

Efectividad de las medidas ante la COVID-19 basada en el análisis del curso pandémico

Effectiveness of measures against COVID-19 based on pandemic case analysis

Leudis Orlando Vega-de-la-Cruz ^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-7758-2561>

Milagros Caridad Pérez-Pravia ² <https://orcid.org/0000-0002-3062-5939>

¹ Universidad de Holguín. Departamento de Ingeniería Industrial. Holguín, Cuba.

² Universidad de Holguín. Vicerrectoría primera. Holguín, Cuba.

* Autor de correspondencia (email): leovega@uho.edu.cu

RESUMEN

Fundamento: la falta de referencias a crisis semejantes a la pandemia COVID-19 en el pasado hace difícil poder predecir qué pueda suceder en el futuro inmediato. Lógicamente, los efectos presentes son fáciles y documentables, pero aquellos que dejarán huella en los distintos actores a medio y a largo plazo resultan más sujetos a debate.

Objetivo: analizar el comportamiento de esta pandemia en la región cubana centrado en el mes de abril, al mostrar la mejor dirección a seguir a la hora de la toma de decisiones.

Métodos: se diseñó un modelo matemático en función del impacto de la efectividad de las medidas ante esta pandemia basada en las funciones polinómicas de casos confirmados y los casos recuperados en el territorio durante el mes de abril.

Resultados: se tiene el comportamiento actual y futuro de la efectividad del tratamiento ante esta pandemia al permitir tomar decisiones a corto y largo plazo atendiendo a estas variables.

Conclusiones: se obtuvo la función de efectividad basado en las funciones de casos confirmados y casos recuperados diarios, al evidenciar que se pronostica mejoras en el enfrentamiento de la pandemia con extrema disciplina. Lo que permite al territorio establecer una estrategia de mejora basadas en un plan de acción.

DeCS: PANDEMIAS/prevenición&control; INFECCIONES POR CORONAVIRUS/transmisión; INFECCIONES POR CORONAVIRUS/epidemiología; BROTOS DE ENFERMEDADES; EPIDEMIOLOGÍA DESCRIPTIVA.

ABSTRACT

Background: the lack of references to crises similar to COVID-19 pandemic in the past makes difficult to predict what may happen in the immediate future. Logically, the present effects are easily documented, but those that will leave their mark on the different actors in the medium and long term are subject to more debate.

Objective: to analyze the behavior of this pandemic in the Cuban region centered on the month of April, showing the best direction to follow when making decisions.

Methods: a mathematical model was designed based on the impact of the effectiveness of the measures in the face of this pandemic based on the polynomial functions of confirmed cases and the cases recovered in the territory during the month of April.

Results: the current and future behavior of the effectiveness of the treatment in the face of this pandemic is showed, allowing decisions to be made in the short and long term, taking into account these variables.

Conclusions: the effectiveness function was obtained based on the functions of confirmed cases and daily recovered cases, showing that improvements are expected in the confrontation of the pandemic with extreme discipline, which allows the territory to establish an improvement strategy based on an action plan.

DeCS: PANDEMICS/prevention&control; CORONAVIRUS INFECTIONS/transmission; CORONAVIRUS INFECTIONS/epidemiology; DISEASE OUTBREAKS; EPIDEMIOLOGY, DESCRIPTIVE.

Recibido: 03/06/2020

Aprobado: 08/07/2020

Ronda: 2

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) tiene por cometido ejercer liderazgo en materia de salud en el mundo, ayudar a definir los planes de investigación en el campo de la salud, establecer normas y pautas, formular políticas basadas en datos probatorios; proporcionar asistencia técnica a los Estados Miembros; vigilar de cerca y evaluar las tendencias epidemiológicas. ⁽¹⁾ En este año 2020 la organización se enfrenta a una pandemia con características letales y de una propagación nunca antes vista en la historia de la humanidad.

Cuba se une a este cometido, ya que, es una verdad indudable que el sistema de salud cubano ha alcanzado una relevante importancia en el escenario mundial. Exhibe al mundo la graduación de notables cifras de médicos y especialistas de la salud cada año, para suplir su creciente demanda a nivel nacional e internacional. Los logros de Cuba en el campo de la salud pública, acumulados en más de cincuenta años, se comparan con los alcanzados por países más desarrollados. Sin embargo, también se enfrenta por primera vez a esta pandemia del nuevo coronavirus (SARS-CoV-2) responsable de la infección respiratoria denominada COVID-19. Desde inicios del mes de marzo se presenta

en el país los primeros casos de COVID-19: tres turistas italianos que dieron positivo al nuevo coronavirus en exámenes realizados en el Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (IPK), antes de estos primeros casos el país desplegaba acciones para contrarrestar esta situación.

Desde entonces se enfrenta a esta pandemia donde se insiste por diferentes medios que la disciplina individual constituye la mejor conducta para su enfrentamiento. El mes de abril se presenta con una alta complejidad, a diario aparecen numerosos enfermos y pacientes recuperados. Atendiendo a esto, investigadores cubanos se han dado a la tarea de explicar desde su visión el comportamiento epidémico, ^(1,2,3,4) presentando modelos de alta veracidad, sin embargo, se hace necesario pronosticar la efectividad de las medidas ante la pandemia mediante estos análisis, lo que está en estrecha relación con la utilización de la modelación matemática para poder establecer un pronóstico. ^(5,6,7,8) La actividad matemática se ha desarrollado de forma vertiginosa en todas las provincias del país, debido al incremento de profesionales con grados científicos que han utilizado este recurso para el análisis de comportamiento de la compleja realidad. Se considera que la modelación matemática es la actividad de construir modelos de sistemas complejos que permitan la predicción de procesos mediante un lenguaje matemático, para resolver a través de la práctica, los problemas decisionales. Uno de los sistemas complejos es la salud humana, donde la fiabilidad de las decisiones es vital para evitar las muertes de personas, específicamente en esta enfermedad se proyecta de manera más compleja por los múltiples factores que intervienen, de ahí la alta pertinencia de analizar la efectividad de estas a través de su comportamiento estadístico. Para esto es importante analizar la información obtenida y verificar el impacto de las decisiones adoptadas. El objetivo del artículo es analizar el impacto de la efectividad de las medidas en el enfrentamiento a esta pandemia en el territorio cubano, para esto se acudió al análisis modelos matemáticos del curso de la pandemia, esto permite cuantificar el impacto de las medidas adoptadas y contribuir a la mejora continua de este sistema de enfrentamiento.

MÉTODOS

Muchos son los modelos matemáticos realizados para el análisis del comportamiento de enfermedades: sistema médico asistencial de autorregulación, la gestión del control interno sanitario, nivel de conocimiento de estudiantes en la educación médica superior y soluciones a problemas de enfermeras. ^(9,10,11,12) El proceso de construcción de un modelo de investigación proviene del instinto humano para la creación de una representación abstracta y simplificada de la realidad con la finalidad de obtener un mejor entendimiento al problema. ^(7,13) El propósito de la modelación es la comprensión de los problemas y no tanto su solución computacional. Una buena modelación matemática involucra el establecimiento de relaciones entre el mundo real y el mundo matemático y la habilidad para moverse entre cada uno de ellos. La modelación matemática está enfocada hacia dos variables: ciencia y arte, que no son mutuamente excluyentes, sino complementarios, ya que es precisamente el arte lo que motiva y prolonga el estudio de la ciencia ante la mirada evaluativa de su propio rendimiento.

El modelo matemático propuesto se basa en la modelación de funciones. Las variables a estudiar son el número de casos confirmados y casos recuperados, a partir de los datos nacionales obtenidos

en la información del Ministerio de Salud Pública (MINSAP) en su página oficial. ⁽¹⁴⁾ El modelo matemático propuesto incluye la modelación de funciones a partir de datos numéricos reales en un período de tiempo, se propone un modelo de funciones continuas, positivas y definidas en un tiempo real, su fundamento se explica a continuación:

Una función real de variable real es una aplicación $f: A \rightarrow B$ con $A, B \subseteq \mathbb{R}$. Informalmente, dar una función f supone dar:

- a) su dominio de definición $A = \text{dom } f$;
- b) su codominio B (al que habitualmente se le presta menor atención en este curso);
- c) una regla de correspondencia o regla de definición que permita asignar inequívocamente a cada elemento x de A , sin excepción, un elemento $f(x)$ de B perfectamente determinado por x y f .

Las funciones que pueden obtenerse mediante sumas y productos de funciones constantes y de la identidad en el dominio de los reales (\mathbb{R}) reciben el nombre de funciones polinómicas. Se tiene como centro la función de efectividad del tratamiento (F_{et}) representada en (Función 1):

$$F_{et} = F_{cr} - F_{cc}$$

Donde:

$$F_{cc} = f(t) \text{ número de casos confirmados por días}$$

$$F_{cr} = f(t) \text{ número de casos recuperados por días}$$

Se debe aclarar que la función de efectividad no expresa la cantidad de casos confirmados que se han recuperado, porque las funciones de casos confirmados y recuperados deben estar con una diferencia de catorce días como promedio, sino cómo se comportan en un mismo tiempo dado, esto evidencia diferentes escenarios donde puede predominar los casos confirmados o los recuperados, en función de esto se evidencia o no la mejora a partir de las medidas del enfrentamiento a la pandemia. Este modelo permitirá no solo el pronóstico de este comportamiento, además permite pronosticar las diferencias entre estas curvas mediante la aplicación de las integrales definidas, que no es más que la sumatoria de áreas bajo la curva de análisis, específicamente en el artículo se propone en la Función dos (Medición del impacto del tratamiento) las siguientes decisiones para medir el impacto del tratamiento (Impacto_{et}) (Función 2):

$$\text{Impacto}_{et} \int_{t_0}^{t_i} F_{et} dt = \begin{cases} < 0 \text{ deficiente efectividad del tratamiento} \\ = 0 \text{ zona de duda} \\ > 0 \text{ eficiente efectividad del tratamiento} \end{cases}$$

El análisis se centró en el mes de abril por los motivos siguientes: mes donde comienza el incremento de los casos, se percibe que el alto nivel de contagio es mucho mayor que la velocidad de recuperación, despliegue de múltiples acciones para incentivar la motivación de las personas que propicie una disciplina ciudadana, incremento de medidas de carácter organizativas como son crecimiento de las capacidades hospitalarias, incremento de centros de aislamiento, preparación del personal médico en protocolos de salud, aseguramiento de medicamentos para el protocolo de tratamiento, chequeos constantes de los consejos de defensa para la regulación de medidas a adoptar en función de los diferentes escenarios.

Sobre estos modelos se deben realizar análisis sobre su fiabilidad, en caso de errores identificar las fuentes internas y externas que influyen en el modelo y que no se pueden controlar para la veracidad del tratamiento.

RESULTADOS

Ha sido una buena práctica para garantizar la organización y participación social el uso de diversos medios de comunicación para explicar la evolución global de la epidemia y las medidas a adoptar ante esta, varios espacios televisivos han contado con la presencia de autoridades de la salud en Cuba como el Ministro de Salud Pública, la presencia del Dr. Francisco Durán García, Director Nacional de Epidemiología del MINSAP, en conferencia de prensa diaria, y de otros funcionarios del Gobierno cubano y el Ministerio de Salud Pública (MINSAP). Se tuvo en cuenta los datos estadísticos referenciados por la página nacional del MINSAP sobre información referida en el afrontamiento de la COVID-19, se procedió a realizar análisis desde otra visión y con otros materiales para fortalecer los estudios ya presentados por otros investigadores del país. Con los datos de casos diarios confirmados con la enfermedad y casos recuperados en el mes de abril se modelaron las funciones a analizar:

La Función 3 de los casos confirmados en el mes es una función polinómica de grado cinco, se seleccionó por encima de las otras funciones como se muestra en la tabla uno. Todos los pronósticos evidencian bajo coeficiente de regresión (R^2), según los análisis realizados, producto de la alta variabilidad del número de estos casos debido a la ocurrencia de eventos de transmisión, por lo que se vuelve indispensable el aislamiento físico o social, además del lavado correcto de las manos y el uso correcto del nasobuco (Función 3).

$$F_{cc} = 0,00005t^5 - 0,0036t^4 + 0,0992t^3 - 1,3886t^2 + 10,898t + 14,313$$

Por el contrario la función de casos recuperados seleccionada es también polinómica de grado cinco, cabe destacar que el resto de los análisis también presentan alto coeficiente de regresión, no se permite realizar los modelos de pronósticos de exponencial y potencial según los datos estadísticos. En esta Función 4 (casos recuperados) se evidencia mayor coeficiente de regresión, por el excelente trabajo de los médicos cubanos en los hospitales especializados para este tipo de pandemia (Tabla 1) y (Función 4).

$$F_{cr} = -0,0001t^5 + 0,0078t^4 - 0,2046t^3 + 2,2698t^2 - 7,9123t + 8,1967$$

Tabla 1. Comparación de los modelos de pronósticos

Coefficiente de regresión	Función polinómica de casos confirmados	Función polinómica de casos recuperados
Lineal	0,0057	0,6757
Función polinómica grado dos	0,4822	0,6766
Función polinómica grado tres	0,5162	0,6767
Función polinómica grado cuatro	0,5169	0,6776
Función polinómica grado cinco	0,527	0,698
Exponencial	0,0019	0
Logarítmica	0,033	0,5855
Potencial	0,0415	0

En la figura uno se muestra las funciones de tendencia de estos dos modelos seleccionados, se evidencia de manera general una disminución de los casos confirmados y una tendencia creciente en los casos recuperados, las dos funciones de carácter continuas, suaves y positivas. Según las tendencias se cortan las curvas, por lo que a finales del mes se evidencio los primeros días en donde el número de casos recuperados superó al número de casos confirmados (Figura 1).

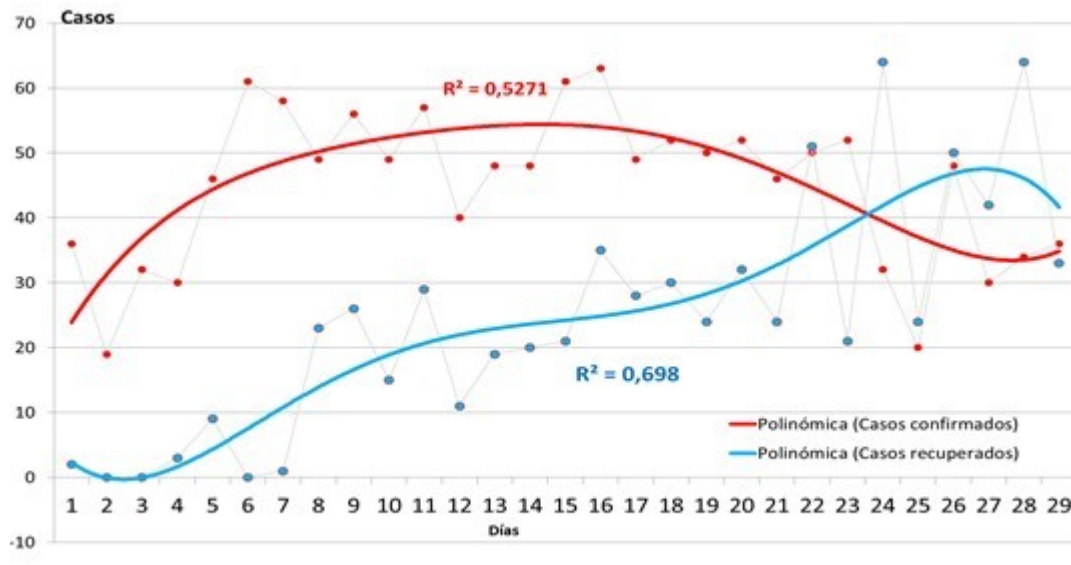


Figura 1. Tendencia de los casos confirmados y recuperados.

Con la ayuda del *software* de geometría dinámica-Sistema algebraico computacional (GeoGEBRA), ⁽¹⁵⁾ se representó la información con el comportamiento exacto de los casos confirmados y recuperados diarios, en la Figura dos se aprecia como de manera general se evidencian dos comportamientos. El primer comportamiento es la llamada zona roja, representado con este color para denotar peligro, en esta zona predominan los casos confirmados por el nuevo Coronavirus (Figura 2).

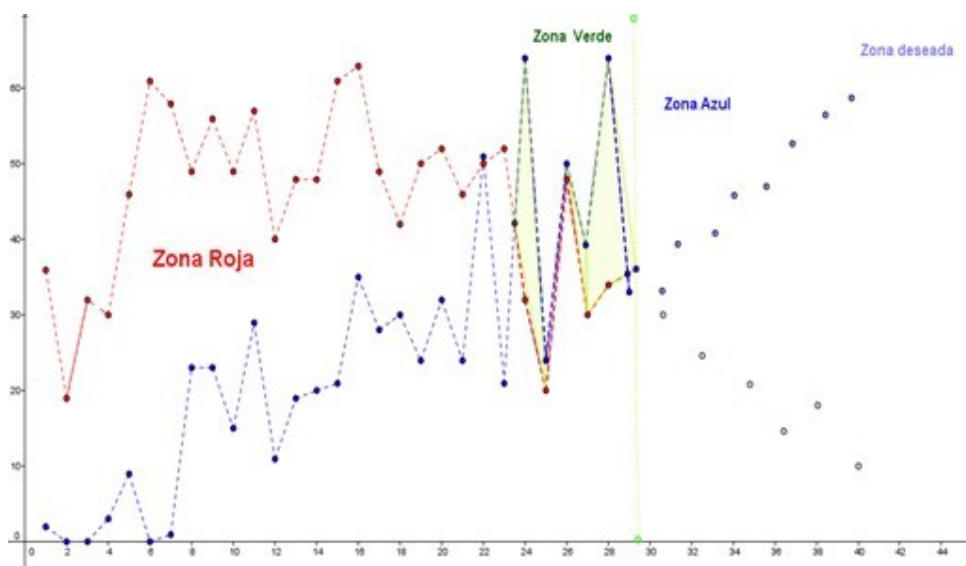


Figura 2. Comportamiento mediante tres zonas de la efectividad de las medidas ante la pandemia en el mes de abril.

Un segundo momento a partir del día 23 de abril hasta finales del mes llamado zona verde, representado por el color verde para denotar esperanza, es esta zona se evidencia lo contrario a la anterior, pues existe un predominio de los casos recuperados por encima de los casos confirmados, es necesario resaltar que esta mejora es resultado de la alta calidad de los servicios médicos cubanos y del cumplimiento del sistema de medidas adoptados para contrarrestar la enfermedad.

Luego de este análisis se pronostica la tercera zona: la zona azul, llamada así para denotar tranquilidad, en esta zona al igual que la anterior deben predominar los casos recuperados con tendencia al máximo de recuperados y los casos confirmados deben tender a cero, lo que denota una alta efectividad de las medidas adoptadas, este es el estado deseado que quiere el país y la población, constituyendo la meta a seguir por todos.

Se procede a determinar la función de efectividad del tratamiento quedando la forma siguiente (Función 5):

$$F_{et} = -0,00015t^5 + 0,0114t^4 - 0,3038t^3 + 3,6584t^2 - 18,8103t - 6,1163$$

Al reducir los términos semejantes se tiene una función polinómica también de grado cinco. Obteniendo esta función de efectividad se procede a determinar el impacto a través del cálculo del área entre las curvas, para esto se calcula la anti derivada o integral de la función de efectividad. A continuación se muestran los resultados. Como se evidencia el impacto en la zona roja (Función 6: cálculo del impacto de la efectividad en la zona roja) es deficiente e incide de manera negativa, este resultado puede estar asociado a la alta peligrosidad que posee el virus y al desconocimiento que aún se tiene sobre las características de este mortal virus. Por otra parte se aprecia un mejor comportamiento a finales del mes, que se traduce en esperanza de contención de la enfermedad, lo que se califica como un impacto positivo, esto puede estar vinculado con la laboriosidad del personal médico cubano, incremento de la disciplina social e impacto positivo de las medidas adoptadas en todos los niveles. Función 7: Cálculo del impacto de la efectividad en la zona azul (Función 6 y 7).

$$\text{Impacto de la efectividad}_{\text{zona roja}} = \int_1^{23} F_{et} dt = -24,74$$

$$\text{Impacto de la efectividad}_{\text{zonaverde}} = \int_{23}^{30} F_{et} dt = 70,81$$

En el caso particular de la tercera zona de tranquilidad, se convierte en una integral impropia ya que el límite de integración superior tiende a infinito, esto se interpreta, que el impacto de la efectividad también aumentará ilimitadamente a partir de la calidad del sistema de medidas adoptado, lo que se traduce en un acertado enfrentamiento a la COVID-19.

DISCUSIÓN

En los últimos tiempos se ha conocido un nuevo enemigo invisible, el coronavirus del síndrome respiratorio agudo grave 2 (SARS-CoV-2), identificado como la causa de un brote de enfermedades que comenzó en China en 2019. Esta enfermedad se llama enfermedad del Coronavirus 2019 (COVID19).

El mundo ha tenido que realizar un trabajo arduo para el enfrentamiento a esta pandemia que todavía es un acápite pendiente. Cuba no está exenta de este complejo proceso y se encuentra en un fuerte enfrentamiento que involucra a diferentes actores. Desde la confirmación de los primeros casos en la primera quincena del mes de marzo se han desatado cambios para afrontar esta pandemia. Científicos cubanos confirman la efectividad de las medidas tomadas a nivel nacional. ⁽⁷⁾

Se han investigado las características del nuevo coronavirus desde varios puntos de vista: anestesiólogos y cardiólogos. ^(16,17) Por otra parte se ha trabajado la modelación matemática en eventos epidemiológicos: estudios teóricos de los modelos matemáticos epidemiológicos en el año 2011 por Mesa Mazo MJ, ⁽¹⁸⁾ modelos matemáticos relacionados con la naturaleza de los sistemas ambientales, ⁽¹⁹⁾ en el 2014 se realizaron modelos matemáticos de transmisión y pronóstico y gravedad del dengue, una peligrosa pandemia que aún persiste, aunque se ha controlado gracias a los estudios realizados en este sentido. ⁽²⁰⁾ Estos modelos no se ajustan a las características de peligrosidad, letalidad y de velocidad de transmisión que presenta el nuevo Coronavirus. La Facultad de Matemática e Informática de la Universidad de la Habana en conjunto con la Dirección Nacional de Epidemiología del Ministerio de Salud Pública diseñaron modelos de pronóstico de esta letal pandemia. ⁽⁷⁾ Este modelo se basa en las curvas donde se presentan escenarios en dependencia de los casos confirmados, casos estables y casos recuperados. Días después de la publicación de este modelo el sitio de prensa CUBADEBATE anuncia que el pico se adelanta y como se debe interpretar este modelo de pronóstico de la COVID-19. ⁽²¹⁾

Sin embargo, en estos modelos no se cuantifica el impacto de las medidas adoptadas por el sistema de enfrentamiento, se infiere que la efectividad aplanará o elevará la curva en dependencia de la disciplina social. Resulta necesario cuantificar esta efectividad para poder comparar diferentes escenarios por lo que transcurre esta pandemia. La investigación resuelve esta problemática de cuantificar el impacto de las medidas ante la pandemia a través del análisis de modelos matemáticos: de los casos confirmados, recuperados y de la función de efectividad, permite además, predecir el impacto de la efectividad de las medidas en el territorio cubano. En estos resultados se evidencia como en el entorno pandémico se puede reducir la transmisión del nuevo coronavirus. ⁽²²⁾

Existen factores externos que sin duda son difíciles de controlar como los determinantes sociales, sin embargo, todos los factores se materializan influyendo en el incremento o disminución de casos confirmados y recuperados, base del análisis realizado en la investigación. En la figura tres se muestra un análisis para apoyar los resultados obtenidos (Figura 3).

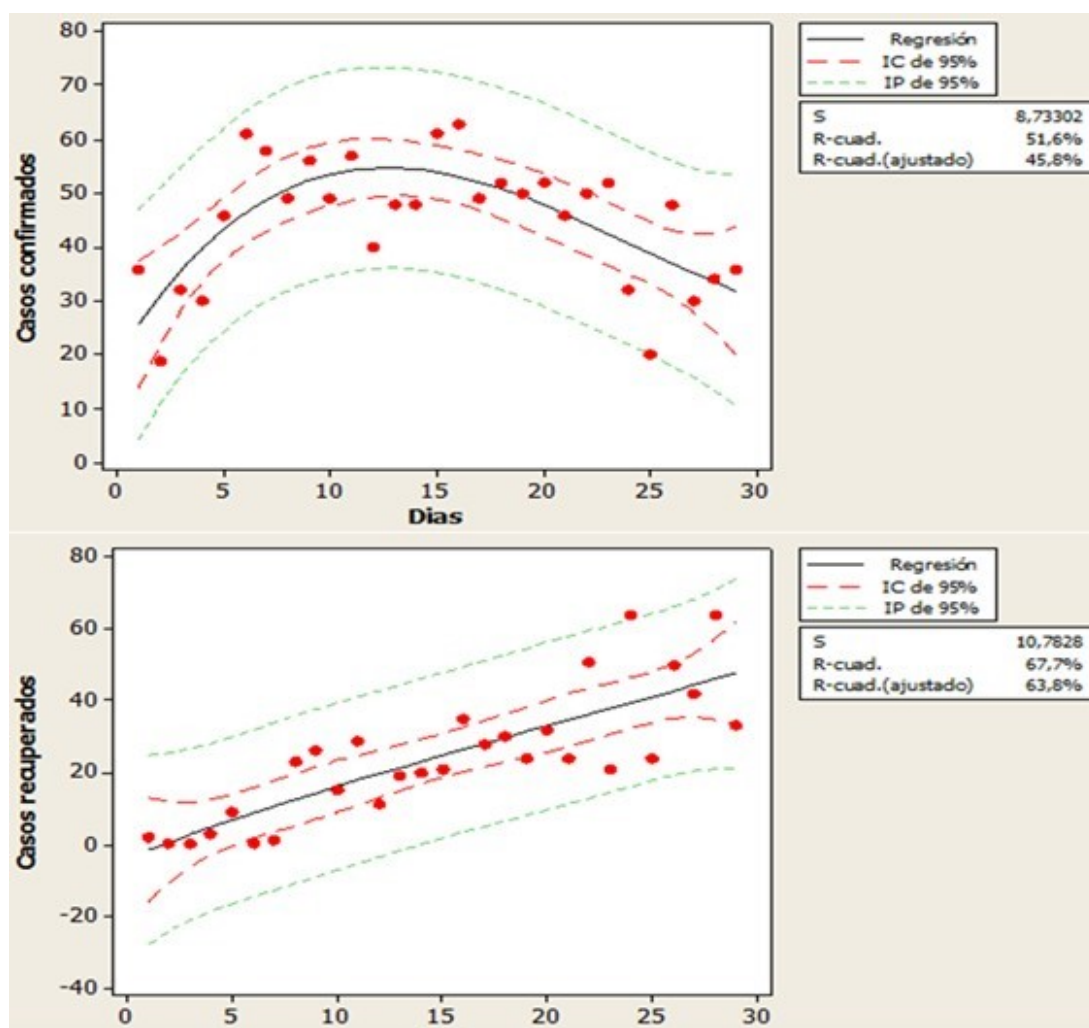


Figura 3. Límites de predicción en el modelo de las funciones analizadas.

El análisis realizado con el *software* MINITAB 17 sobre el modelo de pronóstico de casos confirmados y recuperados, en el mes de abril en el territorio cubano, arroja una vez más como el modelo realizado a los casos recuperados presenta un mayor coeficiente de regresión (63,8 %) respecto al modelo matemático de los casos confirmados. También se ratifica la monotonía creciente de la curva de casos recuperados y la monotonía decreciente de la curva de los casos confirmados. Este comportamiento permite evidenciar el aumento del impacto de la efectividad de las medidas ante esta pandemia a partir de los últimos días del mes. Este análisis resulta de vital importancia para evitar que colapsen hospitales y centros de aislamiento en el país, además de evidenciar matemáticamente el impacto de la efectividad del servicio médico cubano y del sistema de medidas adoptadas, que a su vez impacta en el territorio de manera directa. Se trabajó con un 95 % de confiabilidad que se materializa en los límites de confianza y de predicción, se fortalece así los análisis realizados en la investigación. Estos análisis realizados dan una visión del impacto de las medidas en tiempo posteriores al mes de abril, a medida que aumenta el tiempo medido en días aumenta el valor del impacto de la efectividad de las medidas adoptadas. Esta conclusión es evidente al observarse la superioridad, en días posteriores, de la curva de casos recuperados sobre la curva de casos confirmados.

CONCLUSIONES

Se obtuvo la función de efectividad basado en las funciones de casos confirmados y casos recuperados diarios, evidenciando que se pronostica mejoras en el enfrentamiento de la pandemia con extrema disciplina. Se determinó a través del método matemático de integrales definidas el impacto de las medidas antes la pandemia en diferentes zonas: roja, verde y azul, que transmiten un comportamiento diferente en el período analizado. Permite al territorio cubano ratificar el impacto positivo de la estrategia de mejora adoptada basadas en planes de acción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas/INFOMED. Coronavirus 2019 actualización [Internet]. La Habana: Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas/INFOMED; 2020 Feb 17. [citado 12 May 2020]. Disponible en: <https://temas.sld.cu/coronavirus/2019ncov/actualización17defebrerode2020>
2. Serra Valdés MA. Infección respiratoria aguda por COVID-19: una amenaza evidente. Rev haban cienc méd [Internet]. 2020 [citado 12 May 2020];19(1):1-5. Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/3171>
3. Ministerio de Salud Pública. Calidad e Innovación. Procedimiento de actuación frente a casos de infección por el nuevo coronavirus (SARS-CoV-2) [Internet]. La Habana: MINSAP; 2020 [citado 12 May 2020]. Disponible en: https://www.msbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCovChina/documentos/Procedimiento_COVID_19.pdf
4. Ministerio de Salud Pública. Protocolo Nacional MINSAP vs COVID-19 [Internet]. La Habana: MINSAP; 2020 [citado 12 May 2020]. Disponible en: <https://www.salud.msp.gob.cu>
5. Vega de la Cruz LO, Gonzáles Reyes LL. Diagnóstico estadístico del control interno en una institución hospitalaria. Rev haban cienc méd [Internet]. 2017 [citado 12 May 2020];16(2):295-309. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2017000200015&lng=es
6. Barrios Araya SC, Urrutia Egaña MJ, Rubio Acuña ME. Impacto de la simulación en el desarrollo de la autoeficacia y del locus de control en estudiantes de enfermería. Educ Med Super [Internet]. 2017 [citado 27 Ago 2020];31(1):[aprox. 10 p.]. Disponible en: <http://ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/929>
7. Vidal Ledo MJ, Guinovart Díaz R, Baldoquín Rodríguez W, Valdivia Onega NC, Morales Lezca W. Modelo matemático para el control epidemiológico. Educ Med Super [Internet]. 2020 [citado 27 Ago 2020];34(2):[aprox. 15 p.]. Disponible en: <http://www.ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/2387/972>
8. Vega de la Cruz LO, Lao León YO, Nieves Julbe AF. Propuesta de un índice para evaluar la gestión del control interno. Contaduría y administración [Internet]. 2017 [citado 27 Ago 2020];62(2):683-698. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104217300049>

9. de Oliveira AC, Oliveira de Paula A, Farnetano Rocha R. Costos del tratamiento antimicrobiano en pacientes con infección. Av Enferm [Internet]. 2015 [citado 27 Ago 2020];33(3):352-361. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/aven/v33n3/v33n3a03.pdf>
10. Ospino A, Robles C, Duran A. Diseño de un sistema médico asistencial de autorregulación de oxígeno por monitoreo no invasivo, basado en lógica difusa. Prospectiva. 2014;12(2):57-64.
11. Huapaya R, Lizarral A, Arona GM. Modelo basado en Lógica Difusa para el Diagnóstico Cognitivo del Estudiante. Form univ [Internet]. 2012 [citado 27 Ago 2020];5(1):13-20. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062012000100003
12. Jensen R, Lopes MH. Nursing and fuzzy logic: an integrative review. Rev Latino-Am Enfermagem [Internet]. 2011 [citado 12 May 2020];19(1):195-202. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692011000100026&lng=pt
13. Vega de la Cruz LO, Herrera González Y, González Reyes LL, Cantero Cora H. Construcción de futuros en una institución hospitalaria cubana. Arch méd Camagüey [Internet]. 2017 [citado 12 May 2020];21(3):348-360. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552017000300006&lng=es
14. Ministerio de Salud Pública. Información oficial del MINSAP. Coronavirus en Cuba [Internet]. La Habana: Minsap; 2020 [citado 12 May 2020]. Disponible en: <https://t.me/MINSAPCuba>
15. Geogebra: software libre. Descubre las Matemáticas con GeoGebra [Internet]. Austria: GeoGebra GmbH; 2020. Disponible en: <http://www.geogebra.org>
16. Dávila Cabrera SF, Martínez Clavel LL, Hernández Román MA. COVID-19. Visión del Anestesiólogo. Rev cuba cardiol cir cardiovasc [Internet]. 2020 [citado 27 Ago 2020];26(1):[aprox. 5 p.]. Disponible en: <http://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/953>
17. Naranjo Domínguez A, Valdés Martín A. COVID-19. Punto de vista del cardiólogo. Rev cuba cardiol cir cardiovasc [Internet]. 2020 [citado 27 Ago 2020];26(1):[aprox. 5 p.]. Disponible en: <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/951>
18. Mesa Mazo MJ. Modelos epidemiológicos. Marco Teórico. Blog Modelos Matemáticos en Epidemiología [Internet]. Colombia: Universidad del Quindío. Dic 2011- [citado 12 May 2020]. Disponible en: <http://modelosepidemiologicos.blogspot.com/>.
19. Ministerio de Educación ITE. Tipos de modelos matemáticos. Temas de Ecología. Naturaleza de los Sistemas Ambientales [Internet]. España: Instituto de Tecnologías Educativas; 2020 [citado 12 May 2020]. Disponible en: https://fjferreer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion01/13_tipos_de_modelos_matemticos.html
20. Sánchez Valdés L, Sebrango Rodríguez CR, Vega Riverón B, Alfonso Berrio L. Modelos de transmisión, pronóstico y gravedad del dengue. En: Guzmán MG, editor. Dengue [Internet]. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2014 [citado 12 May 2020]. Disponible en: https://www.bbs.sld.cu/libros/dengue/dengue_completo.pdf
21. Figueredo Reinaldo O, Padrón Padilla A, Carmona Tamayo E. COVID-19 en Cuba: El pico se adelanta, ¿qué dicen los modelos matemáticos y cómo interpretarlos? CUBADEBATE [Internet].

May 2020 [citado 12 May 2020]. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2020/04/27/covid-19-en-cuba-el-pico-se-adelanta-que-dicen-los-modelos-matematicos-y-como-interpretarlos/#.XqyxHM3B-60>

22. World Health Organization. Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV); Summary of current situation, literature update and risk assessment 7 July 2015 [Internet]. Geneva: WHO; 2020. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/179184/2/WHO_MERS_RA_15.1_eng.pdf?ua¼1

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

I. Leudis Orlando Vega-de-la-Cruz. Concepción y aplicación del procedimiento generado (donde integró herramientas de la Investigación de Operaciones) como parte de las soluciones implementadas.

II. Milagros Caridad Pérez-Pravia. Contribución en la conducción de la investigación desde su contextualización en las condiciones específicas del entorno.