



Una perspectiva matemática para el comportamiento del covid-19 en Boyacá

✉ DAVID OCTAVIO CRUZ^A

RESUMEN: El presente artículo expone los resultados parciales de una investigación cuyo propósito es desarrollar un pronóstico de comportamiento de la pandemia por covid-19 en el departamento de Boyacá, con ayuda de los *softwares* GeoGebra, OriginPro8 y Excel. Como fundamento se tienen los datos registrados por la Secretaría de Salud de Boyacá y por el Instituto Nacional de Salud en un periodo de 108 días, desde que aparecieron los primeros casos, clasificados según el número de casos confirmados o infectados, recuperados y fallecidos. Se usa una metodología cuantitativa con un enfoque documental y se da a conocer una estrategia determinística en el balance estadístico. Así, se tiene como resultado un análisis y una proyección de crecimiento de los casos de covid-19, basada en modelos matemáticos exponenciales, diagramas y curvas que representan los diversos fenómenos que influyen en el estudio estadístico y sus variaciones según las medidas adoptadas por la comunidad boyacense.

PALABRAS CLAVE: pandemia, covid-19, *software*, modelos matemáticos, departamento de Boyacá

CÓMO CITAR

Cruz, D. (2021). Una perspectiva matemática para el comportamiento del covid-19 en Boyacá. *Revista Habitus: Semilleros de Investigación*, 1(1), e11504. <https://doi.org/10.19053/22158391.11504>

RECIBIDO: 10/08/2020 • **EVALUADO:** 13/10/2020
APROBADO: 19/03/2021 • **PUBLICADO:** 11/05/2021



Autor para correspondencia.
david.cruz01@uptc.edu.co

^A Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Colombia).
<https://orcid.org/0000-0003-2531-1369>

HOW TO CITE

Cruz, D. (2021). A mathematical perspective for the behavior of Covid-19 in Boyacá. *Revista Habitus: Semilleros de Investigación*, 7(1), e11504. <https://doi.org/10.19053/22158391.11504>

A mathematical perspective for the behavior of Covid-19 in Boyacá

ABSTRACT: This article presents the initial results of a study whose purpose is to develop a behavioral forecast of the Covid-19 pandemic in the department of Boyacá using GeoGebra, OriginPro8, and Excel software. The data recorded by the Boyacá Health Secretary and by the National Institutes of Health in a period of 108 days since the first cases appeared, are classified according to the number of confirmed, infected, recovered, and deceased cases. A quantitative methodology with a documentary approach is used in order to create a deterministic strategy with a statistical balance. The result is an analysis and a projection of growth in the cases of Covid-19 based on exponential mathematical models, diagrams, and curves that represent the various phenomena that influence the statistical study and their variations according to the measures adopted by the Boyacá community.

KEYWORDS: pandemic, Covid-19, software, mathematical models, Department of Boyacá

Uma perspectiva matemática para o comportamento da covid-19 em Boyacá

RESUMO: O presente artigo expõe os resultados parciais de uma pesquisa cujo propósito é desenvolver um prognóstico de comportamento da pandemia pela covid-19 no departamento de Boyacá, com ajuda dos softwares GeoGebra, OriginPro8 e Excel. Como fundamento contamos com os dados registrados pela Secretaria de Saúde de Boyacá e pelo Instituto Nacional de Saúde em um período de 108 dias, desde que apareceram os primeiros casos, classificados segundo o número de casos confirmados ou infectados, recuperados e falecidos. Usa-se uma metodologia quantitativa com um enfoque documental e dá-se a conhecer uma estratégia determinística no balanço estatístico. Assim, obtém-se como resultado uma análise e uma projeção de crescimento dos casos da covid-19, baseada em modelos matemáticos exponenciais, diagramas e curvas que representam os diversos fenômenos que influem no estudo estatístico e suas variações segundo as medidas adotadas pela comunidade boyacense.

PALAVRAS-CHAVE: pandemia, covid-19, software, modelos matemáticos, departamento de Boyacá

A raíz de la difícil situación que Colombia y el mundo entero atraviesan por el fenómeno epidemiológico del covid-19 y por la gran amenaza que representa para la vida y salud de las personas (Cortés, 2020), es necesario concienciar a todo tipo de población, especialmente a la comunidad del departamento de Boyacá, con el objetivo de proteger la vida. Para ello, se usará una perspectiva matemática.

El 6 de marzo de 2020, Colombia reportó el primer caso del nuevo coronavirus (INS, 2020). El 11 de marzo del mismo año, la Organización Mundial de la Salud [OMS] declaró la pandemia del covid-19. Con ello surgió una serie de medidas preventivas para evitar la trasmisión de la enfermedad (Sánchez *et al.*, 2020). En Colombia, el 24 de marzo de 2020 se presentó un crecimiento en el número de infectados. Luego, el Gobierno Nacional, en cabeza del presidente Iván Duque, ordenó en el Decreto 457 de 2020 el aislamiento preventivo obligatorio a partir del 25 de marzo. El 10 de julio siguió el aislamiento, de acuerdo con un tipo de medidas "preventivas inteligentes", con el fin de mantener la economía y el orden en el país (Presidencia de la República de Colombia, Decreto 990).

Según el Instituto Nacional de Salud-INS (2020), Boyacá tuvo los primeros casos de covid-19 desde el 25 de marzo de 2020. El 10 de julio se reportaron 479 casos, 271 recuperados y 14 fallecidos.

Ante las problemáticas de Boyacá con respecto a la propagación del covid-19, se tomaron algunas acciones desde el campo de las matemáticas con el fin de concienciar a la comunidad. Es decir, se sugirió seguir todas las medidas ordenadas para evitar la propagación de dicha enfermedad.

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un pronóstico de comportamiento de la pandemia de covid-19 en Boyacá con ayuda de los *softwares* GeoGebra, OriginPro8 y Excel, a partir de un periodo de 108 días desde el primer caso de infección. Se tienen como fundamento los datos registrados por entidades gubernamentales como el INS y la Secretaría de Salud de Boyacá.

La razón por la cual se utiliza el programa Excel y el *software* GeoGebra es que permiten modelar diferentes fenómenos físicos y sociales, para lograr un análisis estadístico que ayude a una mejor comprensión y a la simulación de una situación real desde la estructuración matemática. Además, son gratuitos y de fácil acceso. Esto permite el estudio de los resultados obtenidos, gracias a la multiplicidad de gráficos dinámicos y modelos matemáticos (Camacho *et al.*, 2014). De igual modo, el uso del *software* OriginPro8 es utilizado como una poderosa herramienta modeladora de fenómenos y situaciones reales, en la cual se puede observar y comprender gran variedad de datos como la



distribución según la media o indicadores de precisión según la dispersión de los datos (Leite *et al.*, 2019).

Referentes teóricos

Modelación matemática en enfermedades infecciosas y el covid-19

Históricamente, para predecir el comportamiento de una pandemia, se han utilizado modelos matemáticos, que han sido muy importantes en los siglos XX y XXI, en los cuales ha habido enfermedades catalogadas como una gran amenaza para la humanidad, debido a su fácil capacidad de propagación. Los principales modelos matemáticos se clasifican en determinísticos y estocásticos (Sanz, 2016). Los modelos determinísticos consideran a los individuos de un estado como un conjunto. Así, se pueden utilizar en grandes poblaciones, lo cual facilita el estudio de la pandemia. Este tipo de modelo suele indicar el estado por el cual puede pasar un individuo. Por ejemplo, están los modelos SIR, que indican el estado de susceptible [S], infectado [I] y recuperado [R]. Este tipo de modelo fue desarrollado por Kermack y Mc-Kendrick en 1927. De la misma manera, se pueden considerar otros modelos importantes como SI, SEIR y SIS (Manrique *et al.*, 2020). Por otra parte, “en un modelo estocástico no es posible controlar los factores que intervienen en el estudio del fenómeno y en consecuencia no producen simples resultados únicos” (Montesinos & Hernández, 2007, p. 3). Es importante aclarar que la base de gran parte de los modelos matemáticos se debe a las ecuaciones diferenciales (Sanz, 2016).

Según Pérez (2020), el pronóstico del comportamiento del virus covid-19 es exponencial para cualquier población a medida que pasa el tiempo. Este fenómeno se refleja en el crecimiento del número de casos de infectados, de recuperados y, algunas veces, de fallecidos. En consecuencia, una de las muchas estructuras matemáticas convenientes a seguir es la que se muestra a continuación: ajuste exponencial según la categoría de estudio.

$$C(t) = C_0 e^{(\alpha t)} \quad (1)$$

en donde:

C_0 : constante de crecimiento o de reproducción del virus.

α : parámetro que cuantifica la velocidad o tasa de crecimiento, del número de casos en la epidemia.

t : tiempo en días.

Es importante tener lo anterior en cuenta, debido a que en la presente investigación se estudia y se encuentra el valor de cada uno de los parámetros

mencionados para lograr un modelo representativo de predicción para el departamento de Boyacá.

Según Florencio (2020):

En diciembre de 2019 en el poblado de Wuhan, China, comenzaron a presentarse casos de neumonía atípica que no tenían asociación a otros virus causantes de distrés respiratorio, SARS 2002 y MERS 2012, actualmente sabemos que esos casos fueron el inicio de una epidemia/pandemia de enfermedad respiratoria causada por un nuevo virus de la familia *coronaviridae*, hoy llamado covid-2019 y que a la fecha ha provocado más de 80 mil casos y más de 2900 muertes a nivel mundial. (p. 1)

De este modo, el nuevo coronavirus ha sido declarado por la OMS como emergencia mundial, ya que afecta en gran medida la salud de las personas y representa un riesgo biológico para la vida, debido a que su rápida propagación ha llevado a que el virus se esparza en todos los continentes. Así, el primer caso en Colombia se registró el 6 de marzo de 2020 (Díaz, 2020) y trajo consigo gran preocupación en la comunidad, ya que en pocos días el virus se había reproducido de manera exponencial en todo el país. El 10 de julio se presentaron 140 776 contagios, 58 800 recuperados y 4925 fallecidos, según los reportes del Instituto Nacional de Salud-INS (2020) Ahora bien, en Boyacá, la Secretaría de Salud reportó los primeros casos de covid-19 el 25 de marzo de 2020.

Ante tal situación, investigaciones como la de Gil (2020) dejan ver el arduo trabajo de modelación matemática para estudiar y analizar el comportamiento del covid-19 en Colombia. Su metodología está situada en un modelo determinístico y usa el *software* GeoGebra, donde se realizan ajustes logísticos y exponenciales para observar el comportamiento del virus en Colombia. Se tienen en cuenta estructuras de funciones adecuadas para comparar el crecimiento y la propagación del virus. De esta manera, dicha investigación concluye con el hecho de que es muy probable que la infección termine en algún momento, quizás cuando se alcance un número considerable de infectados o haya llegado el día máximo de infección. Por otra parte, se resalta el hecho de que un modelo matemático puede tener grandes desviaciones de los valores reales cuando existen factores externos que pueden intervenir para prevenir la propagación del virus.

Así mismo, investigaciones como la de Manrique *et al.* (2020) y Castro (2020) trabajan proyecciones del comportamiento del covid-19 en Colombia y siguen las dinámicas del modelo SIR para lograr estimaciones futuras en cuanto al número de infectados, de recuperados y de fallecidos. En sus resultados lograron predecir las tasas de reproducción y las velocidades de propagación. Así, afirman que, en Colombia existe una estrategia de mitigación



que consiste en controlar parcialmente el virus con el fin de aplanar la curva o de reducir el pico de infecciones. De este modo, proponen seguir con las medidas preventivas, como el aislamiento y las normas de bioseguridad, para que la pandemia no se vuelva una amenaza incontrolable para el territorio.

Metodología

Al seguir los fundamentos de ajustes exponenciales de la fórmula 1, se pretende lograr una predicción aproximada de los diferentes casos de covid-19 que se pueden presentar en el departamento en los meses posteriores al mes de julio del año 2020. Por consiguiente, la investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo interpretativo, que busca darles sentido a los principales fenómenos de crecimiento y a la propagación del virus.

Así, la investigación se desarrolla gracias a los datos suministrados al público por la INS y la Secretaría de Salud de Boyacá, de modo que se analizan desde una perspectiva matemática.

Para cumplir el objetivo de investigación, se tienen en cuenta tres etapas de procesamiento de información, seguidas de objetivos específicos. La primera es determinar estadísticas del comportamiento del covid-19 en Boyacá, con el uso de Excel, donde se tienen en cuenta la digitalización de diversos eventos en un periodo de 108 días, categorizados por variables como el número de infectados, de recuperados, de fallecidos, casos por género, infectados según la edad, recuperados por edades, fallecidos según la edad, casos tratados en casa y en hospitales. La segunda etapa es el modelado y estudio de curvas de los datos en el programa OriginPro8. Se caracterizan solo las variables del número de infectados, de recuperados y de fallecidos según el número de días, ya que es indispensable tener en cuenta solamente los principales factores que influyen en el modelado matemático de los datos (Pérez-Estigarribia, 2020). En la tercera etapa se trabaja la modelación de ajustes exponenciales en el *software* GeoGebra para predecir el número de casos de infectados, de recuperados y de fallecidos en Boyacá, al tener en cuenta la importancia del fenómeno de modelado en una enfermedad de transmisión y su comportamiento de propagación (Sanz, 2016).

Resultados

El desarrollo de la primera etapa consistió en digitalizar en Excel todos los eventos cuantificables del covid-19 en Boyacá, al tener en cuenta el lapso

del 25 de marzo al 10 de julio de 2020. Es decir, se registran los datos de 108 días tomados del INS.

En las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 solo se muestran los resultados estadísticos más relevantes obtenidos a partir de dicho estudio.

Figura 1

Proporción de los casos generales reportados de covid-19 en Boyacá

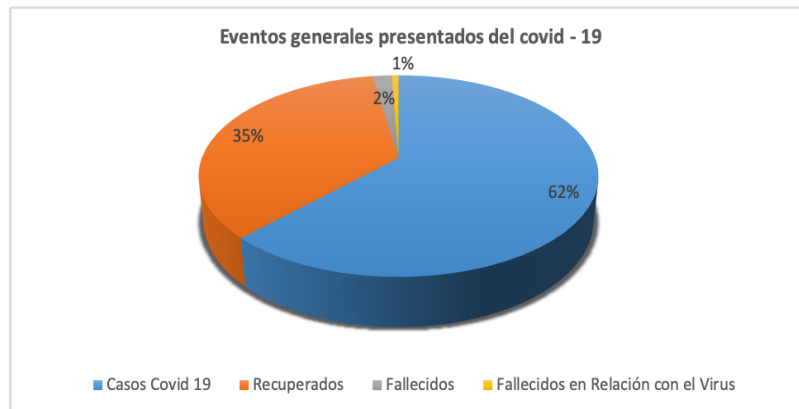
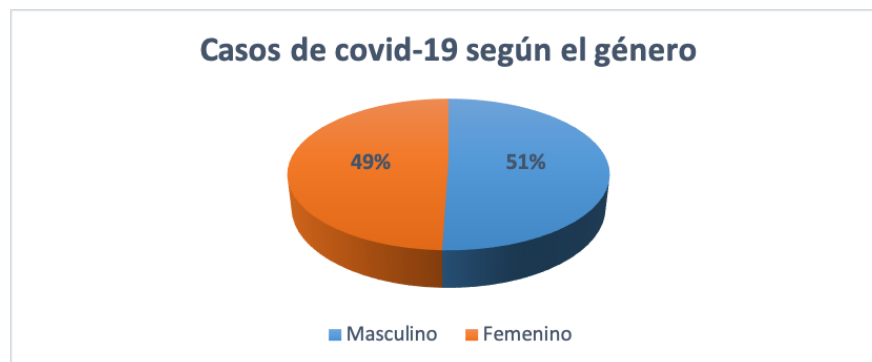


Figura 2

Proporción de los casos reportados de covid-19 según el género en Boyacá



El estudio en Excel comienza desde los eventos generales, para luego llegar a situaciones un poco más particulares. De este modo se analizan otras figuras gráficas.

Las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 permiten apreciar las principales estadísticas del covid-19 al 10 de julio en el departamento de Boyacá. También se evidencia una comparación entre las diferentes proporciones de los casos reportados según las edades y género.

La etapa 2 se desarrolla en el programa OriginPro8, donde se hace un estudio de curvatura para el comportamiento matemático del covid-19 en Boyacá. Se tuvieron en cuenta solo los factores de número de casos reportados, de recuperados y de fallecidos en función del tiempo, con el fin



de analizar el tipo de modelo matemático que mejor se adecuara a cada curva. Así se obtuvieron las figuras 6, 7, 8 y 9.

Figura 3

Diagnóstico del covid-19 en Boyacá según las edades

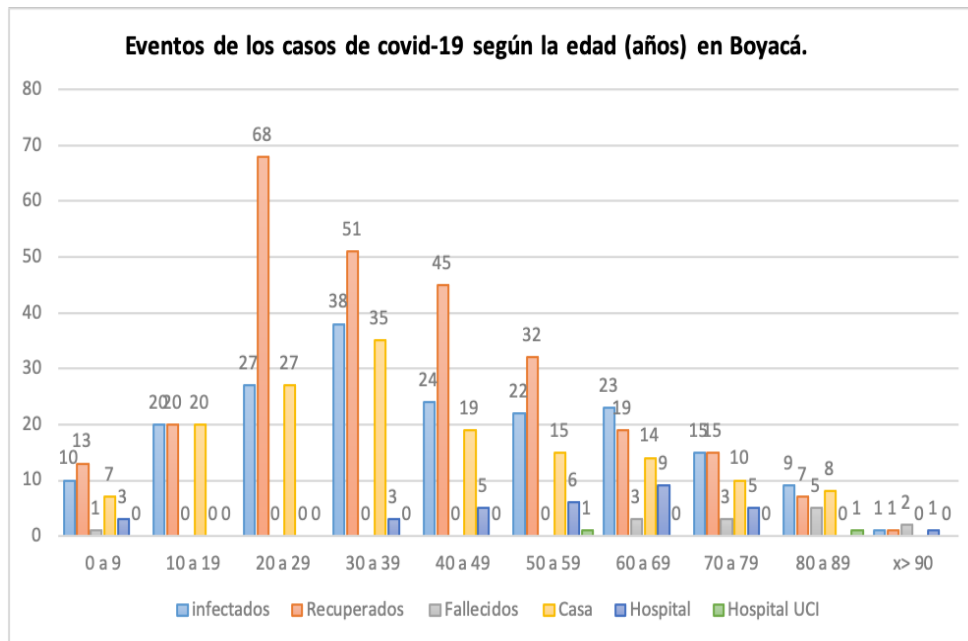


Figura 4

Diagrama de los casos generales de covid-19 según la edad en Boyacá

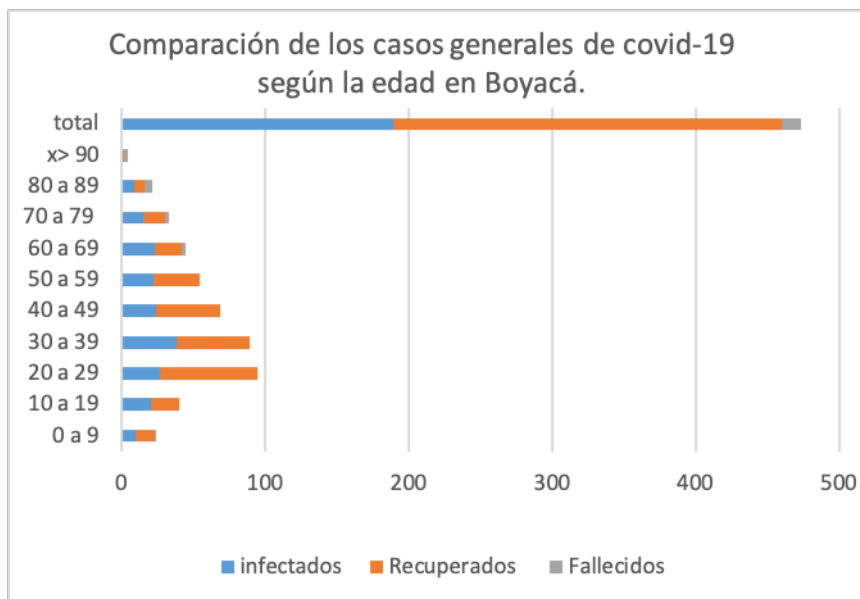


Figura 5

Diagrama de la situación de los casos de infectados a la fecha del 10 de julio de 2020 en Boyacá

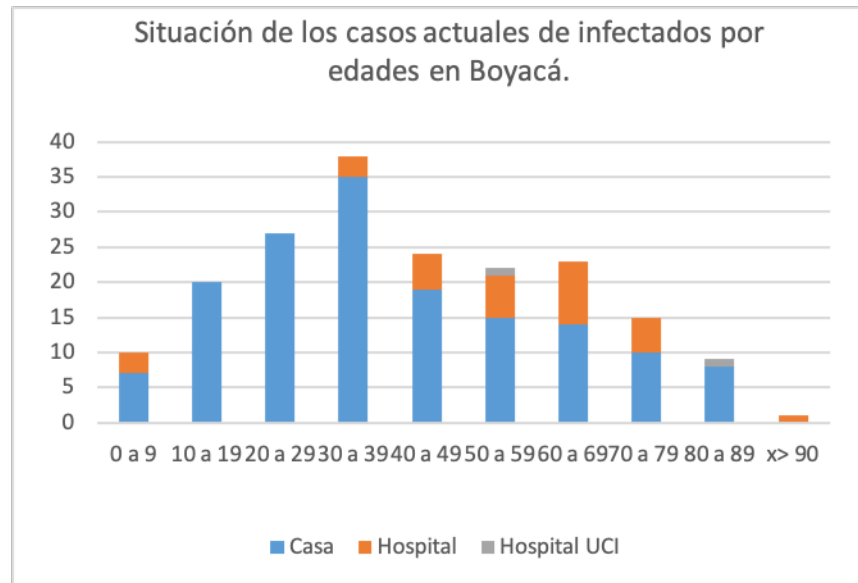
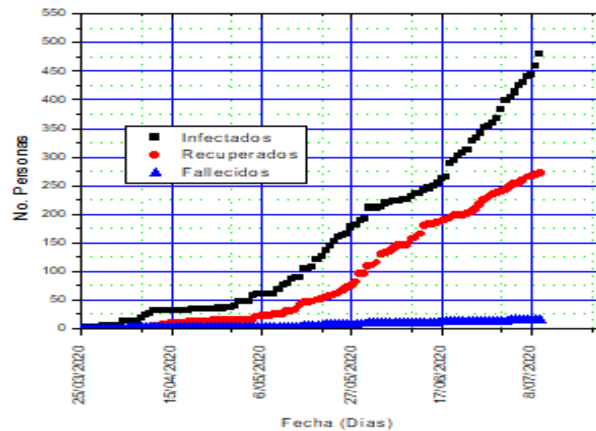


Figura 6

Modelación de curvas para los principales casos de covid-19 reportados



Las figuras 6, 7, 8 y 9 exponen un comportamiento exponencial principalmente para el modelado del número de casos de covid-19 y del número de recuperados. Luego se descarta un ajuste exponencial para el número de fallecidos.

La etapa 3 tiene en cuenta el anterior análisis para lograr únicamente los correspondientes ajustes exponenciales para tales casos. Así se obtuvo un acercamiento predictivo en Boyacá, por medio del programa GeoGebra para el número de casos de covid-19 (figura 10) y el número de recuperados (figura 11).



Figura 7

Modelación de curva para el número de infectados de covid-19

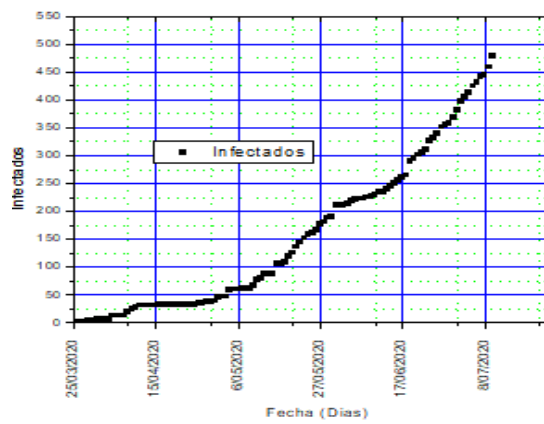


Figura 8

Modelación de curva para el número de recuperados de covid-19 en Boyacá

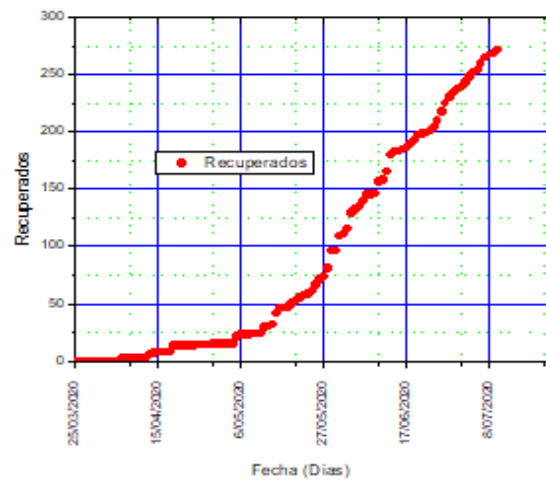
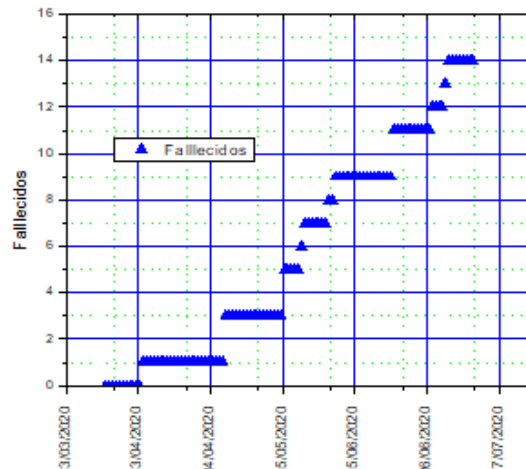


Figura 9

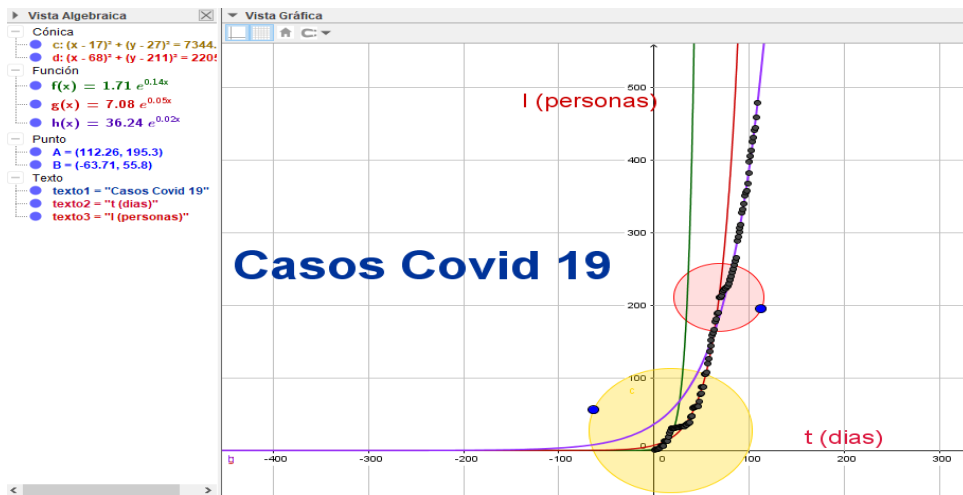
Modelación matemática para el número de casos de fallecidos en Boyacá



En la figura 10 se muestran tres tipos de ajustes exponenciales, cada uno en relación con el cambio de comportamiento de los datos, los cuales se deben a factores de mitigación, como las medidas de seguridad adoptadas por la población (Castro, 2020). Luego se analiza el comportamiento de la curvatura en tres momentos, debido a los drásticos comportamientos del covid-19: el primero tiene en cuenta los primeros 25 días; el segundo va del día 26 al día 68; y el tercero, del día 69 al 108.

Figura 10

Modelación exponencial del número de casos de covid-19 en Boyacá



Para la predicción de casos de covid-19 en Boyacá hasta el mes de diciembre, se tiene en cuenta únicamente el tercer modelo exponencial. Por lo tanto, en la tabla 1 se presentan las siguientes cifras predictivas, que muestran el modelo matemático utilizado si la pandemia sigue el mismo comportamiento que ha tenido hasta el momento.

Tabla 1

Acercamiento de predicción para los casos confirmados o infectados de covid-19 en Boyacá

Casos confirmados de covid-19		
$h(t) = 36,24e^{0.02t}$		
Fecha	Día	Predicción
11/07/2020	109	484,77
31/07/2020	129	780,2
20/08/2020	149	1255,65
09/09/2020	169	2020,85
29/09/2020	189	3252,36



19/10/2020	209	5234,34
08/11/2020	229	8424,14
28/11/2020	249	13557,8
18/12/2020	269	21819,91

Del análisis de datos, para el número de casos de covid-19 se obtiene el ajuste exponencial: el modelo matemático de predicción para número de casos covid-19 en Boyacá.

$$\hat{h}(t) = 36,2e^{(0,02t)} \quad (2)$$

en donde:

$\hat{h}(t)$: función matemática para el número de casos de covid-19, para cualquier tiempo en días, desde que se tiene el primer caso de infección en Boyacá.

36,2 : constante de crecimiento o reproducción del covid-19.

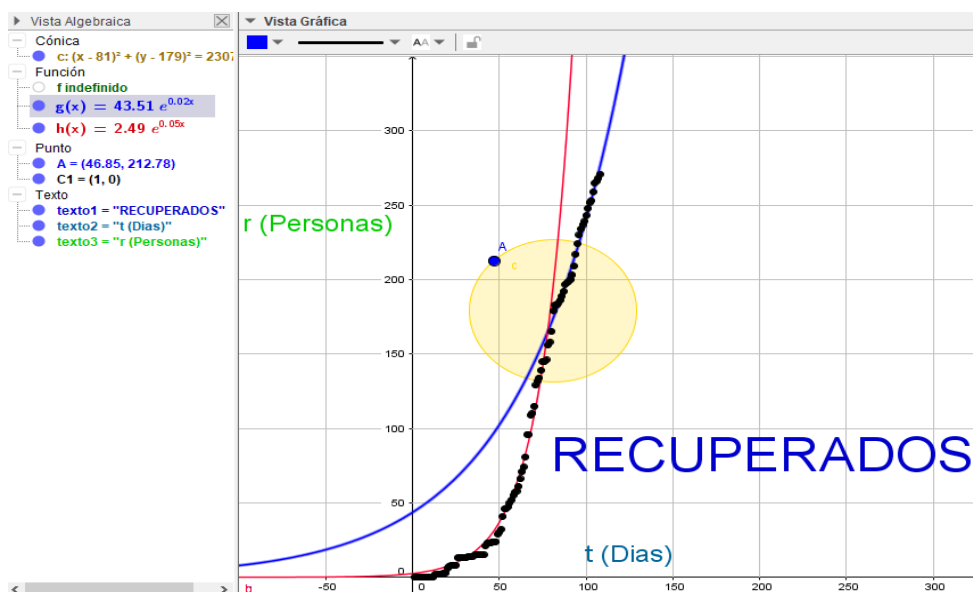
$\alpha = 0,02$: parámetro que cuantifica la velocidad de crecimiento del número de casos en la epidemia.

t: tiempo en días.

Ahora bien, para la modelación exponencial y el acercamiento predictivo del número de recuperados en Boyacá, se sigue el mismo proceso anterior, pero para este caso solamente se tienen dos periodos de tiempo: el primero va desde el día 1 hasta el 80; y el segundo del día 81 al 108, debido a la dispersión de los datos (figura 11).

Figura 11

Modelación matemática de casos recuperados de covid-19 en Boyacá



Una vez se tienen los modelos y los ajustes exponenciales, se procede a predecir el número de recuperados hasta el mes de diciembre por medio del segundo modelo matemático encontrado, el cual equivale al periodo de tiempo más reciente a la fecha del 10 de julio de 2020. De esta manera, en la tabla 2 se da a conocer la función matemática utilizada.

Tabla 2.

Acercamiento de predicción del número de casos de recuperados de la covid-19 en Boyacá

Casos recuperados de covid-19		
$g(t) = 43,51e^{0,02t}$		
Fecha	Día	Predicción
11/07/2020	109	281,12
31/07/2020	129	395,8
20/08/2020	149	557,49
09/09/2020	169	785,08
29/09/2020	189	1105,5
19/10/2020	209	1556,92
08/11/2020	229	2192,51
28/11/2020	249	3087,58
18/12/2020	269	4348,03

Del análisis de datos, para el número de casos recuperados de la covid-19, se obtiene el ajuste exponencial: modelo matemático de predicción para número de casos de recuperados de la covid-19 en Boyacá.

$$g(t) = 43,51e^{(0,02t)} \quad (3)$$

en donde:

$g(t)$: función matemática para el número de casos covid-19, para cualquier tiempo en días, desde que se tiene el primer caso de infección en Boyacá.

36,2: constante de recuperación del virus.

$\alpha = 0,02$: parámetro que cuantifica la velocidad de recuperación del covid-19.

t: tiempo en días.

Conclusiones

El programa Excel y el *software* OriginPro8 mostraron un balance estadístico acertado, en cuanto al comportamiento de los diferentes eventos



del covid-19 en Boyacá, al analizar el periodo de tiempo del 25 de marzo al 10 de julio de 2020, en el que los factores de mitigación adoptados por la población tienen gran relevancia en la distribución de los datos en función del tiempo (Florencio, 2020).

Se realizó únicamente un acercamiento predictivo del número de casos covid-19 y del número de recuperados en Boyacá, debido a que el comportamiento gráfico de la distribución de los datos se ajusta mejor a una función exponencial. De esta manera, el *software* GeoGebra permitió encontrar los modelos matemáticos más adecuados para lograr dichas predicciones. Es importante resaltar que las cifras predichas pueden cambiar en gran medida según el cumplimiento de las normas de bioseguridad que siga la comunidad (Castro, 2020).

Por último, es importante tener en cuenta que siempre existió una relación directa entre los registros de los casos de covid-19 de la INS y el manejo correcto de la información en los programas y *software* Excel, OriginPro8, y GeoGebra.

Referencias

- Camacho, N., Godínez, M., & Velázquez, R. (2014). Geogebra, una herramienta para la enseñanza de las matemáticas y simulación de fenómenos. En P. Lestón (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 2225-2230). Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. <https://www.clame.org.mx/documentos/alme27.pdf>
- Castro, C. (2020). *Modelo SIR de la epidemia de covid-19 en Colombia. Proyección según diversos escenarios*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23247.23201>
- Cortés, M. (2020). Coronavirus como amenaza a la salud pública. *Revista Médica de Chile*, 148(1), 124-126. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872020000100124>
- Díaz, J. (2020). Uso de modelo predictivo para la dinámica de transmisión del COVID-19 en Colombia. *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*, 29(Supl. 1), 34-44. <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.01217372.1056>
- Florencio, C. (2020). *Cálculos estadísticos sobre un modelo cerrado SIR extrapolando datos del actual brote de coronavirus a un escenario de población mexicana*. Alcaldía Magdalena Contreras.
- Gil, V. (2020). *Una comparación de modelos logísticos y exponenciales aplicados a la infección por el virus en Colombia*. Universidad Autónoma de Occidente.
- Instituto Nacional de Salud. (10 de julio de 2020). *Nuevo Coronavirus covid-19*. <https://www.ins.gov.co/Paginas/Inicio.aspx>
- Leite, R., Benício, W., Oliveira, J., & Gama, K. (2019). *Potencial da ferramenta computacional OriginPro 8 SRO v8.0724 (B724) na geração de funções não-lineares que descrevem curvas exotérmica e endotérmica numa liga metálica Ni50Ti30Hf20 .at% com EMF [Ponencia]*. IV World Congress on Systems Engineering and Information Technology (pp. 109-114). Guimarães, Portugal. <https://doi.org/10.29327/111252.4-1>
- Manrique, F., Agudelo, C., González, V., Gutiérrez, O., Téllez, C., & Herrera, G. (2020). Modelo SIR de la pandemia de covid-19 en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 22, 1-9. <https://doi.org/10.15446/rsap.V22.85977>
- Montesinos, O., & Hernández, C. (2007). Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas. *Salud Pública de México*, 49(3), 218-226. <https://doi.org/10.1590/s0036-36342007000300007>

- Pérez, V. (2020). *Predicción de la evolución de la epidemia de covid-19 en España*. Laboratorio de Oncología Matemática Universidad de Castilla-La Mancha.
- Pérez-Estigarribia, P. (2020). *Dinámica temprana de covid-19 en Paraguay. Reporte técnico*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30706.86727>
- Presidencia de la República de Colombia. (22 de marzo de 2020). Decreto Número 457 del 22 de marzo de 2020. [https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO 457 DEL 22 DE MARZO DE 2020.pdf](https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20457%20DEL%2022%20DE%20MARZO%20DE%202020.pdf)
- Presidencia de la República de Colombia. (9 de julio de 2020). Decreto Número 990 de 2020. [https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO 990 DEL 9 DE JULIO DE 2020.pdf](https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20990%20DEL%209%20DE%20JULIO%20DE%202020.pdf)
- Sánchez, J., Arce, L., & Rodríguez, A. (2020). Coronavirus disease 2019 (covid-19) in Latin America: role of primary care in preparedness and response. *Atención Primaria*, 52(6), 369-372. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.04.001>
- Sanz, I. (2016). *Modelos epidemiológicos basados en ecuaciones diferenciales* [Trabajo de grado, Universidad de la Rioja]. Docplayer. <https://docplayer.es/110631108-Trabajo-fin-de-grado-modelos-epidemiologicos-basados-en-ecuaciones-diferenciales.html>