

# Proyecciones de la epidemia de COVID-19 para Guanajuato

Nana Cabo Bizet, Jonathan Hidalgo Nuñez, Gil Estefano Rodríguez Rivera.

*Laboratorio de Datos, Departamento de Física,  
División de Ciencias e Ingenierías,  
Universidad de Guanajuato.*

**23 de abril de 2021**

En el presente reporte se analizan datos de infectados, recuperados y fallecidos del estado de Guanajuato empleando un modelo SIR (Suceptibles, Infectados y Recuperados). Se considera una tasa de contagio variable ( $\beta$ ) y se ajusta con datos al **23.04.21**. Se evalúa la tasa de recuperación local ( $\gamma$ ). Se realizan estimados de infectados activos, acumulados, recuperados y fallecidos a una y tres semanas incluyendo rangos de error.

Hagamos algunas acotaciones:

- El 4 de abril del 2020 es el día 1 a partir del que comienza el conteo que aparece en las **gráficas de la 1 a la 6 y la 8**.
- El **número de infectados activos** en un día dado se calcula a partir de los datos reportados en el mismo día como el número de infectados acumulados menos los recuperados acumulados y los difuntos acumulados.
- La **incertidumbre superior** de cada valor predicho (infectados activos, recuperados acumulados y los difuntos acumulados) es la cota superior para ese valor menos el valor predicho.
- La **incertidumbre inferior** es el valor predicho menos la cota inferior.
- El **número de infectados acumulados predichos** se calcula como los infectados activos predichos más los recuperados acumulados predichos y los difuntos acumulados predichos.
- La **cota superior de la predicción de infectados acumulados** se calcula como los infectados acumulados más la suma de las incertidumbres superiores de infectados activos, recuperados acumulados y difuntos acumulados.
- La **cota inferior de la predicción de infectados acumulados** son los infectados acumulados menos la suma de las incertidumbres inferiores de infectados activos, recuperados acumulados y difuntos acumulados.
- El número de difuntos fue ajustado linealmente en función de los recuperados (tanto en la proyección a 7 y a 21 días).
- En la **sección I** se reportan las proyecciones a 7 días. En la **sección II** se reportan las proyecciones a 21 días. En la **sección III** se reporta la tasa de recuperación  $\gamma$ , la tasa de contagio  $\beta$ , así como el ajuste de fallecidos contra recuperados.

## I. PREDICCIONES PARA 7 DÍAS.

Tanto en esta sección como en la siguiente, la **línea punteada de color verde** indica el día a partir del cual se predicen valores, en este caso, el 23 de abril del 2021. Así mismo, la **curva azul** es la curva que siguen los valores predichos mientras que la **región sombreada de azul** es la zona donde se pueden encontrar los valores reportados en los días que se predicen. Además, la **región lila** en las gráficas de los difuntos acumulados son las posibles curvas de predicción, esto se debe a que la predicción de los difuntos se hace a partir de suponer que es una función lineal de los recuperados acumulados, ese ajuste conlleva errores, mismos que llevan a que la curva azul no necesariamente se siga directamente del último punto rojo.

El número de **infectados activos** predichos para dentro de 7 días, al 30.04.21, es de **1,605** (con una *cota superior* de 2,343 y una *cota inferior* de 1,140).

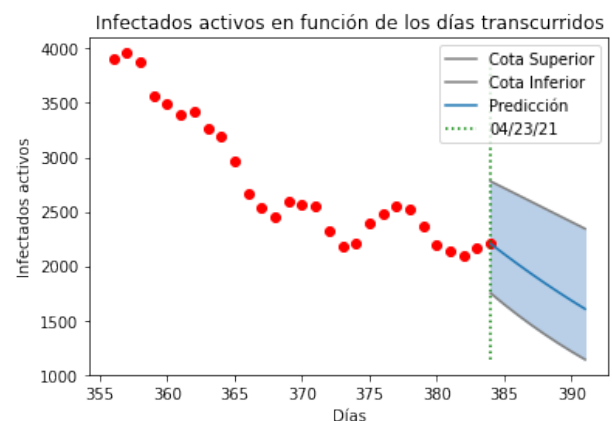


Figura 1. En los puntos rojos se muestran los casos infectados activos calculados, día a día, desde el 24 de marzo del 2021 hasta el 23 de abril del 2021. En la región azul se encuentran los valores predichos en los siguientes siete días.

Para el número de **recuperados acumulados**, dentro de 7 días, al 30.04.21, se tiene una predicción de **119,405** (con una *cota superior* de 120,696 y una *cota inferior* de 118,253).

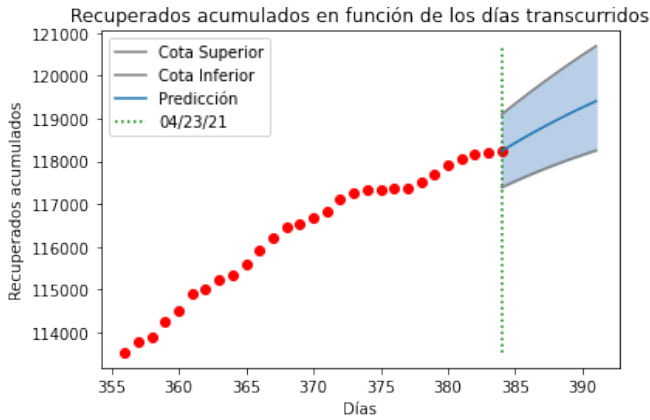


Figura 2. En los puntos rojos se muestran los casos recuperados acumulados reportados desde el 24 de marzo del 2021 hasta el 23 de abril del 2021. En la región azul se encuentran los valores predichos para los siguientes siete días.

Para el número de **difuntos acumulados**, se tiene una predicción al 30.04.201 de **10,929** (con una *cota superior* de 11,105 y una *cota inferior* de 10,767).

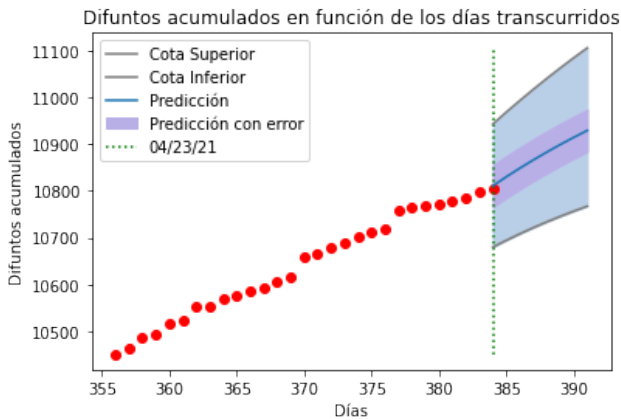
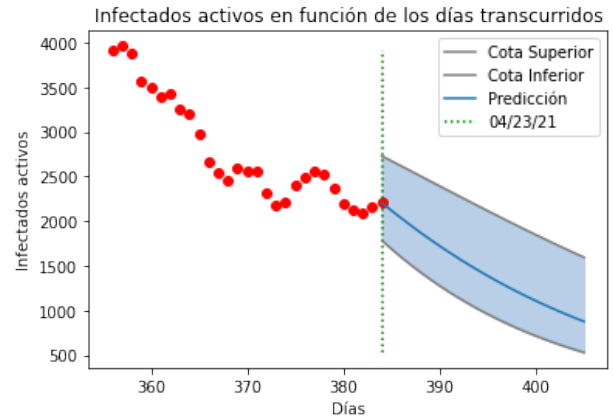


Figura 3. En los puntos rojos se muestran el número de difuntos acumulados reportados desde el 24 de marzo del 2021 hasta el 23 de abril del 2021. En la región azul se encuentran los valores predichos para los siguientes siete días.

Para el número de **infectados acumulados**, se tiene una predicción al 30.04.201 de **131,940** (con una *cota superior* de 134,146 y una *cota inferior* de 130,161).

## II. PREDICCIONES PARA 21 DÍAS.

La predicción del número de **infectados activos** para dentro de 21 días, al 14.05.21, es de **876** (con una *cota superior* de 1,594 y una *cota inferior* de 529).



0

Figura 4. En los puntos rojos se muestran los casos infectados activos calculados, día a día, desde el 24 de marzo del 2021 hasta el 23 de abril del 2021. En la región azul se encuentran los valores predichos para los siguientes veintidós días.

Para los **recuperados acumulados**, para dentro de 21 días, al 14.05.21, se tiene una predicción de **120,968** (con una *cota superior* de 122,464 y una *cota inferior* de 119,394).

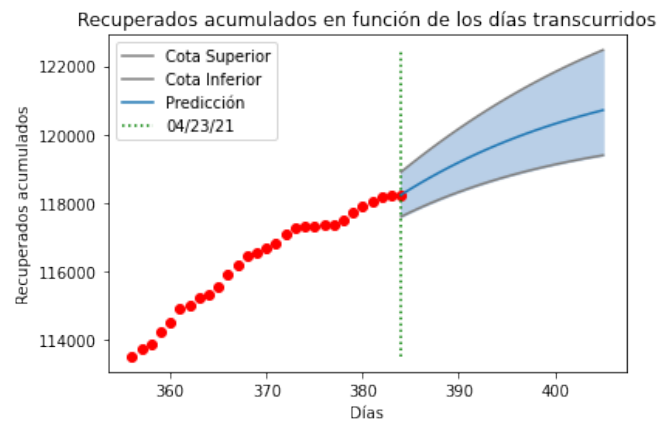


Figura 5. En los puntos rojos se muestran los casos recuperados acumulados reportados desde el 24 de marzo del 2021 hasta el 23 de abril del 2021. En la región azul se encuentran los valores predichos para los siguientes veintidós días.

Para los **difuntos acumulados**, se tiene una predicción a 21 días, al 14.05.21, de **11,061** (con una *cota superior* de 11,285 y una *cota inferior* de 10,882).

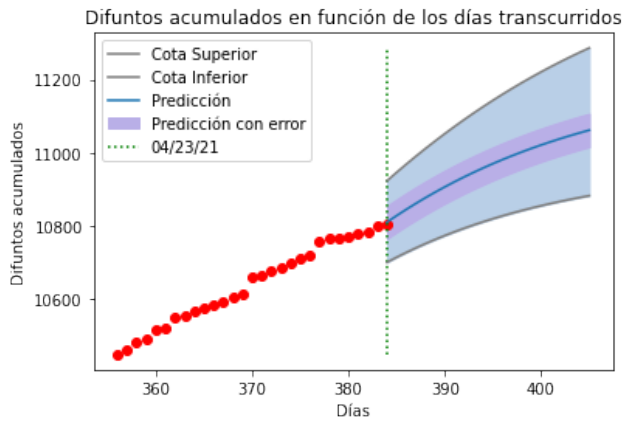


Figura 6. En los puntos rojos se muestran el número de difuntos acumulados reportados desde el 24 de marzo del 2021 hasta el 23 de abril del 2021. En la región azul se encuentran los valores predichos para los siguientes veintidós días.

Para el número de **infectados acumulados**, se tiene una predicción al 14.05.2021 de **132,647** (con una *cota superior* de 135,344 y una *cota inferior* de 130,807).

### III. LA TASA DE TRANSMISIÓN ( $\beta$ ), LA TASA DE RECUPERACIÓN ( $\gamma$ ) Y EL AJUSTE DE LOS DIFUNTOS.

En las tres gráficas siguientes, los **puntos azules** son los datos usados, la **recta roja** es el ajuste de interés en cada caso, la **región azul** sombreada es el intervalo de confianza del 95 % del modelo y las **curvas grises** en torno al modelo y el intervalo de confianza contienen al intervalo de predicción del 95 %.

La **tasa de recuperación** dada en unidades de  $[\gamma] = 1/\text{días}$ , se estima para los últimos 150 días mediante un ajuste lineal como se muestra en la **figura 7**. Esta tasa es la pendiente de la recta,  $\gamma = (7.7 \pm 0.3) \times 10^{-2}$ .

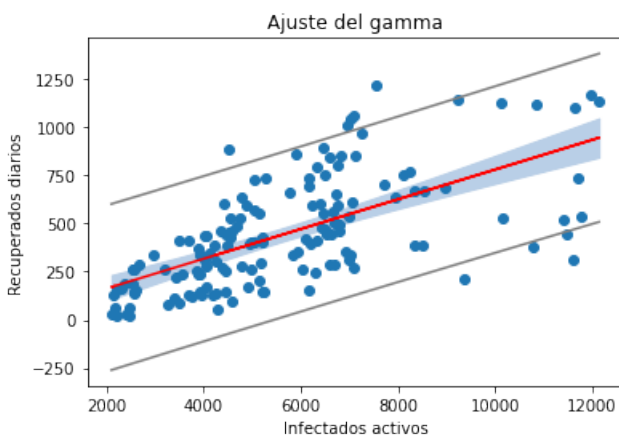


Figura 7. El ajuste lineal entre los infectados activos al día contra los nuevos casos recuperados. La pendiente de este ajuste es la tasa de recuperación (calculada con la información de los últimos 150 días).

La **tasa de transmisión** dada en unidades de  $[\beta] = 1/(\text{días} \times \text{personas})$ , se estima de los últimos 30 días se ajusta a una exponencial con los siguientes parámetros:

$$\beta = e^{(-0,0090 \pm 0,0005)t + 0,5 \pm 0,2}.$$

Su ajuste en función del día se muestra en la **figura 8**. Note que esta tasa se construye, día por día, como la suma de  $\gamma$  con el cociente la cantidad de infecciones nuevas entre las infecciones activas ese día.

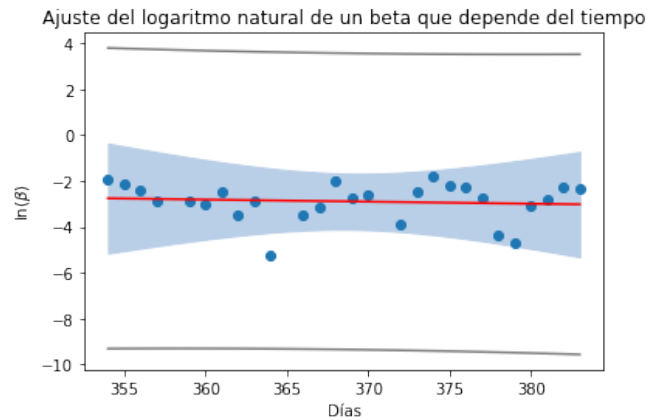


Figura 8. El ajuste lineal entre el valor del logaritmo de la tasa de transmisión contra el día en el que se obtiene tal valor. El exponencial de este ajuste es la expresión que se busca de la tasa de transmisión como función del tiempo.

El **ajuste de los difuntos en función de los recuperados** de los últimos 222 días se muestra en la **figura 9**. Los parámetros se presentan a continuación.

$$D = (0,1016 \pm 0,0002)R - 1200 \pm 20$$

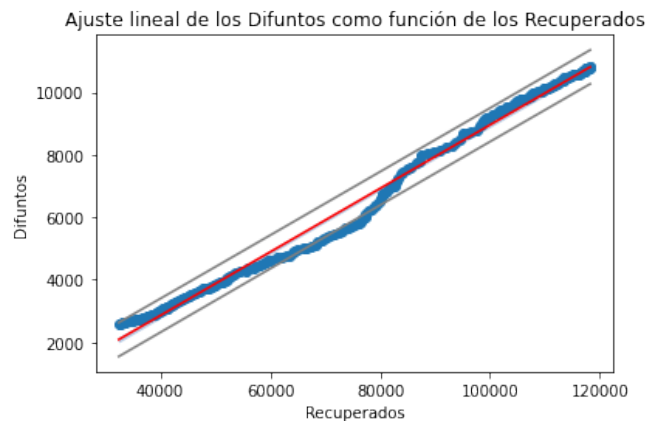


Figura 9. El ajuste lineal entre el número de recuperados acumulados y los difuntos acumulados (calculado con la información de los últimos 222 días).

## IV. CONCLUSIONES

Los datos actualizados de la epidemia en el estado de Guanajuato, analizados con la suposición de un modelo SIR muestran una tendencia a la disminución de casos activos, sin embargo se proyecta que seguirán en el orden de los miles en las próximas semanas. Esperamos que estas estimaciones sirvan como guía para el análisis de la situación actual. Este reporte es un estudio matemático, y sus proyecciones son responsabilidad única de los autores.

## V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Servicio Social de la Universidad de Guanajuato, que nos permitió realizar el proyecto "Modelación matemática de la epidemia del COVID-19" del cual este reporte es parte, agradecemos a Gabriel Amézquita, Oscar Esaul Cervantes, Juan Carlos Godínez e Iván Yebra por su colaboración en dicho proyecto. Agradecemos a los investigadores: Argelia Bernal, Juan Barranco, Alejandro Cabo, Alma González, Damián Mayorga, Gustavo Niz y Luis Ureña por útiles discusiones en esta temática. Agradecemos al Laboratorio de Datos de la DCI, UG, el apoyo de la CIIC DAIP 2021, UG, y al proyecto CONACyT A1-S-37752.