

Evolución de casos positivos y fallecidos por Covid-19 en el Perú, y el factor f a través de un modelo físico

 Marco Merma ^{*1}, Miguel Castillo¹ y David Correa²

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

²Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú

Recibido 14 Abr 2022 – Aceptado 30 Jul 2022 – Publicado 7 Ago 2022

Resumen

En el contexto de la propagación del coronavirus que provoca la enfermedad denominada Covid-19, a nivel mundial, se han reportado datos sobre el número de casos positivos, fallecidos, hospitalizados, recuperados, etc. En el caso de Perú, los datos fueron reportados por Ministerio de Salud (MINSA) a través de su sitio web de sala situacional, del cual se realizó un análisis, enfatizando el número de casos positivos y defunciones y tomando como referencia el comportamiento de un fenómeno físico de carga de un capacitor eléctrico, se propuso un número f , para describir la evolución de los casos positivos y las muertes por coronavirus.

Palabras clave: Covid-19, pandemia, modelo físico.

Evolution of positive cases and deaths from Covid-19 in Peru, and the f factor through a physical model

Abstract

In the context of the spread of the coronavirus that causes the disease called Covid-19, worldwide, data has been reported on the number of positive cases, deaths, hospitalized, recovered, etc. In the case of Peru, the data was reported by the Ministry of Health (MINSA) through its situation room website, of which an analysis was carried out, emphasizing the number of positive cases and deaths and taking as a reference the behavior of a physical phenomenon of charging an electrical capacitor, a number f was proposed to describe the evolution of positive cases and deaths from coronavirus.

Keywords: Covid-19, pandemic, physical model.

Introducción

Finalizando el año 2019, la **ciudad de Wuhan** en China fue escenario del brote de coronavirus que causa la enfermedad infecciosa denominada Covid-19, su propagación ha ocasionado alrededor de 6,3 millones de fallecidos en todo el mundo (<https://www.worldometers.info>). A principios de año 2020, el coronavirus rápidamente inició su propagación en países de Europa, siendo los más golpeados España, Italia, Rusia, Alemania e Inglaterra.

Como consecuencia la Organización Mundial de la Salud (OMS), manifestó el 31 de diciembre del 2019, la existencia de una nueva enfermedad iniciada en Wuhan desde noviembre del 2019 con orígenes desconocidos, que

ha avanzado peligrosamente en todo el planeta, así mismo manifestó que era un nuevo coronavirus, que genera síntomas muy parecidos a las ocasionadas por la gripe. (Fuente Información de la Organización Mundial de Salud OMS, <https://www.who.int>, cronología desde 31 diciembre 2019).

El 21 de enero del 2020, EE.UU., reportó el primer caso de una persona contagiada con Covid-19, un estadounidense que había viajado a China. Posteriormente se reportaron contagios en los diferentes países de nuestro continente.

El 06 de marzo del 2020, en el Perú se confirmó el primer caso de Covid-19 en un piloto de una empresa de aeronaves que provenía de Europa. El 16 de marzo del

* mmermaj@unmsm.edu.pe

© Los autores. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.



2020, la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), mediante el Decreto Supremo N° 044-2020-PCM, impuso el estado de emergencia con aislamiento social obligatorio, desde las 00 horas del 16 de marzo del 2020, por un periodo de 15 días. Adicionalmente mediante el Decreto Supremo N° 046-2020-PCM, se estableció el toque de queda del 18 de marzo 2020, a partir de las 20 horas hasta las 05 horas del día siguiente.

El virus rápidamente fue propagándose por las principales ciudades de las regiones, especialmente en Chiclayo, Piura e Iquitos, fueron los más afectados, aumentando el número de contagios y de fallecidos, desbordando la capacidad de los hospitales, con carencia de camas UCI (Unidad de Cuidados Intensivos) así como de oxígeno medicinal.

El gobierno y el Ministerio de Salud, implementaron el cumplimiento de un protocolo para el cuidado y evitar la propagación del Covid-19, se recomendó el lavado de manos con jabón, distanciamiento social, y uso obligatorio de las mascarillas.

A finales del 2020, se presentó la denominada segunda ola, que ha ocasionado aún más daño que la primera, siendo el Perú muy afectado. En agosto del 2021 se presentó una disminución en el número de infectados, así como el número de fallecidos y las autoridades de salud, manifestaron que una tercera ola era altamente probable, y comenzando el año 2022 se presentó la tercera ola, en la Figura 3 se observa su aparición.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INEI), en nota de prensa publicada el 25 de junio del 2018, sobre el último censo realizado en 2017, reporta que la población del Perú asciende a 31 millones 237 mil 385 personas, haciendo referencia que la tasa de crecimiento anual es del 1 %, y según clasificación por población en América del sur, al año 2017, siendo el quinto país más poblado, después de Brasil, Colombia, Argentina y Venezuela [1].

Conceptualización de modelos para propagación de enfermedades

Para las investigaciones sobre propagación de enfermedades se han reportado el uso de modelos epidemiológicos para analizar la pandemia. Ya que un modelo es una representación de aspectos seleccionados de la realidad, en la que se señalan ciertos parámetros y estudian sus relaciones, con la finalidad de capturar el patrón de un fenómeno de la naturaleza [2].

También se han propuesto modelos sencillos para describir la evolución de la pandemia que han utilizado datos diarios de casos confirmados, para los cuales se han considerado la tasa de crecimiento mínimo y máximo durante un determinado número de días y se han realizado pronósticos para la cantidad de contagiados basado en iteraciones [3].

Un modelo epidemiológico muy utilizado es el denominado SIR (Suceptibles, Infectados Recuperados), donde considera que la población sometida al proceso de propagación de una enfermedad está constituida por la suma *Suceptibles + Infectados + Recuperados*, no incluye los nacimientos ni fallecidos [4]. En este método se determina un número especial para el análisis de la propagación de enfermedades, dicho número es considerado como un indicador de la propagación, este es el número reproductivo básico R_o .

El número reproductivo básico R_o , es utilizado para el análisis de epidemias, los investigadores buscan conocer si la enfermedad permanecerá un largo tiempo o si esta desaparecerá gradualmente, para ello un indicador de interés es el número reproductivo básico R_o [4]. El R_o es un parámetro teórico que proporciona cierta información acerca de la rapidez con que una enfermedad puede propagarse en una población determinada, cuantitativamente es definido como el número medio de infecciones secundarias que ocurre cuando un individuo infeccioso es introducido en una población. El número R_o es un parámetro importante para medir la dinámica de una enfermedad porque a partir del valor umbral de 1,0 puede indicar cuando podría ocurrir un brote [5], lo cual es muy bueno para implementar las medidas correspondientes, con la finalidad de establecer actividades para atenuar el impacto en una población.

Las consideraciones sobre el número reproductivo básico implica el registro de datos sobre la enfermedad, como información para la estimación del parámetro importante R_o .

Otras investigaciones centrados en la predicción para Covid-19 han utilizado modelos gaussianos, aprovechando la función gaussiana en forma de campana para modelar el número de fallecidos por cada día, apelando a la simplicidad y el manejo para realizar predicciones [6].

También se han reportado la aplicación de modelos de simulación dinámica basada en la técnica de dinámica de sistemas, bajo un enfoque de visión sistémica de la problemática social y sanitaria [7]. De la misma manera se ha reportado la aplicación de técnicas estadísticas enfatizando en el uso de coeficientes de correlación usando el coeficiente Pearson para caracterizar la calidad del aire y su contaminación relacionados al incremento de casos de Covid-19 en Polonia [8]. Asimismo, en el contexto local, para la ciudad de Lima se ha reportado un análisis mediante el uso de parámetros probabilísticos de tal forma que se reproduzca el número de casos positivos [9].

Evolución de casos positivos y fallecidos

En el Perú desde el reporte del primer caso el 06 de marzo del 2020, el número de casos positivos ha ido incrementándose hasta superar los dos millones en 2021. De la misma forma el número de falle-

cidos se ha incrementado excediendo 190 000 finalizando el año 2021. En la Figura 1 se muestra la evolución del número de casos positivos y fallecidos acumulados.

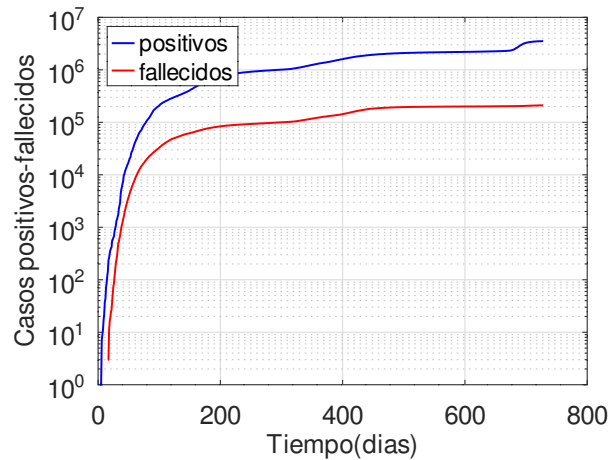


Figura 1: Número de casos positivos y fallecidos acumulados desde el 06 de marzo del 2020, en escala logarítmica

En la Figura 2 se muestra la evolución de casos positivos y fallecidos, normalizados por población, es decir por millón de habitantes.

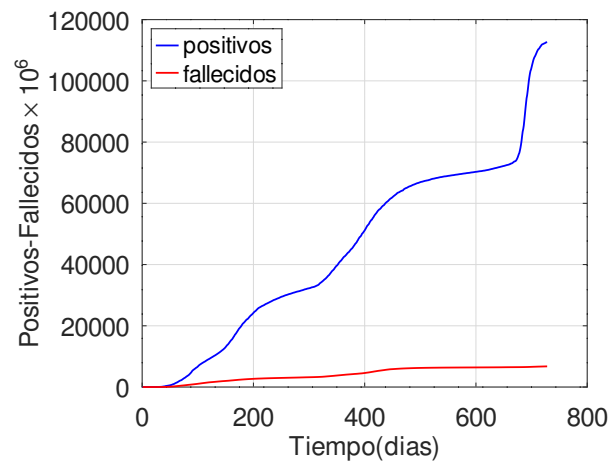


Figura 2: Casos positivos y fallecidos por millón de habitantes.

Poniendo atención a la evolución de casos por periodos de tiempo t , se observa el crecimiento y descenso. La curva mostrada en la Figura 3, representa la media móvil con periodo $t = 7$ días. en el intervalo de tiempo $0 \leq t \leq 300$ corresponde a la primera ola y en el intervalo $300 \leq t \leq 600$ corresponde a la segunda ola y la tercera ola el intervalo de tiempo $600 \leq t \leq 800$

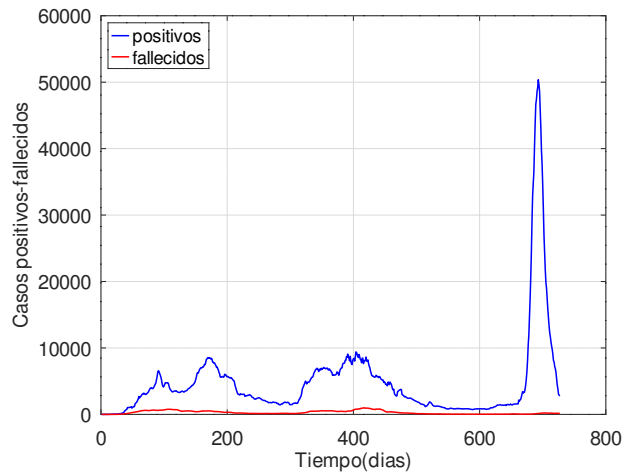


Figura 3: Casos positivos y fallecidos, media móvil semanal

Evolución de casos hospitalizados y pacientes en unidad de cuidados intensivos (UCI)

El número de hospitalizados tiene un comportamiento similar al número de casos positivos, y el número de pacientes en cuidados intensivos (UCI) es una fracción del anterior. También se aprecia los picos más altos que corresponden a la primera, segunda ola y tercera ola.

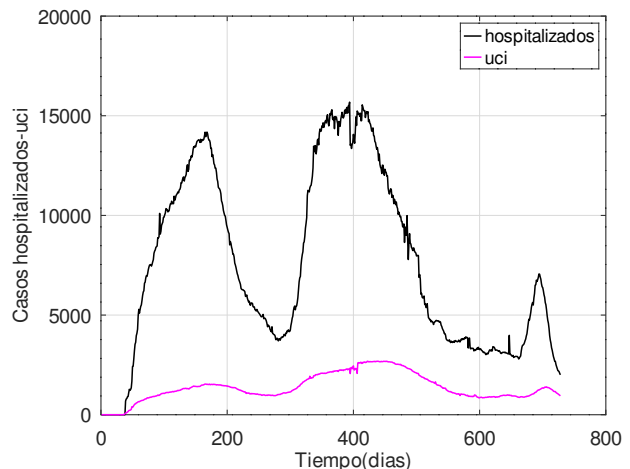


Figura 4: Casos hospitalizados y pacientes UCI.

Factor f y g

Considerando el número de casos de un periodo de tiempo comparado con el número de casos del periodo

anterior se establece el coeficiente f .

$$f = \frac{C_n}{C_{n-1}} \quad (1)$$

Donde C_n es el número de casos del día n , y C_{n-1} es el número de casos del día anterior. Se comienza la cuenta desde el día posterior a la presentación de casos. $n \geq 1$. La cantidad de casos positivos en términos del factor f se expresa por

$$C_n = fC_{n-1} \quad (2)$$

El factor f estima la cantidad de casos para el día posterior, considerando el número de casos para un día actual.

La evolución de casos positivos por cada día se muestra en la Figura 5, los datos representados han sido considerados para el promedio móvil con periodo de siete días. Se aprecian los picos más altos, los que corresponden a la denominada primera, segunda y tercera ola respectivamente. Los datos utilizados corresponden a la sala situacional del Ministerio de Salud del Perú (MINSA), <https://www.dge.gob.pe/>

Calculando el factor f y determinando para un periodo de siete días, la variación del factor se muestra en la Figura 5, donde se observa como este ha ido disminuyendo desde que se registró el primer caso positivo.

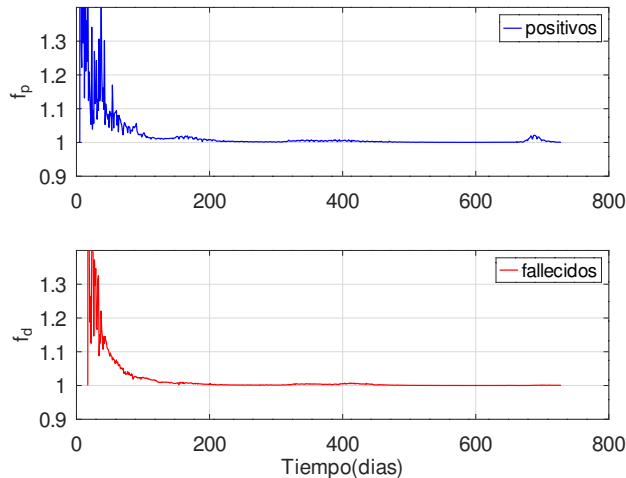


Figura 5: Variación semanal del factor f .

Conociendo los valores del factor f para los casos positivos y fallecidos, se realiza una transformación de estos mediante la aplicación de la inversa, que se denota con $g = 1/f$

Modelo físico de un capacitor

En el proceso de transferencia de carga eléctrica hacia un capacitor eléctrico de capacitancia C , conectado en serie con una resistencia eléctrica R , alimentada por una fuerza electromotriz ε . La evolución de la carga eléctrica

en el tiempo t , responde a un comportamiento exponencial, dado por

$$q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (3)$$

En el modelo físico, $q = q(t)$, indica como la carga se incrementa con el paso del tiempo y la constante de tiempo $\tau = RC$, indica si el proceso es rápido o lento.

Los parámetros R y C están involucrados con la constante de tiempo τ . Para valores pequeños de la constante de tiempo, la carga es rápida, caso contrario la carga es lenta [10]. En la Figura 6 se observa las líneas de carga lenta y carga rápida. Todas alcanzan la línea horizontal cuando el capacitor ha completado el almacenamiento.

En la Figura 6 muestra el comportamiento de un fenómeno físico de proceso de carga de un dispositivo denominado condensador, el cual almacena carga y las curvas llegan a ser horizontales cuando el capacitor completa la carga que pueda almacenar, estas curvas se acercan rápidamente o lentamente hacia la línea horizontal, dependiendo de un parámetro denominado constante de tiempo.

Para describir la evolución de casos positivos y de fallecidos, se ha utilizado el factor f y su inversa g asignándoles comportamiento como si fueran cargas eléctricas que van incrementándose en el tiempo. En la Figura 8 se muestra la evolución de los casos positivos y fallecidos como un proceso de carga de un capacitor eléctrico.

Metodología

La investigación analiza los datos generados por los casos Covid-19 en el Perú desde marzo del 2020 hasta el 26 de febrero del 2022.

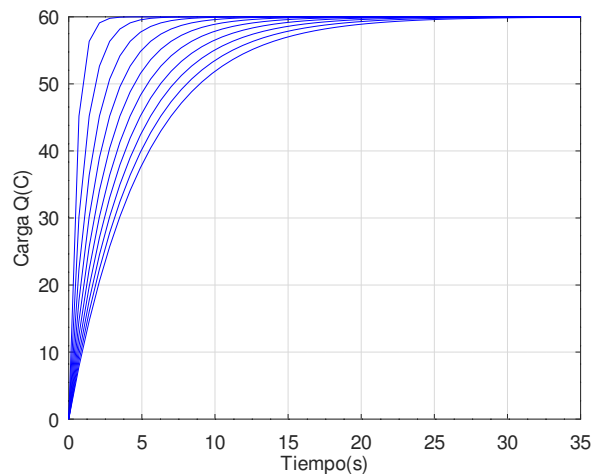


Figura 6: Carga rápida o lenta dependiendo de la constante de tiempo

Se han utilizado los datos para el número de casos positivos y fallecidos, publicados por el ministerio de salud (MINSA) a través de su sala situacional.

Se comenzó por la lectura de datos de casos positivos y fallecidos, seguido, se obtuvo la media móvil para filtrar las fluctuaciones, luego se realizó el cálculo del factor f y de su inversa g , según la ecuación (1), para los datos que fueron filtrados tras la aplicación de la media móvil. Los resultados permiten describir la evolución de los casos positivos y fallecidos.

En la Figura 7 se muestra el diagrama de flujo de las actividades.

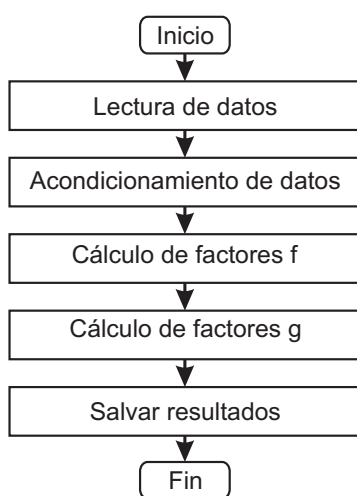


Figura 7: Diagrama de flujo de actividades.

Para el análisis numérico y gráfico se ha utilizado el lenguaje de programación GNU Octave, un lenguaje de programación para computadoras, diseñado principalmente para cálculos numéricos [11].

Análisis de Resultados

En la Figura 1 se muestra la evolución de los casos positivos y fallecidos en una escala logarítmica, indicando el incremento. En tanto que en la Figura 2 se observa la cantidad de casos positivos normalizados por millón de habitantes, ya que el Perú ha sido señalado como uno de los países con la mayor cantidad de fallecidos por millón de habitantes.

En la Figura 3 se representa la evolución diaria del número de positivos y fallecidos, las fluctuaciones se han filtrado usando la media móvil con periodo de siete días, en la cual observa que desde el inicio de la pandemia las tres olas se resaltan claramente, así mismo se observa el descenso de casos.

En la Figura 4, se muestra la evolución de los casos de hospitalizados y pacientes en unidad de cuidados intensivos (UCI), se observa los picos de la primera, segunda y tercera ola, un comportamiento similar al número de

casos positivos y fallecidos, así mismo se observa una disminución en el caso de hospitalizados igual que el número de pacientes UCI.

En la Figura 5 muestra la representación de la evolución del factor f para casos positivos y fallecidos, se observa que pasado el día 100 aproximadamente, no se puede apreciar su oscilación, esto se aprecia mejor en la Figura 8.

En la Figura 8, se muestra la evolución del número de casos positivos y fallecidos a través del cambio en el factor g que fue definida como la inversa del factor f , se aprecia como las líneas evolucionan de manera similar entrando en una estabilidad a partir del día 500, pero entre los días 600 y 800 se aprecia una fluctuación en el número de casos positivos que corresponde a la tercera ola, el número de casos de fallecidos muestra un cambio muy pequeño.

Desde que el 07 de febrero del 2021, cuando llegaron al Perú los primeros lotes de vacunas contra el Covid-19, la aplicación de estas ha contribuido en la disminución de fallecidos.

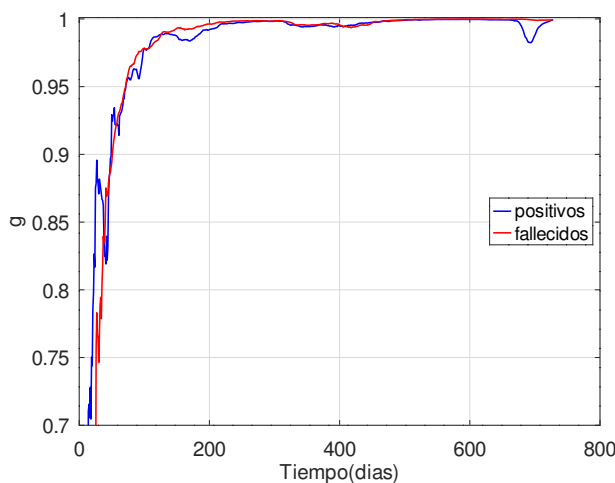


Figura 8: Inversa del factor f para casos positivos y fallecidos.

Conclusiones

Es importante procesar los datos sobre los casos del Covid-19 así como de los fallecimientos ya que nos permite tomar decisiones basados en datos reales.

El factor f permite describir la evolución de la propagación de casos por coronavirus como se observa en la Figura 8, donde se aprecia el comportamiento del número de casos positivos y fallecidos,

Atendiendo a los resultados mostrados en la Figura 8, relativo al tiempo de evaluación y análisis, se confirma el rápido ascenso de la cantidad de fallecidos, así como de casos positivos.

Atendiendo al factor f y de la Figura 8, considerando el contexto del tiempo para la pandemia que es del orden de los meses, y considerando el modelo físico exponencial de la ecuación 3, podemos concluir que la intensidad de la

pandemia en el Perú ha causado mucho daño, lo cual se relaciona con la designación del país con mayor número de fallecidos por millón de habitantes.

Referencias

- [1] Instituto Nacional de Estadística (INEI), Nota de prensa N° 108-25, (2018). <http://m.inei.gob.pe/>
- [2] A. Aliseda. Modelos Epidemiológicos y Covid-19. Boletín Covid-19 Salud Pública, **1**(11). (2020).
- [3] M. Perc, N. Gorišek, M. Slavinec y A. Stožer. Forecasting Covid-19, *Frontier of Physics*, Vol 8. (2020). Doi: [10.3389/fphy.2020.00127](https://doi.org/10.3389/fphy.2020.00127)
- [4] F. Manrique, C. Agudelo, V. González, O. Gutiérrez, C. Téllez y G. Herrera. Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia. *Rev. Salud Pública*, **22**:1-9, (2020).
- [5] B. Ridenhour, J. Kowalik y D. Shay. El número reproductivo básico (R_o): consideraciones para su aplicación en la salud pública. *Rev. Panam. Salud Publica*, **38**(2), 167-176. Organización Panamericana de la Salud (2015). [AJP.H.2013.301704s.pdf](https://doi.org/10.1186/s12916-015-0301-7)
- [6] J. Schüttler, R. Schlickeiser, F. Schlickeiser y M. Kröger. Covid-19 Predictions Using a Gauss Model, Based on Data from April 2. *Physics*, vol 2, 197-212, (2020). Doi: [10.3390/physics2020013](https://doi.org/10.3390/physics2020013)
- [7] J. Delgado. Modelo dinámico de la pandemia de Covid-19. *Sanid. mil.* **77**(1), 7-16, (2021). Doi: [10.4321/s1887-85712021000100002](https://doi.org/10.4321/s1887-85712021000100002)
- [8] P. Kowalski, M. Szwagrzyk, J. Kielpinska, A. Konior y M. Kusy. Numerical analysis of factors, pace and intensity of the corona virus (Covid-19) epidemic in Poland. *Ecological Informatics*, vol 63, (2021). Doi: [10.1016/j.ecoinf.2021.101284](https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101284)
- [9] J. Bravo, Simulación matemática de la evolución de la epidemia Covid-19 en la Zona Metropolitana de Lima-Callao. *Revista de Investigación de Física*, **23**(2), 46-49. (2020). Doi: [10.15381/rif.v23i2.20434](https://doi.org/10.15381/rif.v23i2.20434)
- [10] Y. Hugh y R. Freedman, *Física Universitaria, con Física Moderna*, Vol 2, 12va Ed., Pearson Educación, México (2009).
- [11] J. Eaton, D. Bateman, S. Hauberg, R. Wehbring, *GNU Octave, A high-level interactive language for numerical computations, Free your numbers, Edition 5 for Octave version 5.1.0*, (2019). <https://www.gnu.org/>