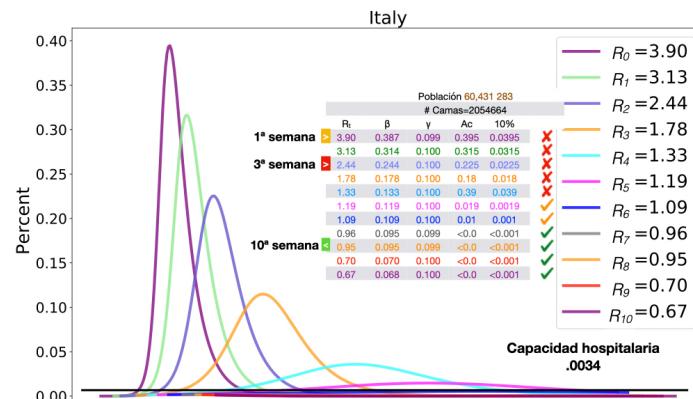


Figura 11

**Balance:** El país no diseñó una estrategia, las medidas no fueron oportunas ni se aplicaron uniformemente de forma efectiva por la sociedad. Su sistema de salud ha resultado muy afectado en varias regiones del país lo que se tradujo en el registro de una letalidad, de 11.39%. Este ha sido un brote de larga duración en donde la sociedad deberá vivir los riesgos de continuar con su vida laborar en un estado en donde la crisis sanitaria aun no está bajo control en la la décima segunda semana semana del brote, y en donde el R ha repuntado luego del relajamiento de medidas.



El caso de Francia es singular ya que a pesar de ser un país con un sistema de salud sólido y de los más consolidados en

Europa mostraron deficiencias en la gestión de esta crisis que lo han colocaen en una situación crítica. El brote en Francia inicia desde el **29 de febrero** con **100 infectados confirmados** y de intensidad considerable de tal forma que registra **1045 infectados al 6to día y  $R_0=4.057$** . El pico máximo de su brote se alcanza en la **4ta semana**.

Hubo un gran retraso en la ejecución de un plan estratégico para hacer frente a esta epidemia y como podemos observar en la **Figura 11** sólo es hasta finales de la segunda e inicio de la tercera semana que se implementan medidas de orden severo a nivel regional y nacional como son la cuarentena y cierre de centros laborales y que incluso han tenido que ser reforzadas con la aplicación de controles coercitivos. Vemos en **Figura 15** que si bien desde la 5ta semana la capacidad en teoría es suficiente para garantizar la atención a todos los habitantes que así lo requieren esta se ve mermada porque no se mitigó el brote en la región del epicentro, noreste de Francia, saturando su sistema de salud local desde semanas previas. El gobierno Francés intentó desahogar los casos a otras regiones lo cual agravó la delicada situación y el costo en vidas es muy grande.

**Balance:** El gobierno no diseñó una estrategia para hacer frente a esta epidemia, las medidas de control no se aplicaron oportunamente sin embargo, sí fueron instrumentadas efectivamente con ayuda de todo el andamiaje institucional francés. Ante el embate de una epidemia de este calibre (alta transmisión del virus y cuadros clínicos complicados), un sistema de salud de punta no es suficiente para combatir un brote de esta naturaleza que sin medidas de control oportunas puede evolucionar rápidamente a un escenario en donde la capacidad hospitalaria de regiones en el país sea insuficiente y la letalidad incremente. La letalidad en Francia es de 14.01% y la sociedad y sistema de salud continúan afrontando la crisis del Covid-19 además de seguir una de las cuarentenas más severas en Europa.

## Infectados activos acumulados en el brote COVID-19 en España

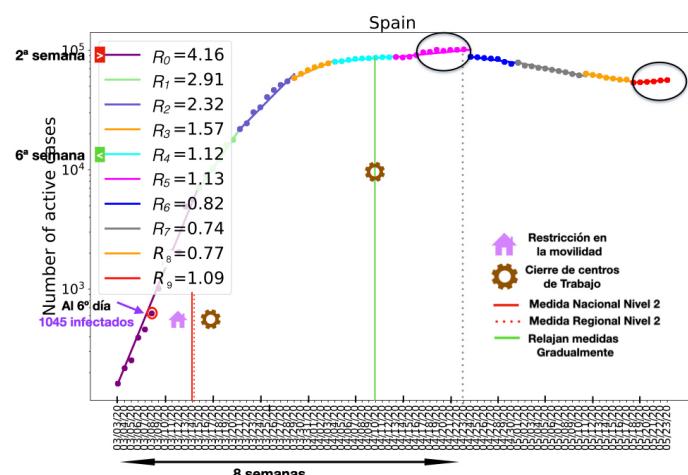


Figura 12

## Evolución del brote con el modelo SIR considerando los distintos $R(t)$

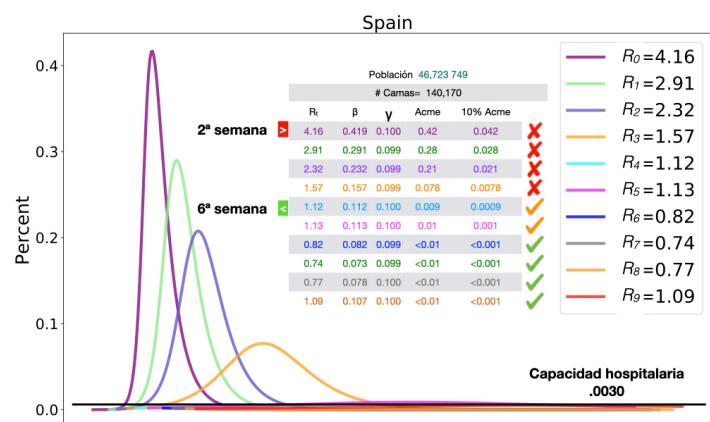


Figura 13

## Infectados activos acumulados en el brote COVID-19 en Francia

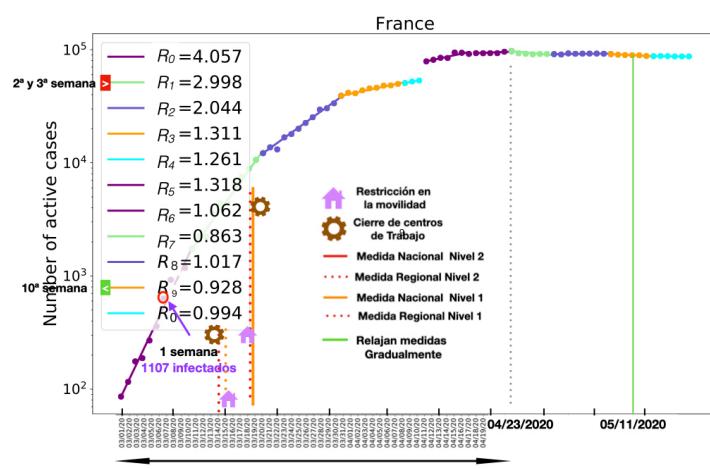


Figura 14



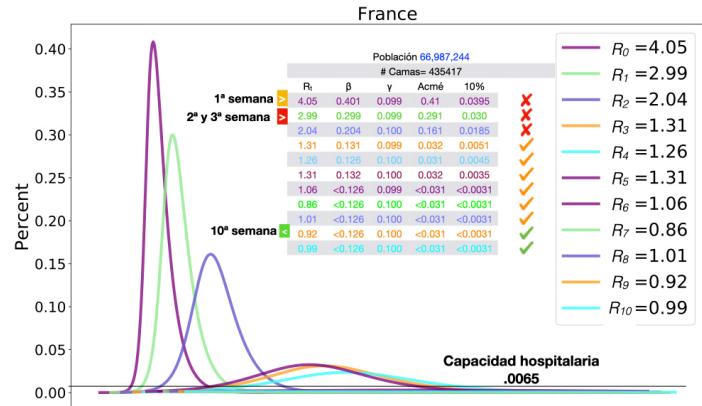
Portugal es otro país europeo que diseñó una estrategia que logró con éxito la mitigación del brote. El pico máximo de su brote se alcanza en la **novena semana**.

La sociedad portuguesa inició desde el pasado el 18 de mayo con la relajación de las medidas de control en el país. El brote en Portugal inició el **13 de marzo** con **109 infectados confirmados** sin embargo desde el mes de febrero Portugal integró un equipo de científicos encargados de hacer una predicción del brote en el país y poder emitir recomendaciones oportunas para su mitigación. Como se observa en la **Figura 16**, Portugal, desde la primera semana, implementa medidas de corte severo a nivel regional con el aislamiento de sus habitantes y el cierre de sus centros laborales. Todo ello sin detener la totalidad de la actividad económica en el país. Algunas de estas medidas incluyeron: 1) implementación de un plan de horarios alternados para los trabajadores del sector industrial; 2) medidas de control en cafeterías y áreas comunes; 3) se resolvieron problemáticas internas (huelgas) en el servicio alimentario para evitar así el desabastecimiento de la comunidad; 3) se permitió que la venta ambulante continuara en aquellos lugares donde el trabajo es esencial para la adquisición de alimentos pero bajo estrictas medidas sanitarias; 4) se establecieron medidas de apoyo económico al sector artístico y cultural; 5) se otorgaron financiamientos económicos a las micro-empresas del sector turístico, a condición de asegurar los empleos de sus trabajadores.

La epidemia llegó el día 15 de mayo a su punto más álgido (esto es en la novena semana del inicio de su brote) sin presentar la saturación de su sistema de salud. No se superó la ocupación del 50% de sus Unidades de Cuidados Intensivos y se registró el 85% de los infectados confirmados con recuperación en casa.

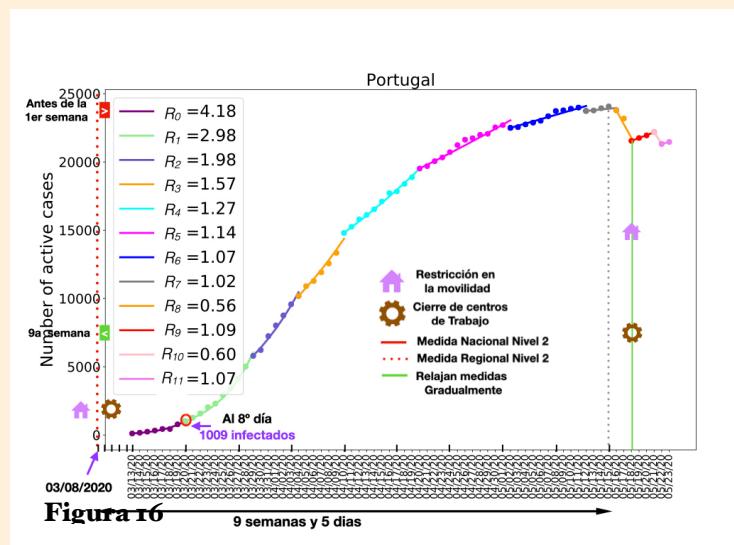
**Balance:** Portugal es un claro ejemplo de que pese a las limitaciones del sector salud y los problemas derivados de años de recesión económica, el actuar oportuno del gobierno y la respuesta solidaria de la sociedad son un factor decisivo para la mitigación del brote epidémico. La tasa de letalidad del COVID-19 en el país es de 4.3% muy por debajo de países como Reino Unido, España, Italia, Francia, Bélgica entre otros y tan sólo .3 % por encima de países como Austria.

## Evolución del brote con el modelo SIR considerando los distintos $R(t)$

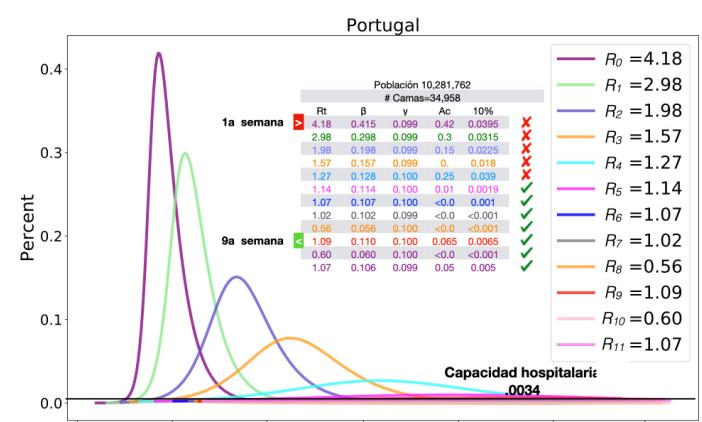


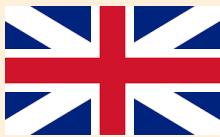
**Figura 15**

## Evolución del brote con el modelo SIR considerando los distintos $R(t)$



## Infectados activos acumulados en el brote COVID-19 en Alemania





Finalmente, otro país europeo que no deja de sorprender por su deficiente papel frente a la contingencia COVID-19 es el Reino Unido, el cual hoy por hoy presenta el mayor

número de defunciones dentro de Europa. La cronología de la infección en Reino Unido comienza el **6 de marzo** cuando se registran **113 infectados confirmados**. **Siete días después, los infectados confirmados ya eran 1001** lo que dio, dentro de nuestras estimaciones, un  **$R_0=3.26$** . Cabe recordar que todo esto sucede en un país que es una de las economías más grandes de la región, pero que, contra toda expectativa, invierte poco y mal en salud: sus parámetros en cuanto a su capacidad e infraestructura hospitalaria, acceso a los servicios de salud, número de trabajadores de la salud y gasto de gobierno en salud per capita son de los más bajos en la región europea, incluso por debajo de países como España e Italia que han sufrido los embates de la reducción de gasto en ese sector en la última década. De esta forma, el Reino Unido representa uno de los más claros ejemplos de haber mostrado un desdén hacia el brote epidémico del Covid-19, incluso dentro de las primeras 2 semanas del brote. Las medidas de corte severo fueron anunciadas hasta la tercera semana y aunque es preciso reconocer que una vez que se anunciaron su instrumentación fue muy efectiva, y cabe destacar que el indicador de movilidad en todos los medios de transportes en el país decayó un 80% de su curso cotidiano de un día para el otro, sin embargo, el hecho de haberlas implementado tarde y ante la ausencia de estrategia los coloca en un panorama difícil. Por último, en el lado económico el Reino Unido muestra elementos positivos: tanto en su capacidad productiva como la del sistema bancario, que no tiene parangón en la región. Así mismo, la puesta en marcha de medidas monetarias y fiscales no ortodoxas que ha puesto en práctica el gobierno junto con el Banco de Inglaterra para dar soporte a toda la población y empresas durante todo el periodo que dure la cuarentena, constituye todo un modelo de eficiencia y oportunidad y, paradójicamente, muestran que en este terreno no hay deficiencias sino que su problema es la ausencia de sentido social y humanista en sus políticas, quizás un problema que no es exclusivo de este país sino en la mayor parte del mundo donde las decisiones están gobernadas por criterios de rentabilidad en detrimento de lo social y la solidaridad humana. Quizás sea la mayor lección de esta pandemia. **Balance:** El caso del Reino Unido, con 31,316 defunciones registradas al día 9 de mayo, y una letalidad de 14.01%, es uno de los más dramáticos del mundo (después de Estados Unidos). No hubo una estrategia y las medidas de control no fueron implementadas oportunamente. La R ha decrecido, sin embargo, la evolución del brote a la séptima semana de la cuarentena aún no se enmarca dentro de un escenario en el que su sistema de salud sea suficiente para brindar la atención necesaria. El país se encuentra prácticamente paralizado en todos sus sectores económicos y sociales desde el pasado 23 de marzo.

## Infectados activos acumulados en el brote COVID-19 en Reino Unido

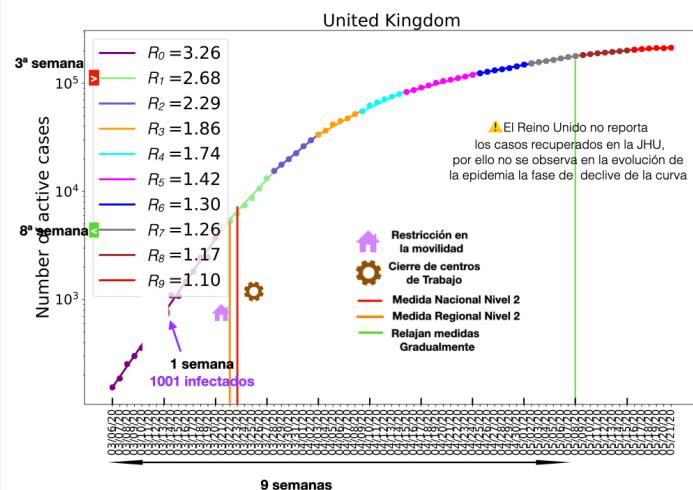


Figura 18

## Evolución del brote con el modelo SIR considerando los distintos $\beta$ 🇬🇧

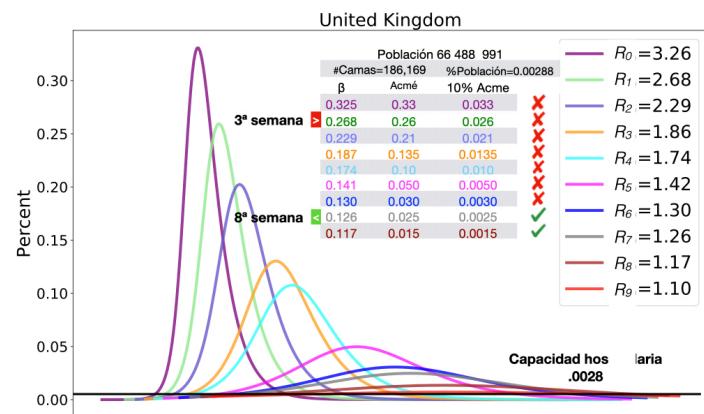


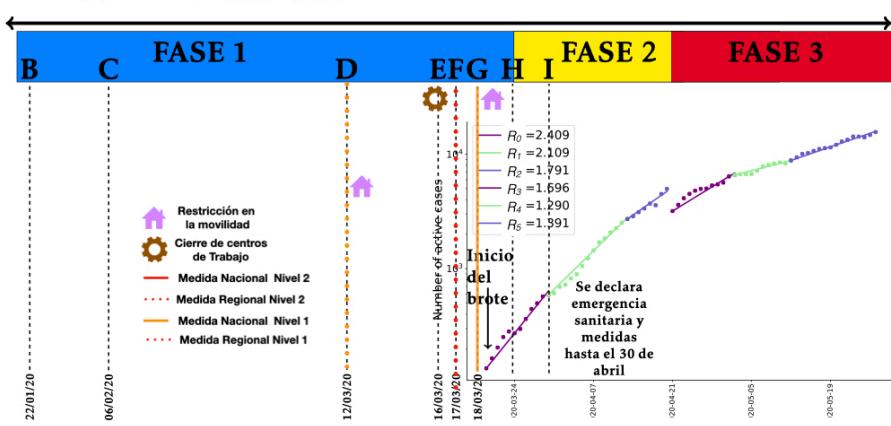
Figura 19



Con todo este concierto internacional de brotes COVID-19 podemos introducir el caso mexicano y entender en su justa dimensión que es un caso interesante y que hasta el momento puede ser considerado bien encaminado, lo cual no significa que si se relajan las medidas de manera inapropiada, no podamos caer en una situación igual o más crítica que muchos países europeos descritos en otras infografías pues no debemos olvidar que México debe hacer frente a esta crisis—**con un sistema de salud deficiente y precario** que no puede brindar atención oportuna a toda la población incluso en condiciones normales y de acuerdo a cifras más actualizadas del INEGI **53 millones de habitantes viven en situación de pobreza, 9 millones en pobreza extrema**, y más **de 31 millones de personas que se encuentran en el trabajo informal**.

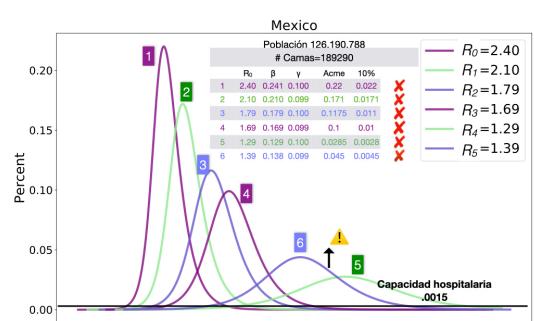
Bajo esta realidad mexicana, la estrategia estuvo enfocada en la prevención para limitar el mayor número de contagios en la fase inicial de la epidemia. Se implementaron medidas previas al inicio del brote que incluyeron campañas de higiene y de distanciamiento físico, campañas con información para educar a la población sobre la transmisión, prevención y cuidados oportunos en las distintas fases de la epidemia. Lo anterior fue factible dado que el Covid-19 llega a Mexico después de que el virus ya ha transitado por más de dos meses en varios países del mundo y Mexico tuvo el tiempo de conformar un equipo calificado de médicos, epidemiólogos y científicos que diseñaron una estrategia para el país. En la **Figura 20** observamos que el brote en México inicia el **19 de marzo** con **118 infectados confirmados** podemos notar que el brote se presenta con menor intensidad que en todos los casos estudiados anteriormente, ello lo medimos pues el  $R_0$  que arroja la metodología al inicio del brote en el caso mexicano es de  **$R_0=2.409$**  el cual es mucho menor al  $R_0$  detectado en otros países (ver Infografías de España, Italia, Reino Unido, Alemania, Francia, Austria, Portugal, Brasil, Chile, Estados Unidos). Además, vemos que es **sólo después de 18 días** que México supera los 1000 infectados, **registrando 1043 infectados acumulados** al día 7 de abril. Todo lo anterior habla de un brote mitigado y ello puede explicarse por muchos factores pero es importante resaltar que México implementó medidas severas previas al inicio del brote lo cual no se había suscitado en ningún caso europeo. En la **Figura 21** se muestra una línea del tiempo sobre las medidas implementadas en el país y se ve que la **campaña de información y educación preventiva sobre el COVID-19 instaurada por la SSa y el Gobierno de México empezó desde el 22 de enero y se ha mantenido de alto impacto desde entonces**. La estrategia de Contingencia Covid-19 en el país contempla 3 fases y en cada una de ellas se han determinado medidas de control las cuales han permitido que el  $R_0$  se haya reducido de  **$R_0=2.409$**  al inicio y bajo hasta  **$R_0=1.391$**  y la capacidad que tiene el sistema de salud mexicano para brindar atención en esta fase del brote resulta insuficiente, no obstante la extensión de la misma con apoyo de la Sedena, la Secretaría de Marina y el rescate de hospitales abandonados en sexenios anteriores. De hecho, la capacidad hospitalaria, de acuerdo al *The Global Health Security* registra un total de **150 camas de hospital, 264 enfermeros y 223 doctores por cada 100,000 habitantes**. **Balance:** las medidas se han implementado oportunamente y de acuerdo a una estrategia diseñada con antelación y adecuada a las condiciones críticas del país. Las medidas habían sido efectivas (relativo a las condiciones del país), la movilidad decayó un 60% desde la fase 2 en el área metropolitana la cual a la fecha se ha mantenido como el epicentro principal de la epidemia con el 60% de los casos del brote en el país. La gente en general está familiarizada y educada sobre cómo prevenir la transmisión del virus y llevar a cabo los cuidados pertinentes. Sin embargo, la pobreza y desigualdad en el país cada día juegan un papel en contra del éxito de esta estrategia y el pueblo mexicano lamentablemente debe pagar un alto costo social, económico, sicológico que se ha recrudecido durante la fase 3 de esta epidemia, los mexicanos tenemos que padecer las miserias de un Sistema de Salud insuficiente y precario y en donde los trabajadores de la salud se mantienen en primera línea de fuego en estas adversas condiciones.

## COVID-19 MÉXICO



Creación Propia: Científicos Mexicanos en el Extranjero @MexiCiencia <https://mexiciencia.github.io/> y ConCiencia Social: Laboratorio Científico, Social y de Políticas Públicas <https://concienciasocial.wixsite.com/misitio> Fuentes: 1. Modelling of the influenza A(H1N1)v outbreak in Mexico City, April-May 2009, with control sanitary measures. 2. Datos oficiales reportados por la SSA, México. Recolección y captura independiente a cargo del Mto. en Ciencias Efraín Vega 3. Oxford COVID-19 Government Response Tracker

**Figura 20** B. Campaña de Información e inicia FASE 1 C. Controles de Viajes Internacionales Nivel 3 D. Restricciones en la movilidad(Regional) Nivel 1 E. Cancelación de eventos públicos (Regional) Nivel 2 F. Cierre de Centros de Trabajo (Regional) Nivel 2 Cierre de escuelas (Regional) Nivel 2 G. Restricciones en la movilidad(Nacional) Nivel 1 Cierre de Centros de Trabajo (Nacional) Nivel 1 H. Inicia FASE 2 Jornada Nacional de Sana Distancia - Protección a adultos mayores - Suspensión de clases hasta el 19 de abril - Suspensión de eventos con más de 100 personas - Suspensión de actividades laborales que impliquen movilización de trabajadores en todos los sectores - Aplicación del Plan de Auxilio a la Población Civil en casos de Desastre (PLAN DN-III-E) de la Secretaría de la Defensa Nacional de México. I. La secretaría de Salud y Gobierno Federal declaran la emergencia sanitaria y la suspensión de actividades no esenciales hasta el 30 de abril. **Importante:** Los análisis fueron hechos con los datos reportados por la SSA. Notamos que entre los días 20 y 21 de abril hubo una actualización abrupta en el registro de pacientes recuperados.



**Figura 21**

Las gráficas ilustran por medio del modelo SIR( $\beta, \gamma$ ) las curvas de infectados para los distintos  $R_0 = \beta/\gamma$  y la mitigación o “aplanamiento” del brote COVID-19 en MÉXICO tras la aplicación de las medidas de arrojado por el análisis.