MODELO DE PREDICCIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARRROLLO DEL SARS-CoV-2 EN EL ESTADO DE PUEBLA

JOSE ALEJANDRO MENDOZA DE JESUS[1]
HORTENSIA JOSEFINA REYES CERVANTES[2]

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Cuidad de Puebla, Pue. México

E- mails(s): [1]amjpc12@outlook.com , [2]hreyes@fcfm.buap.mx

INTRODUCCIÓN

Las epidemias han surgido de manera latente a lo largo de la historia de la humanidad. Pesé a los catastróficos escenarios, las epidemias representan un sistema natural para el control de especies que, debido al descontrolado crecimiento de su población, alteran el desarrollo y proliferación de un ecosistema.
Las investigaciones epidemiológicas coinciden en que las epidemias han sido y seguirán siendo parte de nuestra historia, debido a nuestra expansión demográfica y la demostrada evolución de patógenos, virus y bacterias respecto a su resistencia ante las vacunas y antibióticos recientemente desarrollados.

El 30 de diciembre de 2019, China decretó el inicio de una nueva epidemia causada por el virus SARS-CoV-2, mismo que arribó a suelo nacional el 27 de febrero de 2020. Desde entonces, el avance del patógeno ha puesto a prueba la astucia y control de los gobiernos y ha convertido la vida cotidiana en un confinamiento con duración de 5 meses hasta el momento.

Desde la perspectiva matemática, los modelos de crecimientos epidemiológicos están fuertemente relacionados con el área de las ecuaciones diferenciales, de las cuales se suscitan metodologías como los modelos de crecimiento logísticos que pueden proyectar de manera contundente la evolución de un fenómeno a través del tiempo.
Los modelos de crecimiento logístico poseen la existencia de cotas de crecimiento que aseguran la regularización del fenómeno explicado, así como de las variables involucradas. De este modo, demostrar que la actual epidemia sigue un comportamiento logístico conllevaría a la resolución de numerosas interrogantes, entre las cuales, se encuentran el numero de casos totales que habrán ocurrido al final del confinamiento y cuanto tiempo debe ocurrir para que lo anterior ocurra.
¿Se puede estimar el número de contagios que habrá en el estado de Puebla al llegar la nueva normalidad utilizando los datos hasta ahora existentes del fenómeno?
¿Puede estimarse el tiempo que debe ocurrir para que el número de contagios se detenga?

OBJETIVOS

Los objetivos que se desean alcanzar en el estudio se resumen como:

- Demostrar que el fenómeno epidemiológico a causa del SARS-CoV-2 está regido por un patrón logístico.
- Probar la existencia de las cotas del número de contagios además de encontrar su valor numérico.
- Encontrar un modelo matemático que rija el desarrollo de la epidemia a nivel estatal.
- Estimar la fecha aproximada para el final de la epidemia en el estado.

METODOLOGÍA

Para el presente estudio se recabó información del portal oficial de la Secretaría de Salud del estado de Puebla, la cual se presenta a continuación en la siguiente tabla.
Cabe recalcar que aunque se presentan los datos a partir del día 21 de julio la base de datos original data desde el 1 de abril hasta el 13 de agosto del 2020.

Tabla 1. Número de contagios registrados en el estado de Puebla.

FECHA	NO. CASOS TOTALES
21 DE JULIO	17,836
22 DE JULIO	18,401
23 DE JULIO	18,797
26 DE JULIO	20,022
27 DE JULIO	20,186
28 DE JULIO	20,450
29 DE JULIO	20,778
30 DE JULIO	21,229
2 DE AGOSTO	22,287
3 DE AGOSTO	22,521
4 DE AGOSTO	22,889
5 DE AGOSTO	23,209
6 DE AGOSTO	23,452
10 DE AGOSTO	24,443
11 DE AGOSTO	24,824
13 DE AGOSTO	25,494

En base a las herramientas de probabilidad y estadística se hace uso de la teoría de estabilidad acotada, la cual se fundamenta en los siguientes dos postulados:

1. El número de contagios es un fenómeno aleatorio. Es decir, cada día el número de contagios tiene una media y una varianza.
2. La media del número de contagios sigue una función matemática que depende del tiempo más una variable aleatoria del error.

Es decir, en cada periodo de tiempo, él número de contagios se define por la relación.

$$C_t = f(t) + \varepsilon_t \,.(1)$$

Donde:

- C_t, denota los contagios en el tiempo $t \in \mathbb{R}^+$.
- $f(t)$, es una función matemática desconocida.

Para encontrar las cotas del modelo logístico se hace uso del cambio de los contagios a través del tiempo. Para esto se elige el número de contagio promedio entre dos puntos consecutivos y la pendiente que une la línea recta entre estos mismos puntos.
Definimos el punto medio entre dos lapsos de tiempos consecutivos y su pendiente de la siguiente forma:

$$PM_t = \frac{C_{t_{i+1}} + C_{t_i}}{2} \quad (2) \qquad \nabla_t^C = \frac{C_{t_{i+1}} - C_{t_i}}{t_{i+1} - t_i} \quad (3)$$

Usando la teoría de ecuaciones diferenciales, se llega a que la relación de un modelo logístico se define de la manera:

$$C_t = K + \frac{h}{1 + e^{h*\lambda(t)}} \quad (4)$$

Donde h es la diferencia entre el cotas del modelo. Esto es donde la pendiente (3) toma el valor 0.

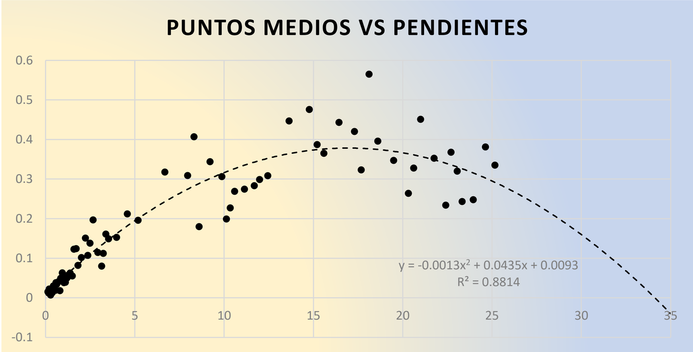
Para estimar el valor de la función transformada λ(*t*) se hace uso de la base de datos usando la relación:

$$\lambda(t) = \frac{1}{h} ln\left(\frac{h}{C-K} - 1\right) \quad (5)$$

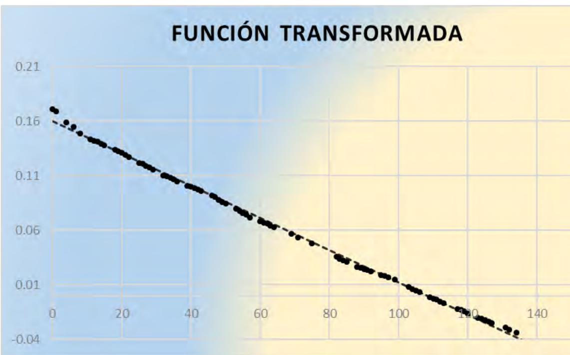
Donde *K* es la menor de las cotas del modelo.

RESULTADOS

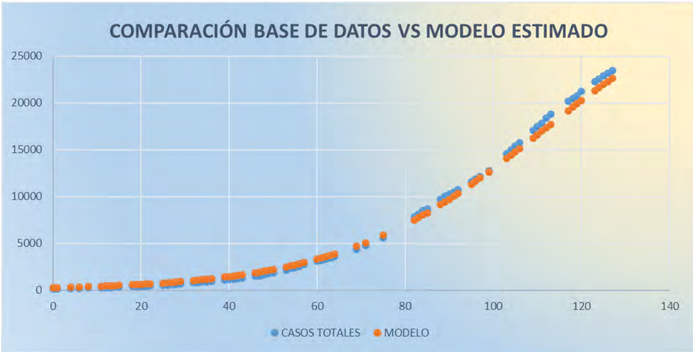
Se observa que en el estado el número de contagios sigue un crecimiento exponencial en gran parte del proceso, sin embargo, se aprecia una ligera disminución de casos al final de la evaluación.



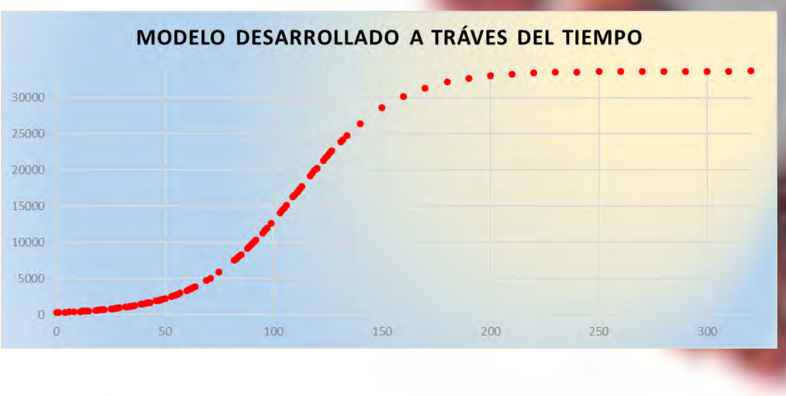
Usando las relaciones (2) y (3) y los datos de la Tabla 1 se obtiene una semejanza notable parabólica, lo que demuestra la existencia de las cotas del modelo logístico.



Haciendo uso de la relación (5) se grafican los resultados de la función transformada. Con técnicas estadísticas se demuestra un comporta-miento lineal.



Modelando (6) y comparando con la gráfica basada en los datos reales, se aprecia una acertada aproximación. Se puede ver que en cada observación existe una variable aleatoria del error.



Graficando los resultados de la relación (6) con un horizonte de tiempo lejano, se aprecia de manera notable la convergencia de los casos de contagio a una constante. Cuando esto ocurra, la epidemia habrá llegado a su final.

CONCLUSIONES

Considerando todos los cálculos, se llega a las siguientes conclusiones:

- El fenómeno epidemiológico en el estado de Puebla sigue un patrón logístico y esta dado por (6).
- Al tener un comportamiento parabólico de las pendientes respecto a los puntos medios se demuestra la existencia de las cotas del modelo, esto es debido a que existen dos puntos donde las pendientes toman el valor 0.
- Dichas cotas toman los valores 0 para la cota mínima y un valor de 33, 674 para la máxima. Es decir, en el estado de Puebla se espera que el número máximo de casos registrados por SARS-CoV-2 sea de 33, 674 personas.
- Respaldado por las cifras oficiales emitidas por las instituciones competentes se demuestra que el modelo matemático que rige el fenómeno epidemiológico es:

$$C_t = \frac{33,674}{1 + e^{33,674(-1.3t*143.8)}} \quad (6)$$

- Con respecto a (6), se obtiene que el modelo converge a la constante 320 días a partir del 1 de abril de 2020, es decir, se espera el final del confinamiento en fechas cercanas al 15 de febrero de 2021.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bravo, A. (2017). Ecuaciones Diferenciales. Un enfoque moderno. Perú: Universidad Alas Peruanas.
2. González, J. & Zárate, I. (2018). The Stable Bounded Theory an Alternative to Projecting Populations: The case of Mexico. Global Journal of Management and Business, 18, 1-13.
3. Secretaría de Gobernación (2020).Transparencia Covid 19. Recuperado el 16 de Agosto de 2020. Sitio web: www.puebla.gob.mx
4. Velasco, J. (2007). Modelos matemáticos en epidemiología: enfoques y alances.México D.F. Instituto Méxicano del Petróleo.