

Título: LA MATEMÁTICA Y SU PAPEL EN EL CONTROL DE LA COVID – 19. UN ENFOQUE DIDÁCTICO

Dr.C. Alexis Carrasco Trujillo. Profesor Titular. Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona” La Habana. Cuba. Correo electrónico: alexisact@ucpejv.edu.cu

Marisela María Gómez Mesa. Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona” La Habana. Cuba. Correo electrónico: mariselaimgm@ucpejv.edu.cu

“No hay rama de la Matemática, por lo abstracta que sea, que no pueda aplicarse algún día a los fenómenos del mundo real”

NIKOLAI LOBACHEVSKI

RESUMEN.

El **SARS-CoV-2** provocador de la **COVID-19** ha puesto en primer plano la necesidad de un vínculo efectivo entre la ciencia y la sociedad en función del bienestar del hombre, mediado por los procesos de innovación que revolucionan y producen cambios sustanciales. Hoy ante el fenómeno epidemiológico, por indicación de la ciencia se modifica la vida de la sociedad, ello impone el conocimiento científico a partir de una visión más humanista en las diferentes disciplinas, para el mejoramiento humano.

En este proceso, ha quedado demostrado que la aplicación de la ciencia Matemática ha sido indispensable para la toma de decisiones de los actores políticos, en lo económico, en lo laboral y en la asistencia médica que permite determinar la utilización racional de los recursos materiales y humanos, medir la efectividad de los protocolos sanitarios, en la modificación de los modos de vida, en el comportamiento social, en la alimentación, en los hábitos y costumbres del hombre actual y hasta en la incorporación de medios de protección como parte de la indumentaria cotidiana.

Por esas razones, es indispensable tener en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática en los diferentes niveles educativos, la importancia de su aplicación al análisis y comprensión de los distintos problemas sociales que el hombre debe enfrentar.

PALABRAS CLAVE: **SARS-CoV-2, COVID-19, modelo matemático.**

ABSTRACT.

The provocative **SARS-CoV-2** of the **COVID-19** has put in first plane the necessity of an effective bond between the science and the society in function of the man's well-being, mediated by the innovation processes that revolutionize and they produce substantial changes. Today before the epidemic phenomenon, for indication of the science he/she modifies the life of the society, it imposes it the scientific knowledge starting from a humanist vision in the different disciplines, for the human improvement.

In this process, it has been demonstrated that the application of the Mathematical science has been indispensable for the taking of the political actors' decisions, in the economic thing, in the labor thing and in the medical attendance that allows it

determines the rational use of the material and human resources, to measure the effectiveness of the sanitary protocols, in the modification in the ways of life, in the social behavior, in the feeding, in the habits and the current man's customs and until in the incorporation of protection means like part of the daily dress.

For those reasons, it is indispensable to keep in mind in the process of teaching-learning of the Mathematics in the different educational levels, the importance of their application to the analysis and understanding of the different social problems that the man should face.

WORDS KEY: SARS-CoV-2, COVID-19, mathematical model.

INTRODUCCION

Desde finales de diciembre del 2019, azota al mundo, una de las más mortífera pandemia, identificada como un nuevo coronavirus, que no ha respetado ninguno de los continentes, esta pandemia se ha propagado tan vertiginosamente que de 3 casos de personas infectadas en Wuhan, capital de la provincia de Hubei en China, en apenas un año y medio, según fuente informativa (buscador) **Google**, ya alcanza la increíble cantidad de 40, 226 533 contagiados en la región de las Américas (26/07/21), totalizando hasta esa fecha 204 millones en el Mundo y continúa irrefrenablemente, tendiendo sus tentáculos de muerte. Los candidatos vacunales que hoy se desarrollan en varios países y los que ya lo aplican de forma masiva, son la esperanza para detener esa situación, aunque no todos los seres humanos tienen la seguridad de poder ser inmunizados. En Cuba existe la certeza de que toda la población será beneficiada con los resultados de la ciencia cubana.

El enfrentamiento a esa pandemia ha demandado la necesidad de acelerar la integración de las ciencias a la solución de los graves problemas que se generan en todos los órdenes y en ese proceso, la matemática ha tenido un rol fundamental para los análisis de la situación sanitaria en el país, determinar la necesidad de adoptar medidas para abrir nuevos centros de aislamiento, crear nuevos laboratorios de análisis de muestras, realizar pronósticos a corto y mediano plazo, determinar hacia donde y cuando se dirigen los recursos con que contamos, entre otras decisiones a partir de la magnitud del crecimiento de los casos confirmados.

La información sistemática que brindan los medios de comunicación y los análisis diarios han permitido elevar la cultura matemática de la población y su terminología ya es familiar para muchas personas.

Es característico de la escuela cubana incorporar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática, siempre que sea posible, la aplicación práctica de esa ciencia, lo que contribuye a la creatividad y al desarrollo del pensamiento lógico de los estudiantes.

El presente trabajo tiene la intención de evidenciar esas posibilidades, utilizando como medio fundamental las conferencias televisivas del Dr Francisco Durán García, Director de Higiene y Epidemiología del Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba.

Figura 1. Covid-19 en Cuba, en América y en el Mundo



Figuras que muestra el desarrollo de la pandemia (04/11/20). Conferencia televisiva del Dr. Francisco Durán García, Director de Higiene y Epidemiología del Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba.

Desarrollo

La **Agenda 2030** y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (**ODS**) definen metas y formas de actuación para la sociedad mundial, desde el 2015, año en que fueron aprobados por la Organización de Naciones Unidas (**ONU**). El compromiso con este programa es inherente a las esencias científicas, humanistas y desarrolladoras que distinguen a las instituciones educativas universitarias cubanas, que inmersa en el cumplimiento de estos objetivos han tenido que modificar su accionar producto de la **SARS-CoV-2**. Los currículos han sido contextualizados para dar respuesta al enfrentamiento a la **COVID-19** y mantener las aspiraciones de cumplimiento de las metas globales.

En Cuba desde la aparición de los primeros casos confirmados, importados el 11 de marzo del 2020, se inició la lucha contra el coronavirus, cuya terrible finalidad es la de alojarse en las personas, dejando hasta el 04/11/2020, según datos aportados por la TV cubana, 53,308 confirmados, causando serias afectaciones en la salud, la vida y la economía de los cubanos.

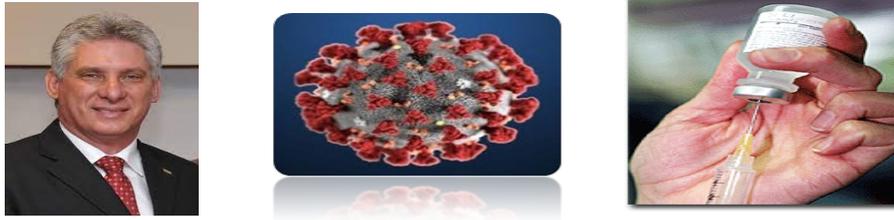
En el periódico **Granma**, en su edición del jueves 10 de septiembre de 2020, aparece publicado: "Soberana 01, entre las 37 vacunas en el mundo en ensayos clínicos en humanos". ¿Cómo se verifica esta información? El dato trasciende a partir del rastreo de vacunas contra el coronavirus que ha desarrollado **The New York Time**, una herramienta en ambiente web que también da cuenta, en su actualización del 4 de septiembre 2020, de que al menos otras 91 vacunas preclínicas están bajo investigación activa en animales. En nuestro país, según se precisa en el sitio web de la "**Red Cubana de la Ciencia**", este rastreador contiene todos aquellos candidatos vacunales que han llegado a ensayos en humanos.

Importantes científicos en el mundo mantienen informada a la población mundial acerca del diario desarrollo de la pandemia. En Cuba, el prestigioso Dr. Francisco Durán García, Director Nacional de Epidemiología del MINSAP es el encargado de informar en la conferencia de prensa diaria, sobre la evolución de la pandemia **COVID-19**. ¿Cómo es posible lograr una adecuada interpretación de tan complejos datos epidemiológicos y padecimientos que sufre la población? ¿Cómo es posible mostrar hechos y sucesos que describan la tragedia? ¿Cómo es posible cuantificar las afectaciones económicas y sociales provocadas? Es evidente que, se necesitan herramientas poderosas para apoyar a las ciencias médicas en su ardua labor curativa y salvadora y a los gobiernos que enfrentan con voluntad política la devastación. Estas posibilidades las brindan las Matemáticas como poderoso medio para diagnosticar, pronosticar, cuantificar, modelar situaciones y fenómenos, comparar y orientar hacia donde deben ir las políticas gubernamentales de enfrentamiento a la pandemia.

En el libro "Las ciencias en la construcción de la sociedad y la cultura cubanas" el presidente de la República de Cuba, Miguel Mario Díaz-Canel expresó: "Que las personas empiecen a aprender a trabajar con **modelos matemáticos** para la toma de decisiones, se ha convertido en cultura de pueblo también, ya hablan de las

gráficas del modelo, siguen las gráficas, todo eso nos ha ido apoyando". (Torres-Cuevas E, 2021: 107)

Figura 2. Presidente de la República de Cuba, Dr.C Miguel Mario Díaz-Canel Bermúdez



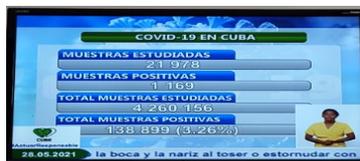
(04/04/21) Inicio del proceso de vacunación de la población cubana. El presidente reconoce la importancia de los modelos matemáticos en el enfrentamiento del país a la COVID-19

Es oportuno destacar que un **modelo matemático** es la descripción matemática (comúnmente se utiliza una función o una ecuación) de un fenómeno del mundo real. El propósito del modelo es entender el fenómeno y hacer previsiones sobre el comportamiento futuro. (Stewart James, 2014: 22).

Recordemos que las leyes fundamentales de la naturaleza se basan en observaciones y en matemática, en general, se expresan por ecuaciones diferenciales.

En la comparecencia diaria del prestigioso galeno Dr. Francisco Durán García, se cuantifican datos y se ofrecen en forma de $\frac{dy}{dx}$, se establecen relaciones de hechos y sucesos, se ofrecen datos estadísticos, y se muestran mapas y gráficos que ponen a la luz pública cuanto ocurre en la actualidad en nuestro país y en el mundo.

Figura 3. Casos confirmados por provincias Figura 4. Total de muestras positivas Figura 5. Fallecidos y letalidad



Gráficos que muestran casos confirmados por provincias, fallecidos y % de letalidad, Marzo-Septiembre 2020.

Esta información está acompañada de la aplicación de los conceptos y propiedades relacionadas con el conjunto de los **números naturales (IN)** y el conjunto de los **números fraccionarios (Q)** y de su utilización e importancia. Es evidente que en esta información aparecen números expresados en diferentes formas y además, con diferentes significados que son utilizables para indicar “cantidades contables”, y relaciones entre cantidades cuando se refiere a un todo. Además de las operaciones de cálculo, se ponen en práctica algunas ideas básicas del trabajo con la proporcionalidad y una de sus aplicaciones “**el tanto por ciento (%)**”.

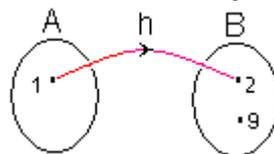
El significado de comparaciones a través del tanto por ciento “un tanto de cada cien” se evidencia diariamente en el concepto médico “**letalidad**”, que significa el número de fallecidos en relación con las personas que se diagnostican (confirmados).

En la terminología médica que se utiliza para brindar la información diaria, también se tiene en cuenta la “**Tasa de Mortalidad**” que significa el número de fallecidos por cada 100 mil habitantes de una población. ($\frac{0}{100}$).

Al interpretar la información que se brinda en el órgano televisivo, donde se utilizan estos conceptos matemáticos, se distinguen claramente, el total, la parte y la

relación entre ellas, lo que representa el porcentaje a calcular y cuáles son los que constituyen datos. En estas informaciones están implícitos los conceptos de “**Razones y Proporciones**” entre cantidades. Recordemos que la expresión $a : b$ o $\left(\frac{a}{b}\right)$ se considera como razón de una cantidad a otra cantidad de la misma especie y se lee “**a es a b**” y que la igualdad indicada de dos razones se llama **proporción** $\left(\frac{a}{b} = \frac{c}{d}\right)$, es por ello que en nuestras instituciones docentes al estudiar el cálculo de porcentajes, se hace énfasis en la comprensión de que están relacionadas dos cantidades y en la utilización de la fórmula general: $\frac{P}{T} = \frac{\%}{100}$ que nos permite resolver problemas en los tres casos de cálculos que se presentan.

Cuando se analiza el crecimiento o decrecimiento, disminución o aumento de casos positivos o recuperados de la pandemia, estamos inmersos en mostrar una **relación o correspondencia entre conjuntos**, es el caso del análisis de los enfermos hospitalizados por días, que relaciona al conjunto de casos activos (infectados), y al conjunto que representa los días del mes a partir del inicio. Recordemos que “una correspondencia que a cada elemento de un conjunto **A**, le hace corresponder un único elemento de un conjunto **B**; es una función”.



El estudio de las funciones tiene gran importancia, pues muchas de las situaciones prácticas que el hombre enfrenta encuentran interpretaciones y soluciones con ayuda de las funciones. Este elemento hace evidente la posibilidad que encierra este contenido para ilustrar la relación entre la Matemática y la realidad objetiva y comprender la Matemática como un medio para transformar, describir o interpretar fenómenos y procesos reales que se dejan modelar con este recurso.

En los meses **Marzo-Abril**, los científicos analizaban la forma de propagación de la pandemia, estos estudios preliminares mostraban un crecimiento vertiginoso en función del tiempo, un comportamiento exponencial.

Se llama función exponencial de base a ($a > 0, a \neq 1$) a la función que a cada $x \in \mathcal{R}$, le hace corresponder a^x , es decir, al conjunto $\{(x; a^x) : x \in \mathcal{R}, a > 0, a \neq 1\}$.

Esta función tiene la particularidad de que su derivada $f'(x) = f(x)$ es la misma función. Se denota equivalentemente como $f(x) = e^x$ o $\exp(x)$, donde **e** es la base de los logaritmos naturales y corresponde a la función inversa del logaritmo natural.

Figura 6. Funciones exponenciales



Funciones exponenciales de diferentes bases

Tan importante información sobre el comportamiento del **Sarcov-2** es posible gracias al cálculo estadístico utilizado por los especialistas integrantes del **Grupo Temporal de Trabajo para la prevención y control de la pandemia**, presidida por el **Presidente de la República de Cuba, Miguel Mario Díaz-Canel**, entre los cuales se encuentran el **Dr.C Raúl Ginovar, Decano de la Facultad de Matemática de la Universidad de la Habana** y el **MSc. Frank Millán García, Matemático-Estadístico**, los cuales diariamente confirman los procesos de recopilación, procesamiento y análisis de información realizados por las instituciones de salud, con la finalidad de adquirir conocimientos de los daños que día a día ocasiona la pandemia en la población.

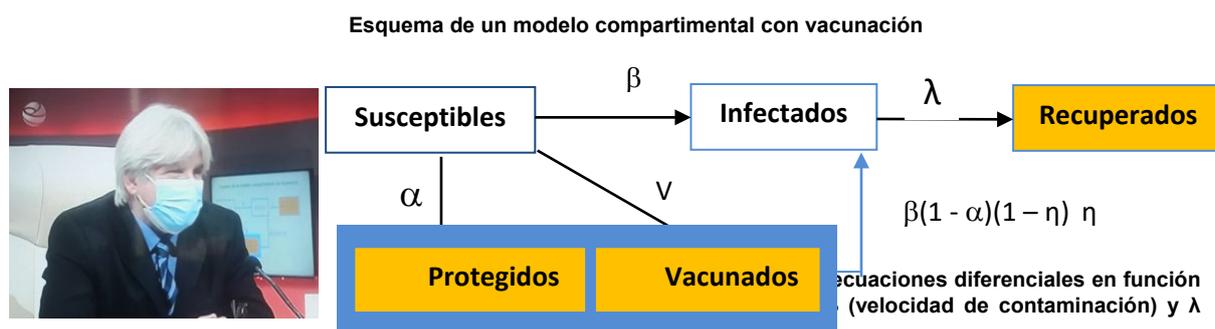


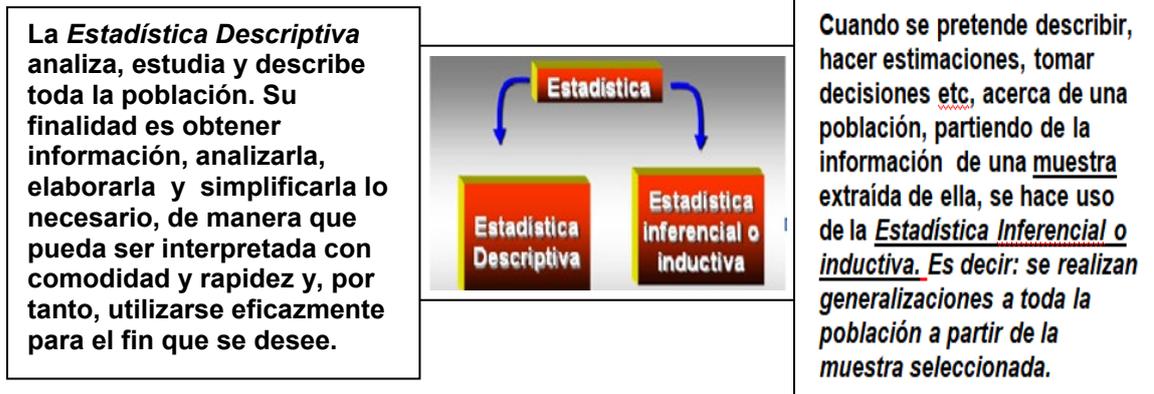
Figura 7. Enfermos hospitalizados por día



La gráfica muestra diferentes modelos de la pandemia a partir del (11/03/2020)

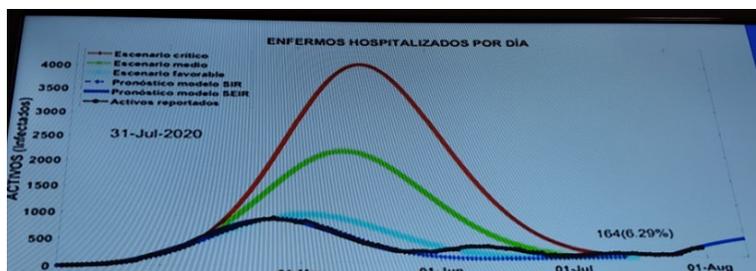
En todas las sociedades desde tiempos remotos, ha sido necesario hacer análisis numéricos relacionados con la salud pública, nacimientos, muertes y actividades propias del comercio, situación que ha determinado un perfeccionamiento paulatino de los procesos de recopilación y tratamiento de información propio de la Estadística. El seguimiento al **SARS-CoV-2** y el desenfrenado número de contagiados y fallecimientos producto de la **COVID-19**, marca la necesidad del estudio de la Estadística, ya sea, **Descriptiva o Inferencial**, ya que el estudio y análisis de datos no se limita solamente al estudio demográfico y de la Economía, su campo de aplicación se extiende a las diferentes esferas de la vida del hombre pues, día a día se presentan informaciones de carácter económico, medioambientales, políticos y sociales que necesitan ser interpretados para una mejor comprensión de los hechos y fenómenos de la sociedad y del mundo. Tan importante información sobre el comportamiento de la pandemia se obtiene mediante el reconocimiento de las medidas estadísticas que se utilizan en la descripción de fenómenos o procesos que aparecen en las investigaciones sociales y pedagógicas, estas son entre otras, medidas de tendencia central, medidas de regresión y correlación,

el conocimiento de las formas de una distribución y la aplicación de la teoría de las probabilidades.



Por otra parte, un análisis más detallado de las gráficas que revelan el comportamiento del fenómeno epidemiológicos aparecidos en el medio televisivo del 4, mayo de 2020 y que muestra que ese día se alcanzó el “**pico de enfermos hospitalizados**” llamado “**escenario crítico**” que marca el intervalo de variación del crecimiento y decrecimiento de infectados con la pandemia, nos permite para el análisis, utilizar la relación armónica entre la ciencia Matemática y la ciencias médicas que nos brinda el **Análisis Matemático** a través de los recursos y los métodos del “**Cálculo Diferencial e Integral**” de las funciones de una variable real, las **estrategias heurísticas** y las **estrategias metacognitivas**.

Figura 8. Diferentes escenarios de casos activos



Grafica que muestra activos infectados (Marzo – Agosto 2020)

El **modelo matemático**, por los conceptos estudiados en la disciplina: Intervalos de monotonía, Intervalos de concavidad y puntos de inflexión, valores máximos y mínimos locales, entre otros, nos brinda las herramientas matemáticas necesarias que facilitan aplicar la matemática para diagnosticar y pronosticar el fenómeno que nos invade.

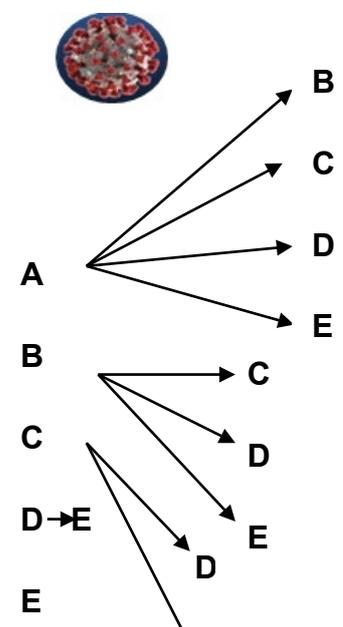
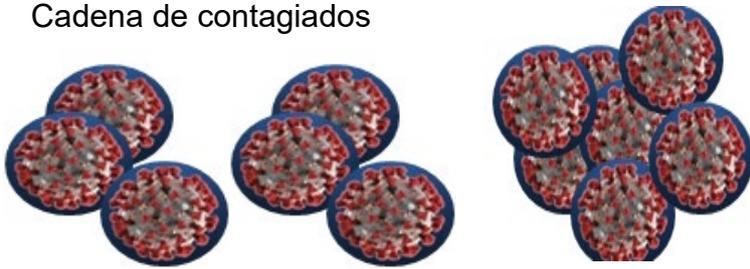
Quando se habla de **rebrote** de la enfermedad, se está hablando de nuevos focos de contaminación y de la ramificación de este fenómeno. Por analogía, los diagramas de árbol o ramificados y la Sucesión de Fibonacci en la naturaleza, son modelos matemáticas que nos permiten aproximarnos al estudio de la **COVID – 19** y sus formas de propagación. Una de las causas que originan el rebrote es el contacto de personas con algún infectado, si no se cumplen las medidas de aislamiento, se va originando una cadena de contagiados en dependencia de la cantidad de personas que cada uno halla contactado, o sea, se ha generado un **árbol o ramificación** cuyo **modelo matemático** conduce a la fórmula general:

$\frac{n(n-1)}{2}$, donde **n** representa la cantidad de personas, cada persona establece contacto con otra ($n - 1$), o sea, el contacto se establece entre 2 personas (**A y B**) y se ramifica hasta tanto sean aislados y tratados los contagiados.

Es importante reconocer que en Matemática, los modelos ramificados se utilizan básicamente en problemas de conteo y también en los de multiplicación (**Principio de multiplicación**) en la **Teoría Combinatoria**, donde se dan la cantidad de partes y el contenido de cada parte para hallar el todo. En la figura se muestra un modelo de ramificación entre cinco personas (**A, B, C, D, E**).

Modelo ramificado tomando n = 5

Cadena de contagiados



...a es realizabile (Entiendo el en configuraciones biológicas) a través de una

función generadora.

Una función generadora para una sucesión cualquiera $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots$ es la función $f(x) = \alpha_0 + \alpha_1x + \alpha_2x^2 + \alpha_3x^3 + \alpha_4x^4 + \dots$ elementos de la sucesión.

Los números de Fibonacci tienen la función generadora:

$$f(x) = \frac{x}{1 - x - x^2}$$

Cuando esta función se desarrolla en potencias de **x**, los coeficientes resultan ser la sucesión de Fibonacci:

$$\frac{x}{1 - x - x^2} = 0x^0 + 1x^1 + 1x^2 + 2x^3 + 5x^4 + 8x^5 + 13x^6 + \dots$$

Conclusión

El **SARS-COV-2** provocador de la **COVID-19** ha puesto en primer plano la necesidad de un vínculo efectivo entre la ciencia y la sociedad en función del bienestar del hombre. Esta pandemia ha llevado su mortífera carga epidémica a 190 países del orbe afectando a los cinco continentes. Hay que detener la **COVID-19** antes que se convierta en una endemia.

Hoy más que nunca, frente a esas exigencias de la sociedad y las condiciones sociales imperantes, se acrecienta el imperativo de buscar en las raíces de las ciencias el contenido curricular para lograr una adecuada educación y formación en el ser humano, científica, patriótica, humanista y solidaria.

El enfrentamiento a la **COVID-19** en Cuba ha demostrado la efectividad del vínculo ciencia-sociedad en muchas áreas del saber humano, y en particular con la Matemática, lo que ha facilitado la toma de decisiones en las diferentes etapas y al mismo tiempo una importante labor relacionada con la educación para la salud, lo cual demuestra la aplicación práctica de esa ciencia.

Ante tales evidencias corresponde a la escuela cubana en los diferentes niveles educativos, ahora con mayor énfasis, reforzar esos conocimientos a través de la resolución de problemas, que prepare a los estudiantes para entender los fenómenos vinculados a la vida social, de carácter político-ideológico, económicos, ambientales y otros, y para el logro de este propósito, se deben emplear los conceptos matemáticos antes tratados.

Conscientes de las penalidades que ha padecido la humanidad desde su surgimiento y de las formas de enfrentamiento que ha sostenido durante siglos contra las múltiples pandemias que lo han invadido: **cólera, malaria, paludismo, dengue, fiebre amarilla, VIH/sida** entre otras y ante el hecho de que no se puede garantizar que el fenómeno actual no se repita, es necesario continuar preparando a la sociedad desde las ciencias, en las instituciones docentes, para minimizar los efectos nocivos de estos fenómenos epidemiológicos y en esa preparación, reconocer el papel de la ciencia Matemática.

Bibliografía

Díaz-Canel Bermúdez, M. (2021). En Torres-Cuevas E. Las ciencias en la construcción de la sociedad y la cultura cubanas. Tesis a debate. Editora. Imagen Contemporánea. La Habana, Cuba.

_____. Intervención especial en la televisión cubana, 12 de julio de 2021. Sitio web .”Cuba Debate” La Habana, Cuba.

Duran García, F. (2020-2021). Conferencia de prensa diaria televisiva sobre el enfrentamiento a la pandemia. La Habana, Cuba.

Stewart James. (2014) Cálculo. Volume I. Cengage Learning Edições Ltda. 7a edição norte - americana. University of Toronto.

Torres-Cuevas, E. (2021). Las ciencias en la construcción de la sociedad y la cultura cubanas. Tesis a debate. Editora. Imagen Contemporánea. La Habana, Cuba