Retos de la Dirección 2021; 15(2): 108-121

Artículo

Evaluación del comportamiento de la pandemia COVID-19 y pronóstico de su evolución

Evaluation of the Behavior of COVID-19 Pandemic, and Evolution Forecasting

Giordano Rodríguez Rodríguez[1] https://orcid.org/0000-0002-4025-1424
Néstor Álvarez Álvarez[2] https://orcid.org/0000-0002-2225-9182
Rafael Feliciano Ramírez Varona[1*] https://orcid.org/0000-0002-9770-2660
Magaly Almeida Borges[1] https://orcid.org/0000-0002-0209-5598

[1]Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Camagüey, Cuba.

[2]Centro de Estudios de Dirección Empresarial y Territorial, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Camagüey, Cuba

*Autor para la correspondencia: rafael.ramirez@reduc.edu.cu

RESUMEN

Objetivo: Proponer indicadores y procedimientos para evaluar y predecir el comportamiento de la pandemia COVID-19 con el empleo de conocimientos elementales de matemática.

Métodos y técnicas: Búsqueda de información sobre el comportamiento de la pandemia en diferentes escenarios y aplicación de métodos matemáticos y estadísticos. **Principales resultados:** Indicadores y procedimientos que contribuyen a evaluar la situación de la pandemia COVID-19 y hacer pronósticos en relación con el incremento de los contagios y defunciones para la toma de decisiones. **Conclusiones:** Los

indicadores y procedimientos propuestos contribuyen a evaluar el comportamiento de la pandemia COVID-19 y a predecir en el corto y mediano plazos su comportamiento para la toma de decisiones sanitarias y gubernamentales.

Palabras clave: COVID-19, indicador de salud, incremento diario de contagios, incremento promedio, nueva letalidad.

ABSTRACT

Aim: to propose indicators and procedures that assist in the evaluation, and prediction of the behavior of COVID-19 pandemic, using basic mathematical knowledge.

Methods and techniques: search of information about the behavior of the pandemic in different scenarios, and the application of mathematical and statistical methods.

Main results: indicators and procedures that contribute to the evaluation of the situation caused by COVID-19, and forecasting possible rises of infected cases and deaths, to help in decision-making.

Conclusions: the indicators and procedures suggested contribute to the evaluation of the behavior of COVID-19 pandemic, and to short and mid-term forecasting of its behavior, for decision-making by sanitary and government authorities.

Key words: COVID-19, health indicator, increase of daily infected cases, average increase, new lethality.

Recibido: 29/10/2020

Aprobado: 04/05/2021

INTRODUCCIÓN

En situaciones que se generan a partir de un caso especial como es la presente pandemia, se deben tener en cuenta indicadores que permitan tomar decisiones de

forma rápida, oportuna y efectiva, para que no exista un colapso del sistema hospitalario. Por ejemplo, en el caso de la COVID-19, la relación entre contagiados y altas diarias permite evaluar esta posibilidad en el sistema de salud; sin embargo, no permite evaluar la tendencia y por lo tanto pronosticar el futuro comportamiento de la enfermedad.

Para un estudio más abarcador del comportamiento de la pandemia generada por el coronavirus que trae aparejada la COVID-19, en correspondencia con los indicadores de salud propuestos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2018), el objetivo del presente estudio es proponer dos indicadores y procedimientos para evaluar y predecir el comportamiento de la pandemia COVID-19 con el empleo de conocimientos elementales de matemática. Ellos son el incremento diario de contagios asociado al indicador relativo a servicios de salud y otra manera de calcular la letalidad vinculada al indicador de mortalidad. A partir de estos se derivan otros.

Con el incremento diario de contagios se puede calcular el incremento promedio diario de contagios en un período determinado y obtener intervalos de confianza para este, que permiten hacer pronósticos del comportamiento ulterior.

La letalidad que se ofrece diariamente es relativa en el sentido de que los que fueron diagnosticados en ese día o en días recientes no han tenido tiempo para evolucionar hacia la recuperación o a un desenlace fatal. Hay que considerar un número de días en el que un por ciento alto de los positivos decide su evolución definitiva. Lo anterior hace proponer otra manera de calcular la letalidad. Ante la interrogante de ¿cuál es la verdadera letalidad?, se introduce el error relativo que se comete al aceptar una u otra.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera: se define el incremento diario de contagios (IDC) y el incremento promedio de contagios (IPC), así como la manera de determinar el número de contagios transcurridos n días a partir de un día dado, tanto puntual como por intervalos. Seguidamente se ofrece cómo estimar el número de días que deben transcurrir para alcanzar una cifra dada de contagios, lo cual es idéntico para el caso de las defunciones, es decir, de igual manera se definen el incremento diario de defunciones (IDD) y el incremento promedio de defunciones (IPD) y se realizan de forma análoga las estimaciones. Finalmente se define la nueva letalidad, se muestra la convergencia entre esta y la letalidad oficial, en tanto se introduce el error que se comete al aceptar una u otra.

DESARROLLO

Los indicadores estadísticos

Uno de los retos de los gobiernos en la actualidad es contar con información relevante y oportuna para el proceso de toma de decisiones; los indicadores son sin duda una herramienta que potencia el actuar de los decisores en los gobiernos y en todas las esferas del país; la información en la toma de decisiones ocupa un papel importante y los indicadores estadísticos constituyen sin duda una herramienta para el logro de tales acciones (Godin, 2003).

Un indicador es una medición que refleja una situación determinada. Todo indicador de salud es una estimación (una medición con cierto grado de imprecisión) de una dimensión determinada de la salud en una población específica (OPS, 2018). Otros autores e instituciones se refieren al término de manera análoga, entre otros: OPS (2014), Naciones Unidas (2014), Oliva, Delgado y Larrauri (2019) y Walker, Whittaker, Watson y Baguelin (2020).

No obstante, una de las definiciones más utilizadas por diferentes organismos y autores es la que Bauer dio en 1966 (citado por Mondragón, 2002, p.52): “Los indicadores sociales (...) son estadísticas, serie estadística o cualquier forma de indicación que nos facilita estudiar dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos con respecto a determinados objetivos y metas, así como evaluar programas específicos y determinar su impacto”.

Existen otras definiciones dadas por otros autores que tratan el tema en cuestión; una de ellas es la ofrecida por Campistrous y Rizo (2008) donde plantean: “Es una variable que permite indicar a los valores de otra variable, o sea sus valores indican los valores de otra variable” (p. 2).

Para el logro del objetivo del presente trabajo resultan pertinentes las definiciones citadas anteriormente, pues los indicadores que se proponen indican los valores de otra variable que está relacionada con el comportamiento de la pandemia COVID-19 en el mundo y en consonancia con las metas propuestas.

A continuación, los autores del presente trabajo proponen un conjunto de indicadores y procedimientos que pueden ser utilizados para tomar decisiones.

El incremento diario de contagios

El número de incremento diario de contagios se define como el cociente entre el número de contagiados en ese día y el número total acumulado de contagios del día anterior, nómbrese IDC.

En fórmula es $IDC = \frac{\textit{número de contagios en el día}}{\textit{acumulado de contagios hasta el día anterior}}$ (1)

El IPC en n días está dado por la suma de los IDC de los días considerados dividido por n. En fórmula: $IPC = \frac{\sum_{i=1}^{n} IDC_i}{n}$ (2)

Se puede estimar el número acumulado de contagios en el n-ésimo día a partir de un día dado, de dos maneras:

Primero: puntualmente, en este caso es $C_n = (1 + IPC)^n C_i$ (3) donde C_n es el número de contagios acumulados que se esperan en el n-ésimo día, a partir del número de contagios acumulados en el día inicial o de partida C_i, n es el número de días e IPC el incremento promedio de contagios de los últimos 10 días. Se pueden considerar más días, pero es posible que la tendencia sea sensiblemente diferente, véase la Tabla 1.

Esta estimación no permite *a priori* conocer la confiabilidad del resultado, como ocurre con la estimación por intervalos que a continuación se expone.

Un intervalo de confianza para este IPC con varianza desconocida del 90 % de confiabilidad viene dado por $\left]IPC - \frac{s}{\sqrt{n}}\, t_{0.95}^{(n-1)}\,;\, IPC + \frac{s}{\sqrt{n}}\, t_{0.95}^{(n-1)}\right[=]IPC_i; IPC_d[$ (4), donde $s = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}\right)$ (5) es la desviación típica y $t_{0.95}^{(n-1)}$ se refiere a la distribución t de Student.

Para ofrecer un intervalo de confianza que pronostique el acumulado de contagios a partir de un día dado (C_i) para n días posteriores (C_n) se comienza por determinar el intervalo $](1 + IPC_i)^n; (1 + IPC_d)^n[$ (6) y a partir de este multiplicando por C_i ambos extremos el esperado intervalo $](1 + IPC_i)^n C_i; (1 + IPC_d)^n C_i[$. (7) $C_n = (1 + IPC)^n C_i$, (3) es fórmula básica, para ambas estimaciones (Cué, Castell y Hernández, 1987).

Nota: Todas las fechas que aparecen en lo adelante pertenecen al año 2020, y todas fueron tomadas de Ministerio de Salud Pública (2020).

Se puede ilustrar, a partir del incremento promedio de contagios en el mundo entre los días 11 y 20 de mayo, ambos incluidos, tal y como aparece en la Tabla 1, que expresa el $IPC = 0{,}020\ 2$, calculado a partir de los datos tomados del sitio oficial del Ministerio de Salud Pública (2020), cuya desviación típica es $s = 0{,}001\ 536$.

El intervalo de confianza para IPC es $]0{,}019\ 3\ ;0{,}021\ 09[$, a partir de este se determina el intervalo (4) para 5; 10 y 15 días y se obtienen los intervalos:

$I_5 =]1{,}100\ 35\ ;1{,}109\ 99[$

$I_{10} =]1{,}210\ 77\ ;1{,}232\ 08[$

$I_{15} =]1{,}332\ 27\ ;1{,}367\ 6[$,

Multiplicando ahora por $C_i = 476\ 646\ 8$ cada uno de los extremos de los intervalos anteriores (como indica el intervalo (6) que corresponde al acumulado de contagios del 20 de mayo, se obtienen los correspondientes intervalos (6) de confianza de los contagios acumulados para los días 25 y 30 de mayo y el 4 de junio.

$I_5 =]5\ 244\ 783\ ;5\ 290\ 731[\ contra\ el\ real\ de\ 5\ 273\ 572$

$I_{10} =]5\ 771\ 096\ ;5872669[\ contra\ el\ real\ de\ 5\ 776\ 934$

$I_{15} =]6\ 350\ 222\ ;6\ 518\ 621[\ contra\ el\ real\ de\ 6\ 348\ 900$

El error teórico relativo para el intervalo $[a;\ b]$ viene dado por $e_t = \frac{b-a}{a+b}$ (8) resultado de dividir la mitad de la longitud del intervalo entre el valor de su punto medio. Se suele expresar en por ciento.

El error real relativo para el intervalo $[a;\ b]$ viene dado por $e_r = \frac{|2r-a-b|}{r}$ (9) resultado de dividir la diferencia modular entre el valor real y el punto medio del intervalo por el valor real. Se acostumbra expresarlo en por ciento.

Los errores relativos teórico y real que se cometen al tomar el centro del intervalo como el valor del acumulado de contagios son:

$e_{5t} = 0{,}44\%\ \ y\ \ e_{5r} = 0{,}11\%$

$e_{10t} = 0{,}87\%\ \ y\ \ e_{10r} = 0{,}78\%$

$e_{15t} = 1{,}31\%\ \ y\ \ e_{15r} = 1{,}35\%$ aquí la t y r indican error teórico o real; los números corresponden al número de días considerados.

Al desarrollar el mismo análisis para la región de las Américas y el mismo período, los resultados son como siguen: $IPC = 0{,}0235$, $s = 0{,}003\ 612$

El intervalo de confianza para IPC es $]0{,}021\ 41\ ;\ 0{,}025\ 59[$ y los intervalos auxiliares para el cálculo de los intervalos de confianza son:

$I_5 =]1{,}111\ 73\ ;\ 1{,}134\ 66[$

$I_{10} =]1{,}235\ 95\ ;\ 1{,}287\ 47[$

$I_{15} =]1{,}374\ 04\ ;\ 1{,}460\ 85[$

De donde resultan los correspondientes intervalos de confianza, para los propios días señalados anteriormente.

$I_5 =]\ 2\ 372\ 937\ ;2\ 421\ 880\ [\ contra\ el\ real\ de\ 2\ 419\ 355$

$I_{10} =]\ 2\ 638\ 079\ ;27\ 48\ 046\ [\ contra\ el\ real\ de\ 2\ 698\ 519$

$I_{15} =]\ 2\ 932\ 826\ ;3\ 118\ 118\ [\ contra\ el\ real\ de\ 3\ 019\ 104$

Los correspondientes errores relativos resultan:

$e_{5t} = 1{,}02\%\ \ y\ \ e_{5r} = 0{,}91\%$

$e_{10t} = 2{,}04\%\ \ y\ \ e_{10r} = 0{,}20\%$

$e_{15t} = 3{,}06\%\ \ y\ \ e_{15r} = 0{,}21\%$

En general los errores reales son mejores que los errores teóricos, como se aprecia. En el caso de las Américas los resultados son más favorables; puede obedecer a que la media del incremento de contagios en esta región en los 15 días siguientes, coincide con la del período anterior y en el mundo, la del período anterior es 0,020 2 y en los 15 días posteriores es 0,019 3 (Tabla 1), además de errores eventualmente acumulados al aproximar los incrementos diarios. Esto sucede a pesar de que hay mayor variabilidad en el comportamiento del indicador en el caso de Américas (en el período tratado). Nótese que el coeficiente de variación en el caso de las Américas es del 15,37 % en tanto que en el mundo es del 7,60 %, para el período analizado.

A continuación se ilustra con dos ejemplos para el caso Cuba, para ello se toman los datos de sitio Ministerio de Salud Pública (2020):

El IPD en los primeros 16 días del mes de septiembre resultó ser aproximadamente 0,009 4; aplicando el procedimiento propuesto se esperaba un acumulado en las defunciones de 124 fallecidos al término de este mes, el real fue de 28 personas, en lugar de las 30 previstas para este mes, en términos relativos, el error es insignificante,

pero en términos absolutos es importante porque toda vida cuenta. La labor abnegada del personal de la salud y decisiones oportunas salvaron dos vidas.

El incremento promedio de contagios en la última decena de septiembre es del 0,95 % y el error en la letalidad se ha movido entre un mínimo de 12,8 % y un máximo de 16,1 %, con una tendencia a bajar desde el día 22 de septiembre, pero que se mantiene alto. No son parámetros que apunten al control; no obstante, este análisis puede aplicarse a los diferentes territorios (provincias o municipios) y valorar junto con otros indicadores, donde hay una franca tendencia al control.

En la Tabla 1, el comportamiento del IPC en algunos períodos de la pandemia y en diversos escenarios.

Tabla 1. Comportamiento del incremento promedio de contagios en algunos períodos y escenarios

Período	Mundo	América	EE.UU.	Cuba
1 – 10/5	0,024 8	0,030 5	0,022 0	0,016 8
11-20/5	0,020 2	0,023 5	0,017 0	0,007 3
21-30/5	0,019 3	0,023 9	0,015 9	0,006 4
11-20/6	0,018 1	0,020 6	0,010 3	0,004 4
21-30/6	0,017 9	0,021 5	0,014 9	0,001 3
1 - 10/7	0,017 4	0,020 1	0,017 7	0,003 1
11-20/7	0,017 4	0,018 0	0,018 9	0,001 1
21-30/7	0,015 9	0,017 0	0,020 5	0,004 8
Media	0,018 9	0,021 9	0,017 2	0,0056 5
Des. Tip.	0,002 546	0,003 929	0,003 297	0,00046 9
CV	13,49 %	17,95 %	19,19 %	8,29%

Fuente: Cálculos realizados a partir de los datos publicados en el sitio oficial del Ministerio de Salud Pública (2020) de Cuba

El comportamiento del incremento de contagios no muestra un decrecimiento estable; más bien tiene altas y bajas. Si bien en el momento posterior al recogido en la tabla no aparecen cifras superiores a la media de cada escenario, sí se destacan incrementos mayores en relación con los incrementos promedios más bajos entre los tabulados, lo que hace esperar incrementos promedio superiores, por lo tanto, sin tendencia al decrecimiento en el corto plazo.

Lo anteriormente es válido para el incremento de las defunciones, el cual se calcula de manera análoga y son válidas todas las fórmulas y procedimientos descritos, haciendo los correspondientes cambios de los datos.

Todo lo tratado en este apartado es válido para calcular el IDD, el IPD, así como los correspondientes intervalos de confianza y sus errores.

Con lo anteriormente expuesto se ofrecen las posibilidades de determinar el incremento diario de contagios, el incremento promedio, la estimación del número de contagios en el mediano y corto plazo y evaluar el error que se comete. De igual manera se procede para las defunciones.

Estimación del número de días que se precisan para alcanzar una determinada cifra de contagios o defunciones

En el epígrafe anterior se mostró cómo estimar el número de contagios o defunciones para un número de días; en este se pretende lo inverso, conocer al cabo de cuántos días se alcanzará una determinada cifra de contagios o defunciones; se emplea la siguiente expresión que resulta de la fórmula general (3), tomando logaritmo en ambos miembros y desarrollando las necesarias transformaciones y adecuaciones.

$$n = \frac{Ln\,\frac{C_n}{C_i}}{Ln\,(1+IP)} \quad (10)$$

Que permite conocer cuántos días deben transcurrir para alcanzar una cifra prefijada de contagios o defunciones dada por C_n, a partir de la cifra actual, dada por C_i y el índice promedio diario de contagios o defunciones según el caso, dado por IPC. Por ejemplo:

Del primero al 11 de agosto (10 días) el IPD en el mundo es de aproximadamente 0,007 527, el día 11 de agosto el número acumulado de fallecidos es 731 263 y se pretende saber en cuántos días se arribará al millón, en el supuesto de que se mantenga la tendencia.

En $n = \frac{Ln\,\frac{D_n}{D_i}}{Ln\,(1+IPD)},\ D_n = 1\,000\,000,\ D_i = 731\,263\ e\ IPD = 0{,}007\,527$

De aquí resulta que dentro de 42 días el mundo alcanzará el millón de fallecidos, es decir el día 22 de septiembre.

La nueva letalidad y la letalidad oficial

La Organización Panamericana de Salud (OPS, 2018), define indicadores de mortalidad: “Los datos de mortalidad representan una fuente fundamental de información demográfica, geográfica y de causa de muerte. Estos datos se usan para cuantificar los problemas de salud, así como para determinar o monitorear prioridades o metas en salud” (p. 9). La letalidad en estrecho vínculo al indicador de la mortalidad.

La propuesta de nueva letalidad puede alertar sobre lo que finalmente ocurrirá, así como resultar valiosa a los decisores y poder desarrollar estrategias en un período pospandemia, ayudar a evaluar los resultados de los tratamientos aplicados en diferentes momentos y tal vez en otro sentido.

Consiste en dividir el número de defunciones acumuladas hasta el día en cuestión entre el número de contagios acumulados 14 días antes (se está tomando como base 14 días).

Ambas letalidades han estado descendiendo con el avance de la pandemia y apuntan a converger. A continuación, en las Tablas 2; 3; 4 y 5 se muestran ejemplos del comportamiento, tomando diferentes escenarios.

Tabla 2. Comportamiento de las letalidades y el error en EEUU

Fecha	Letalidad oficial	Letalidad propuesta	Error (%)
27 de abril	5,14	9,37	45,1
12 de mayo	6,05	8,00	24,4
18 de mayo	6,09	7,85	22,4
25 de mayo	5,99	7,54	20,6
4 de junio	5,84	6,82	14,4
11 de junio	5,68	6,78	16,2
3 de julio	5,69	6,75	15,7
10 de julio	4,40	5,62	21,7
30 de julio	3,46	4,41	21,54

Fuente: Cálculos realizados a partir de los datos publicados en el sitio oficial del Ministerio de Salud Pública (2020) de Cuba

Tabla 3. Comportamiento de las letalidades y el error en el mundo

Fecha	Letalidad oficial	Letalidad propuesta	Error
30 de abril	7,09	11,11	36,18 %
7 de mayo	7,09	10,19	30,42 %
14 de mayo	6,90	9,31	25,89 %
21 de mayo	6,63	8,90	25,51 %
1 de junio	6,12	8,02	23,69 %

12 de junio	5,67	7,21	21,36 %
24 de junio	5,20	6,67	22,04 %
11 de julio	4,53	5,79	21,76 %
30 de julio	3,95	4,96	20,36

Fuente: Cálculos realizados a partir de los datos publicados en el sitio oficial del Ministerio de Salud Pública (2020) de Cuba

Tabla 4. Comportamiento de las letalidades y el error en las Américas

Fecha	Letalidad oficial	Letalidad propuesta	Error
30 de abril	5,67	10,00	43,30 %
7 de mayo	5,83	9,25	36,97 %
14 de mayo	6,00	8,56	29,91 %
21 de mayo	5,93	8,35	28,98 %
1 de junio	5,67	7,88	28,05 %
12 de junio	5,41	7,15	24,34 %
24 de junio	5,00	6,65	24,81 %
11 de julio	4,37	5,81	24,78 %
30 de julio	3,85	4,93	21,91 %

Fuente: Cálculos realizados a partir de los datos publicados en el sitio oficial del Ministerio de Salud Pública (2020) de Cuba

Tabla 5. Comportamiento de las letalidades y el error en Cuba

Fecha	Letalidad oficial	Letalidad propuesta	Error(%)
30 de abril	4,06	7,08	42,66
7 de mayo	4,22	5,91	28,60
14 de mayo	4,32	5,26	17,87
21 de mayo	4,19	4,63	9,50
1 de junio	3,98	4,41	9,75
12 de junio	3,76	4,15	9,40
24 de junio	3,67	3,81	3,67
11 de julio	3,60	3,73	3,49
30 de julio	3,35	3,57	6,16

Fuente: Cálculos realizados a partir de los datos publicados en el sitio oficial del Ministerio de Salud Pública (2020) de Cuba

Matemáticamente se puede explicar el hecho de la convergencia de ambas letalidades. Con este fin se definen las siguientes variables:

D_i: acumulado de defunciones en el día i

C_i: acumulado de contagios en el día i

I_{pi}: índice de incremento en el día i

LO_i: letalidad oficial en el día i

LN_i: nueva letalidad en el día i

Se tiene $LO_i = \frac{D_i}{C_i}$ (11), $LN_i = \frac{D_i}{C_{i-14}}$ (12)

De la expresión $C_i = C_{i-14}\,(1 + Ip_i)^{14}$ (13) se obtiene $C_{i-14} = \frac{C_i}{(1+Ip_i)^{14}}$ (14)

De donde resulta $LN_i = \frac{D_{i\,(1+Ip_i)^{14}}}{C_i}$ (15) luego, cuando $Ip_i \to 0, LN_i \to LO_i$

Cuando se pretende valorar el comportamiento de la pandemia, ambos indicadores deben verse juntos; el incremento diario de contagios no sólo debe mostrar tendencia a bajar, debe ser bastante menor que el 1 % y al mismo tiempo el error debe aproximarse a cero.

Por ejemplo, en Cuba en el período del 2 de junio al 21 de julio el índice de incremento promedio diario fue de 0,31 %. El día 2 de junio la letalidad oficial era del 3,97 % en tanto la nueva, era del 4,37 %, lo cual daba un error del 9,15 % y el 21 de julio la letalidad oficial era del 3,55 %, en tanto la nueva letalidad era del 3,63, lo que arrojó un error del 2,20 %, un período donde todo apuntaba al control. A partir de entonces comenzó una tendencia al alza, si bien oscilante en los primeros días, pero a partir del 26 de julio la tendencia fue francamente al aumento, hasta alcanzar 14,08 % el 8 de agosto, en este mismo lapso el índice de incremento diario se disparó en relación con el comportamiento anterior, alcanzando incluso cifras superiores al 1 % con su cifra más alta el 7 de agosto que llegó al 1,73 %. Un período donde determinados eventos provocados por el incumplimiento de lo orientado, complicaron la situación.

En los restantes escenarios abordados, el incremento diario de contagios se mantiene generalmente por encima del 1 % y aunque los errores muestran una tendencia a la disminución, esta es bien lenta y aún exhiben por cientos superiores al 15 %, lo que indica que no hay un control de la pandemia.

CONCLUSIONES

Se establecen como indicadores: el incremento diario de contagios y defunciones, de los que se derivan los correspondientes incrementos promedio y una nueva letalidad, de la que se deriva el error relativo que se comete al aceptar una u otra, que es un

indicador que, junto al incremento diario de contagios, ilustran sobre la evolución de la pandemia. Estos indicadores no pretenden sustituir a otros; permiten complementarlos y ofrecer otras aristas del problema. Por otra parte, se brindan los procedimientos para calcular cifras de contagios y defunciones a partir de un día dado, así como para poder establecer el número de días en que se alcanzarán determinados niveles de contagios o defunciones.

Los indicadores y los procedimientos propuestos permiten pronosticar el total de contagios y defunciones en un corto y mediano plazo, lo que constituye una importante herramienta para la toma de decisiones de autoridades sanitarias y gubernamentales, que garanticen una logística que evite el colapso de los sistemas sanitarios, de los servicios necrológicos y permitan una adecuada atención de los pacientes.

REFERENCIAS

Campistrous, P. L. y Rizo, C. C. (2008). *El criterio de expertos como método de investigación educativa*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.

Cué, J. L., Castell, G. E. y Hernández, J. M. (1987). *Estadística* (primera parte). Ciudad de La Habana, Cuba: EMPES.

Godin, B. (2003). The emergence of S & T indicators: why did governments supplement statistics with indicators? *Research policy, 32*(4), 679-691. Recuperado de https://econpapers.repec.org/article/eeerespol/v_3a32_3ay_3a2003_3ai_3a4_3ap_3a679-691.htm

Ministerio de Salud Pública. (2020). *COVID19. Parte de cierre del día*. Cuba. Recuperado de https://salud.msp.gob.cu/parte-de-cierre-del-dia.../

Mondragón, A. R. (2002). ¿Qué son los indicadores? *Notas. Revista de información y Análisis,* (19), 52-58. Recuperado de http://taybe29.files.wordpress.com/pdf

Naciones Unidas. (2014). *Principios y recomendaciones para un sistema de estadísticas vitales.* Recuperado de https://unstats.un.org/unsd/demographic/standmeth/principles/M19Rev3es.pdf

Oliva, J., Delgado, C. y Larrauri, A. (2019). *Guía para la evaluación de la gravedad de las epidemias y pandemias de gripe en España*. Recuperado de

https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/Documents/GRIPE/GUIAS/Guia_Evaluacion_Gravedad_Epidemias_Gripe_28Marzo2019.pdf

OPS (Organización Panamericana de la Salud). (2014). *Compendio de Indicadores: Plan Estratégico de la OPS 2014-2019*. Washington, D.C., EE.UU.: Oficina Regional para las Américas.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). (2018). *Indicadores de salud. Aspectos conceptuales y operativos*. Washington, D.C., EE.UU.: Oficina Regional para las Américas.

Walker, G., Whittaker, C., Watson, O. y Baguelin, (2020). The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression. *Science, 369*(6502). doi: 10.1126/science.abc0035.

Declaración de conflicto de interés y conflictos éticos

Los autores declaramos que el presente manuscrito es original y no ha sido enviado a otra revista. Los autores somos responsables del contenido recogido en el artículo, y en él no existen: ni plagios, ni conflictos de interés, ni éticos.

Declaración de contribuciones de los autores

Giordano Rodríguez Rodríguez. Líder, fundamentos teóricos, desarrollo de indicadores, procedimientos y herramientas para el análisis.

Néstor Álvarez Álvarez. Análisis de resultados, elaboración, redacción del contenido incluida las conclusiones, revisión.

Rafael F. Ramírez Varona. Diseño del artículo, redacción de los resultados, resumen, revisión del contenido.

Magaly Almeida Borges. Redacción y revisión del contenido.