



**Reporte**



# **Modelo teórico para estimar la fase de incremento del número de casos de COVID-19 en México**

**Autor:** Sala de Situación en Salud de la Universidad de Guadalajara ante la Pandemia por COVID-19.

El presente reporte muestra paso a paso la metodología utilizada para estimar dos posibles escenarios de infección por COVID-19 a los que se puede enfrentar México, uno crítico y uno optimista.

## 1. Objetivos

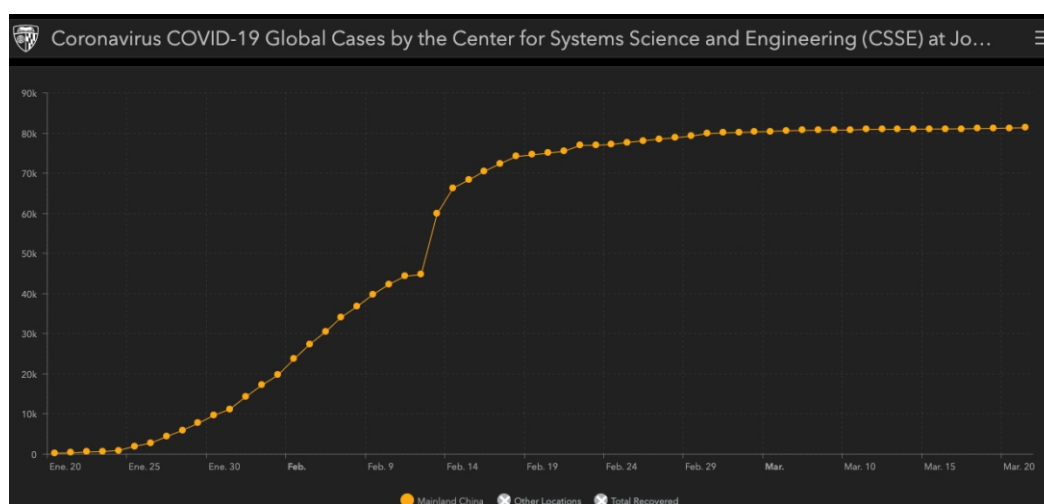
- 1- Mostrar la ecuación identificada para el modelo que estima la fase de incremento del número de casos de COVID-19 en México
- 2- Presentar el modelo utilizado para estimar los posibles escenarios de infección por COVID-19 en México

## 2. Métodos

Se realizó un modelaje bioinformático basado en información de casos.

### 2.1. Obtención de datos e identificación de la ecuación

Para identificar una ecuación que estime la fase de incremento de casos de COVID-19 en México, se colectaron los datos de aparición de casos en China en el periodo comprendido del 20 de enero al 20 de marzo de 2020. Este periodo, incluido en la Figura 1, se seleccionó debido a que representa la fase de incremento en el número de casos en China antes de llegar a la fase de meseta en esta población (Coronavirus COVID-19 Global Cases by the Center for Systems Science and Engineering -CSSE- at Johns Hopkins Coronavirus Resource Center) <https://bit.ly/3bfKkBJ>



**Figura 1. Distribución del periodo de infección por COVID-19 en China.** Se muestra la fase de incremento del número de infecciones en China en el periodo del 20 de enero al 20 de marzo de 2020. La fecha del 2 de marzo indica el inicio del periodo de meseta.

Fuente: Coronavirus COVID-19 Global Cases by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins Coronavirus Resource Center.

## 2.2. Metodología

Para el objetivo 1, los casos por día en el periodo establecido fueron capturados en el programa estadístico *GraphPad Prims* versión 8.2.1(279) para realizar un análisis de regresión (curva de ajuste de datos con regresión no lineal). Esto permite identificar el modelo que proporciona el mejor ajuste a las curvas específicas del conjunto de datos analizados. Este análisis evaluó 6 funciones no lineales y mostró que el mejor modelo para evaluar los datos es el Gaussiano, representado por la ecuación:

$$y(t)=A*\exp(-0.5*((t-m)/S)^2)$$

Dónde la **y** representa el número de casos a través del tiempo; **t** es el tiempo; **A** es la amplitud de la curva; **m** es la media de tiempo en que tarda la ecuación en alcanzar su nivel máximo; y **S** es la desviación estándar.

Para el caso de China, los valores de modelaje de amplitud (A) fueron de 80,000, la Media (m) fue de 47 y la desviación estándar (S) de 0.027.

## 2.3. Modelos preliminares (corte al 28 de febrero de 2020)

Para desarrollar el modelo que estima la fase de incremento del número de casos de COVID-19 en México (objetivo 2), se utilizó la ecuación antes descrita, con los datos reportados en México hasta el día 28 de febrero de 2020. Para ello, se construyeron dos modelos preliminares para mostrar un escenario crítico y uno optimista. El escenario crítico fue construido utilizando los casos iniciales detectados el 28 de febrero de 2020, una media (m) de 120, una desviación estándar (S) de 0.038 y un nivel máximo o amplitud (A) de 70,715 casos. Esta amplitud se consideró a partir del número total de casos de influenza A H1N1 reportados en México durante la pandemia del 2009 (hasta abril de 2010) <https://bit.ly/3acPRsP>.

El modelo optimista fue construido considerando un escenario de infección 8.75 veces más bajo que el modelo crítico, lo que equivale a un valor máximo o amplitud (A) de 8,000 casos. Para esto, se tomó la distribución de una dinámica de curva aplanada, considerando los casos iniciales de COVID-19 en México detectados al 28 de febrero de 2020, una media (m) de 75 y una desviación estándar (S) de 0.067.

## 2.4. Modelo actualizado (28 de febrero de 2020 al 18 de marzo de 2020)

Con base en el aumento de casos reportados a nivel nacional después del 28 de febrero de 2020 y para obtener un análisis más robusto, se actualizó la base de datos con los casos de COVID-19 reportados al 18 de marzo por la Secretaría de Salud (<https://www.gob.mx/salud#395>).

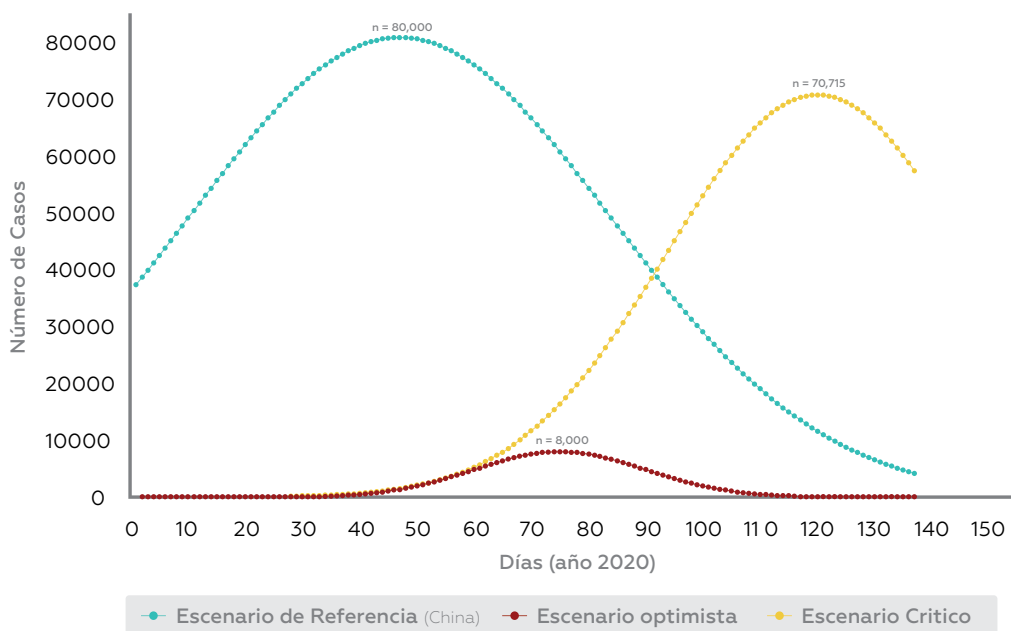
Los datos de amplitud (A), media (m) y desviación estándar (S) considerados para este periodo fueron de 260, 27 y 0.179, respectivamente. El nivel de correlación entre los casos predichos por este modelo y los observados (publicados por la Secretaría de Salud) (<https://bit.ly/3bkfR5M>) fueron calculados mediante el modelo de correlación de Pearson. Cabe considerar que este modelo es estimativo en el corto plazo, por lo que deberá ser actualizado conforme vaya evolucionando la pandemia.

## 3. Resultados

### 3.1 Resultado de modelos preliminares en México

La Figura 2 muestra los resultados estimados para México mediante un modelo crítico (amarillo) y un modelo optimista (rojo); el primero describe un comportamiento de pandemia larga, caracterizada por un inicio temprano y un crecimiento exponencial largo.

El segundo modelo describe una curva hipotética aplanada con un comienzo lento en la aparición de los casos. Cabe mencionar que estos modelos fueron diseñados empleando datos de los pocos casos reportados hasta el día 28 de febrero de 2020.



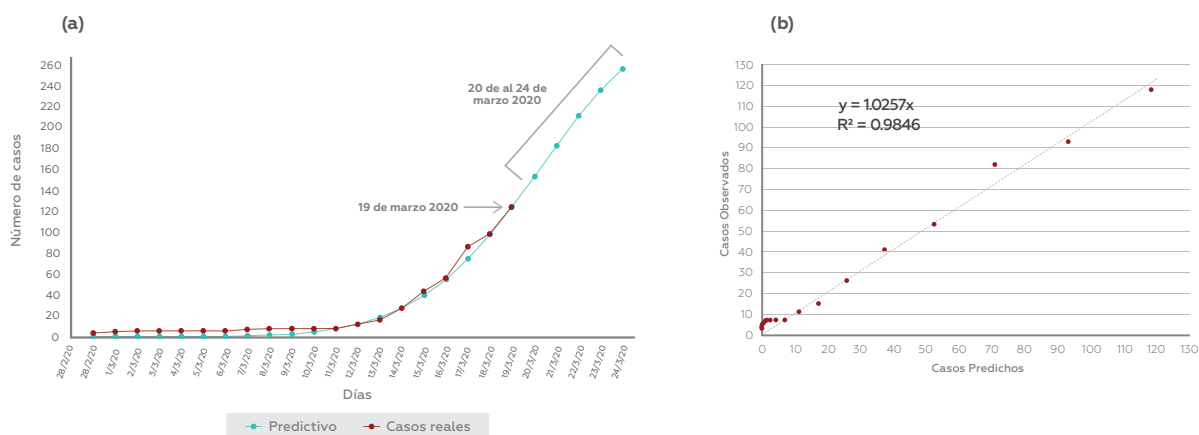
**Figura 2. Modelo predictivo crítico y optimista de la infección por COVID-19 en México**

La línea azul representa el comportamiento del número de casos por día de COVID-19 en China. La línea amarilla representa el comportamiento del número estimado de casos por día de COVID-19 en México bajo un escenario crítico. La línea roja representa el comportamiento del número estimado de casos por día de COVID-19 en México bajo un escenario optimista.

### 3.2 Resultados del modelo actualizado en México

(28 de febrero de 2020 al 18 de marzo de 2020)

Los casos nuevos en México permitieron actualizar el modelo de estimación, al que se denominó modelo actualizado (Figura 3a). Al 19 de marzo de 2020, este modelo presentaba un nivel de correlación del 98%,  $R^2 = 0.9846$ . Este modelo sugiere un incremento lento de la pandemia y estima el inicio de un crecimiento continuo en el número de casos del 19 de marzo de 2020 al 23 de marzo de 2020 (etapa crítica de crecimiento exponencial) (Figura 3b).



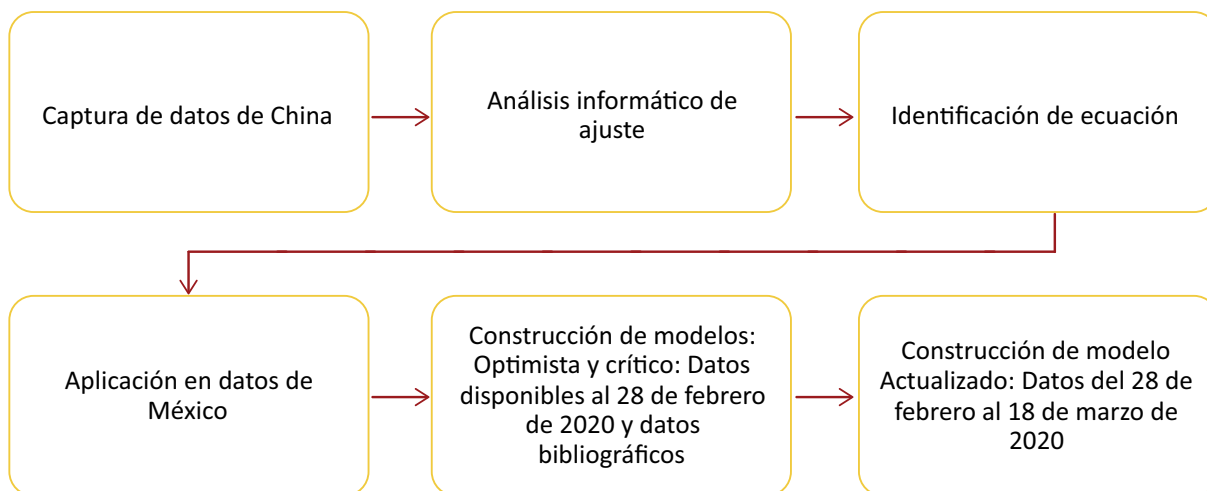
**Figura 3. Estimación del número de casos de COVID-19 en México (marzo de 2020).**

- a) Los puntos rojos representan los casos observados, reportados por la Secretaría de Salud y la línea azul representa el número de casos estimados con el modelo.
- b) Existe una alta correlación ( $R^2 = 0.9846$ ) entre los casos positivos de COVID-19 observados y los casos estimados (calculados con el modelo de estimación de la Universidad de Guadalajara).  $R^2$  = coeficiente de determinación.

## 4. Conclusiones

El modelo descrito permite realizar una proyección del posible comportamiento del número de casos de COVID-19 en México para tomar medidas pertinentes ante la identificación de etapas potenciales de incremento acelerado. Es importante destacar que al ser una pandemia nueva y con un comportamiento diferente a las anteriores, existen limitaciones como en todo modelo propuesto, tal como la escasez de parámetros de referencia para precisar los panoramas basados en la evidencia actual. Por ello, el análisis es perfectible y debe ser actualizado a medida que se disponga de nuevos datos.

## 5. Anexo



**Anexo 1. Diagrama de flujo de trabajo**