

Situación del Coronavirus (COVID-19) en Honduras.

JOSUÉ MOLINA

Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano

jmolina@zamorano.edu

Marzo 17, 2020

Abstract

En este artículo muestro el análisis matemático y algunos datos relevantes acerca del comportamiento del Covid-19, a nivel mundial y también a nivel de Honduras; estableciendo algunas predicciones para la cantidad de infectados esperados en los próximos días. Específicamente muestro que la pandemia, después de mostrar una reducción considerable, ha recrudecido en los últimos dos días y que, en Honduras la misma se encuentra en su etapa de crecimiento acelerado.

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los modelos epidemiológicos se basa en dividir a la población afectada en un pequeño número de grupos o componentes, cada uno conteniendo individuos idénticos en términos de su estatus con respecto a la epidemia en cuestión [1, 2]. El modelo más conocido para estudiar fenómenos de este tipo es el llamado Modelo SIR, el cual consta de tres componentes:

- Susceptibles (S): individuos que no poseen inmunidad al agente infeccioso, así que podrían infectarse si se expusieran.
- Infectados (I): individuos que están actualmente infectados y pueden transmitir la infección a individuos susceptibles que entren en contacto.
- Recuperados (R): individuos que son inmunes a la infección, han sido recuperados o han muerto a causa de la misma y consecuentemente no afectan la dinámica de la transmisión.

Para fines de rigor matemático se acostumbra denotar a estos grupos con las variables S, I, R, respectivamente. El tamaño total de la población bajo estudio sería entonces la suma de estos tres grupos: $N = S + I + R$.

Una vez que se ha especificado la cantidad total

de miembros de la población y se ha identificado cada uno de los grupos en ella, necesitamos un sistema de ecuaciones para especificar cómo cambia el tamaño de cada uno de los grupos a medida que pasa el tiempo. Si asumimos un valor de N suficientemente largo (como el caso de la población de un país), podemos tratar a S, I y R como variables continuas y por tanto expresar nuestro modelo por la manera en que ellas cambian en términos de un sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\frac{dS}{dT} = -\beta SI \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dT} = \beta SI - \gamma I \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dT} = \gamma I \quad (3)$$

En la versión final de este documento me extenderé al caso general de ese sistema de ecuaciones no lineales para tiempos (T) grandes.

Por ahora y específicamente para el caso de Honduras, en donde la epidemia comienza a notarse, asumiremos que la expresión (1) es prácticamente cero (comparando la población total con el número de infectados) y que la expresión (3) también es cero (puesto que aún no hay inmunes, recuperados ni muertos); así que nos queda únicamente la expresión (2), notando que el primer término de la derecha (βSI) es cero, quedándonos

únicamente

$$\frac{dI}{dT} = -\gamma I$$

Para mayor simplicidad, utilizaremos

$$-\gamma = \lambda$$

lo cual nos deja con la expresión

$$\frac{dI}{dT} = \lambda I$$

Haciendo separación de variables obtenemos

$$\frac{dI}{I} = \lambda dT$$

que es una expresión integrable entre la cantidad inicial de infectados I_0 en el tiempo T_0 y la cantidad final $I(T)$ para cualquier tiempo T

$$\int_{I_0}^{I(T)} \frac{dI}{I} = \lambda \int_{T_0}^T dT$$

misma que resulta en

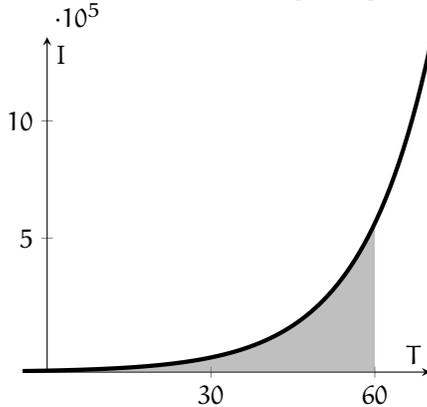
$$\ln \frac{I(T)}{I_0} = \lambda T$$

o lo que es lo mismo

$$I(T) = I_0 \cdot e^{\lambda T} \quad (4)$$

que representa la cantidad $I(T)$ de infectados, T días después de la primera cantidad observada.

Esta expresión es compatible con una curva exponencial como muestra la figura siguiente



Si tomamos la cantidad inicial de infectados (I_0 en T_0) y a esta cantidad le sumamos la cantidad de infectados en el día siguiente, y hacemos lo mismo en los días subsiguientes, observaremos un crecimiento exponencial cuyo comportamiento sigue el de la curva mencionada.

II. ANÁLISIS DE CASOS A NIVEL MUNDIAL

Del análisis de la serie temporal de infectados a nivel mundial podemos extraer información muy valiosa e interesante que luego utilizaremos para el estudio del caso hondureño.

Utilizando los datos proporcionados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) [3], grafiqué las cantidades reportadas a partir del día 22 de enero (día cero, con $I_0 = 858$) enumerando a partir de allí a los días siguientes (enero 23 = 1, enero 24 = 2, etc.), obteniendo la gráfica mostrada en la figura II, de la cual podemos obtener alguna información relevante:

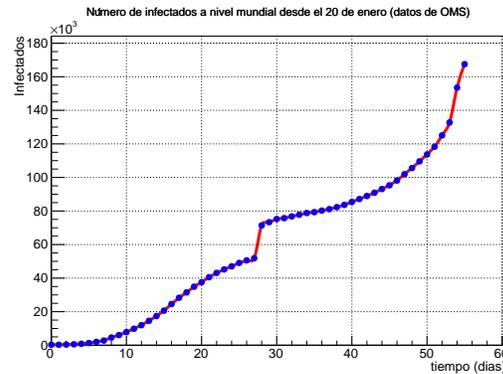


Figure 1: Gráfico de la serie temporal de infectados a nivel mundial.

- Desde el día 0 hasta aproximadamente el día 08 (enero 22 - febrero 02) se observa un crecimiento exponencial moderado (etapa de infección en China).
- A partir de entonces se comienza a experimentar un crecimiento leve hasta el día 27 (etapa de expansión y medidas drásticas en Wuhan).
- Luego tiene un crecimiento abrupto (el virus se transmite fuera de China) y su tasa de crecimiento se mantiene más o menos moderada hasta el día 44.
- Aquí comienza a ser identificado como pandemia y se multiplica el número de casos en Italia, Irán y Corea, extendiéndose a la mayoría de países de Asia y Europa.
- Alrededor del día 50, Italia comienza a establecer un cerco sanitario tardío, lo cual no es su-

ficiente para contener la pandemia y evitar más muertos.

- Al mismo tiempo, España y Alemania comienzan a ver incrementado el número de casos positivos de Covid-19.
- Además, comienza a observarse con mayor frecuencia casos en el continente americano.
- En los últimos tres días, puede observarse que, a pesar de China haber controlado la epidemia, los números de infectados diarios del resto del mundo son mayores que los observados en China, además de que se experimenta un crecimiento más agresivo que el observado en el día 27, lo cual parece indicar que los números fuera de China serán peores.

En la ecuación 4, el valor de λ debería ser constante si las cantidades de infectados crecieran de acuerdo con una curva exponencial, es decir, su gráfico debería ser una línea recta. Si despejamos el valor de λ en función de las cantidades diarias de infectados, obtendremos

$$\lambda = \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{T}$$

lo cual nos permite graficar sus valores diarios y de esta manera identificar su comportamiento.

Este gráfico puede ser analizado tomando en cuenta la cantidad de infectados observados:

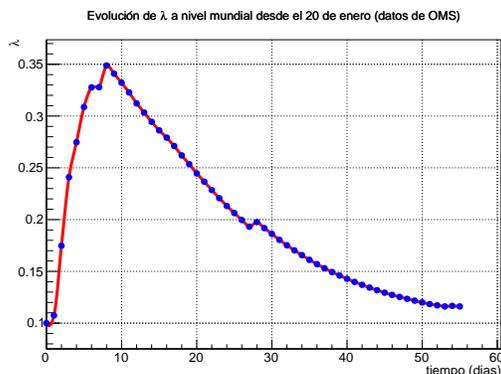


Figure 2: Gráfico del comportamiento diario de λ según la cantidad de infectados a nivel mundial.

- Desde el día 0 hasta aproximadamente el día 8 se observa valor creciente de λ .

- Desde el día 10 hasta el día 26, se observan valores decrecientes de λ , desde 0.25 hasta 0.2.
- El día 27 se observa un crecimiento de λ , congruente con la etapa de expansión del virus fuera de China.
- A partir de entonces, los valores de λ continúan decreciendo, producto de las medidas tomadas tanto en China como en otros países.
- En los últimos dos días se ha observado un leve incremento en λ , lo cual sugiere que está creciendo la cantidad de infectados a nivel mundial.

III. SITUACIÓN EN HONDURAS

En Honduras se comenzó a observar casos el día 12 de marzo ($I_0 = 2$), manteniendo estable esta cantidad los días 1 y 2, hasta que, según datos de la OMS, en el día 3 había 3 casos y hoy (día 4, 16 de marzo) tenemos 8 casos confirmados, por lo que cabe esperar que esta cantidad continúe aumentando en los próximos días

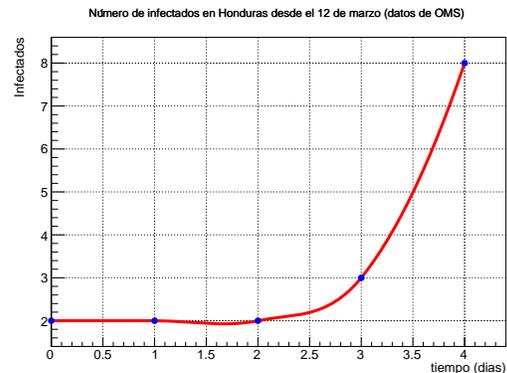


Figure 3: Gráfico de la serie temporal de infectados en Honduras. Nótese que el virus se encuentra en etapa de crecimiento acelerado.

De la figura III puede colegirse que en los próximos días se observará rápida duplicación de casos, llegando en pocos días a la centena de infectados.

De igual manera, puede obtenerse los valores de λ en esta primera etapa de crecimiento y podemos observar que presenta valores elevados (figura IV), comparados con los promedios observados a nivel mundial hasta ahora.

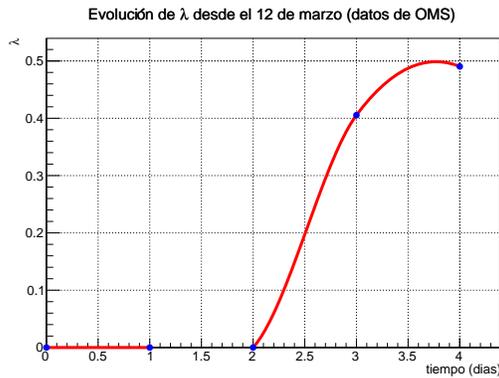


Figure 4: Comportamiento de la constante de crecimiento para Honduras. Se observan elevados valores de λ , comparados con lo observado a nivel mundial.

Si tomamos el valor calculado de λ y con este calculamos el valor de $I(T)$ para los próximos días, vemos que, para $\lambda = 0.490415$ obtendremos (tomando como T_0 el último día que se observó $N = 2$) para el día 3 (hoy, 16 de marzo)

$$N(3) = 2 \cdot e^{0.490415 \cdot 3} = 8.7$$

es decir, debería haberse observado 9 infectados al día de hoy. Si buscamos las cantidades esperadas para mañana (marzo 17) y pasado mañana (marzo 18) $T = 4$ y $T = 5$, obtenemos

$$N(4) = 2 \cdot e^{0.490415 \cdot 4} = 14.22$$

$$N(5) = 2 \cdot e^{0.490415 \cdot 5} = 23.22$$

o sea que cabe esperar alrededor de 30 casos confirmados para finales del día miércoles 18 de marzo.

IV. CONCLUSIONES

- Partiendo de un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales se ha hecho un análisis estadístico de la cantidad acumulada de infectados a nivel mundial, según reportado por la OMS.
- Aunque la situación se encuentra bajo control en China, es evidente que la misma experimenta un crecimiento acelerado en el resto del mundo.

- En Honduras comenzó a observarse los primeros 2 casos el día 12 de marzo, pero no fue hasta ayer (15 de marzo) cuando ese número cambió.
- A partir de entonces, la curva que describe la cantidad de infectados en Honduras presenta un comportamiento exponencial elevado.
- Como los casos observados se distribuyen entre los departamentos de Atlántida y Francisco Morazán (FM), esta curva podría ser peor para FM, si se analizara independientemente, puesto que implica un crecimiento altamente acelerado en un área geográfica menor y, tomando en cuenta que ciertas regiones de la capital no han cumplido la ordenanza de mantenerse en aislamiento, la situación se presenta bastante desfavorable.
- Se han calculado las cantidades proyectadas para los próximos dos días y se estima que podría observarse entre 10 y 30 casos en las próximas 48 horas.
- La situación podría mejorar si se clusterizara la región de FM o de toda Honduras, pues esto disminuye la tasa de transmisión y/o replicación, al tiempo que el virus muere por falta de vectores.
- Este estudio no representa la situación real del Covid-19 en Honduras y el mundo, puesto que para ello se requeriría de mayor cantidad de datos, además de realizar simulaciones y ajustes matemáticos para poder dar valores con incertidumbres calculadas a partir de los datos reales y los valores ajustados.
- Lo que sí se pretende con este estudio es establecer una base para tomar decisiones futuras a partir de datos estadísticos.
- En futuras actualizaciones de este documento se mostrarán los diferentes aspectos relacionados a las constantes numéricas del Covid-19 estrictamente de carácter epidemiológico (factor de transmisión, tasa de mortalidad, factores de riesgo, etc.).
- De la misma manera, se pretende extender el estudio al resto de países en Centro América, analizándolos como una sola región dada su proximidad geográfica.
- Estudio preliminar hasta las 23:45 horas del día 16 de marzo.

REFERENCES

- [1] Fred Brauer, Pauline van den Driessche, Jianhong Wu (1945).
Mathematical Epidemiology. *Springer*.
- [2] Herbert W. Hethcote (2000). The Mathematics of Infectious Diseases. *SIAM Review*, Vol. 42, No. 4., pp. 599-653..
- [3] World Health Organization (2020) situation reports
<https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/>