

Análisis de una serie temporal de meningoencefalitis viral

Analysis of a time series of viral meningoencephalitis

Yessika Dueñas Ojeda^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-3049-7797>

Roberto León Castellón² <https://orcid.org/0000-0002-6085-8565>

¹ Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Hospital General Docente Enrique Cabrera. La Habana, Cuba.

² Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Hospital Clínico Quirúrgico Docente Hermanos Ameijeiras. Medicina Nuclear. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: jduenas851226@gmail.com

RESUMEN

Introducción: la meningoencefalitis infecciosa es una emergencia médica de etiología diversa, mayoritariamente viral, que varía según la localización geográfica y la estación del año. Constituye un problema fundamental de morbilidad y los estudios relacionados son reducidos en número y actualidad, y no aportan recursos que permitan predecir la aparición de eventos hiperendémicos o epidémicos futuros.

Objetivo: caracterizar una serie temporal de meningoencefalitis viral y su pronóstico.

Métodos: se realizó un estudio de tipo epidemiológico observacional, descriptivo, longitudinal retrospectivo, en el cual se organizó cronológicamente la incidencia

mensual de meningoencefalitis viral durante 10 años en La Habana y se analizó la serie temporal.

Resultados: en el gráfico de secuencia no se observa tendencia y la repetición de los picos sugiere estacionalidad; se demuestra en el análisis espectral que ocurre a los 12 meses y en el análisis aditivo de la componente estacional los factores estacionales positivos más altos pertenecen a mayo (7,102), junio (5,037), julio (4,459) y diciembre (3,459); el ruido de la serie tiene una distribución normal. Se originaron predicciones hasta diciembre de 2026 mediante el modelo *Simple moving average of 2 terms*, la mayor incidencia de casos de meningoencefalitis viral en La Habana continuará ocurriendo en los meses de mayo a julio y en diciembre, pudiendo llegar en mayo y junio a 27 y 25 casos, respectivamente.

Conclusiones: la incidencia mensual de meningoencefalitis viral en el tiempo y lugar del estudio tiene un carácter estacionario en media, no se observó tendencia. Se demostró la existencia de estacionalidad en los meses de mayo a julio y diciembre; es una serie no aleatoria que permitió emitir predicciones similares en los años siguientes.

Palabras clave: meningoencefalitis viral; serie temporal; estacionalidad.

ABSTRACT

Introduction: the infectious meningoencephalitis is a medical emergency of diverse etiology, for the most part viral, that vary according to the geographical localization and the station of the year. It constitutes a fundamental problem of morbimortality and the related studies are reduced in number and present time, and they don't contribute resources that allow to predict the appearance of future hyperendemic or epidemic events.

Objective: to characterize a temporary series of viral meningoencephalitis and their presage.

Methods: an epidemiological, observational, descriptive, longitudinal, retrospective study was carried out in which it was organized the monthly incidence of viral meningoencephalitis chronologically during 10 years in Havana and the temporary series was analyzed.

Results: in the sequence graph tendency is not observed and the repetition of the picks suggests seasonality, and it is demonstrated in the ghashly analysis that happens to the 12 months and in the analysis preservative of the seasonal component the highest positive seasonal factors belong to May (7,102), June (5,037), July (4,459) and December (3,459); the noise of the series has a normal distribution. They originated predictions until December of 2026 by means of the pattern Simple moving average of 2 terms where the biggest incidence of cases of viral meningoencephalitis in Havana will continue happening in the months of May to July and in December, being able to arrive respectively in May and June to 27 and 25 cases.

Conclusions: the monthly incidence of viral meningoencephalitis in the time and place of the study has a stationary character in stocking, tendency was not observed. The seasonality existence was demonstrated in the months of May to July and December; it is a non random series that allowed to emit similar predictions in the following years.

Keywords: viral meningoencephalitis, temporary series, seasonality.

Recibido: 19/06/2025

Aceptado: 21/06/2025

Introducción

En la actualidad, las infecciones del sistema nervioso central (SNC) representan una emergencia médica, están dadas por un proceso inflamatorio del sistema nervioso central, asociado a una evidencia clínica de una disfunción neurológica; las cuales pueden presentarse como meningitis, encefalitis o meningoencefalitis según el área del encéfalo afectada, debido a múltiples agentes etiológicos, fundamentalmente virus, que varían según la localización geográfica y la estación del año.^(1,2)

Los cambios climáticos, en concreto, parecen influir sobre la distribución temporal y espacial, así como sobre la dinámica estacional e interanual de patógenos, vectores, hospedadores y reservorios. Desde el punto de vista epidemiológico, hay que tener en cuenta que muchas meningitis y encefalitis son estacionales, a pesar de mantenerse de forma constante durante todo el año, como las producidas por enterovirus, más frecuentes a finales de primavera, verano y otoño, y con una incidencia mayor en menores de 15 años, seguidas por los herpes virus.^(3,4,5)

En Cuba, la meningoencefalitis viral constituye un problema fundamental de morbilidad y mortalidad, y los estudios que analizan su comportamiento epidemiológico mediante métodos de series temporales son muy escasos en número y actualidad; además, no aportan recursos que permitan predecir la aparición de eventos hiperendémicos o epidémicos futuros. Esta incógnita motivó realizar esta investigación cuyo objetivo fue caracterizar una serie temporal de meningoencefalitis viral y su pronóstico.

Métodos

Se realizó un estudio de tipo epidemiológico observacional, descriptivo, longitudinal retrospectivo. En el cual se analiza una serie temporal de meningoencefalitis viral en La Habana.

El universo incluyó toda la incidencia de meningoencefalitis viral y la muestra estuvo constituida por la incidencia mensual de meningoencefalitis viral en La Habana durante el período de enero de 2014 hasta diciembre de 2023, para un total de 1867 casos (muestreo probabilístico aleatorio simple).

La información fue recopilada de la base de datos existente en el Departamento Nacional de Estadísticas del Ministerio de Salud Pública (Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud) en La Habana.

Se utilizó el paquete estadístico SPSS v25 y Statgraphics Centurión 19 para el análisis de esta serie de tiempo de meningoencefalitis viral y se registró su incidencia mensual desde enero de 2014 hasta diciembre de 2023. Luego de definir las fechas correspondientes se representó en un gráfico de secuencia para observar la evolución de la serie a lo largo del tiempo y tener una apreciación inicial de la tendencia, estacionalidad y heterocedasticidad para, posteriormente, determinar si la serie es o no aleatoria, de lo cual depende en gran medida si es posible o no realizar pronósticos; por lo que este estudio consta de un análisis descriptivo y predictivo. Se realizó un análisis espectral y de las autocorrelaciones para determinar con más certeza si existe o no estacionalidad y, posteriormente, se realizó el análisis por el método correspondiente atendiendo a la información visual del gráfico de secuencia generado (fluctuaciones estacionales y tendencia) y el análisis de dispersión por nivel. Se tuvieron en cuenta modelos tradicionales para realizar pronósticos usando el modelo *Simple moving average of 2 terms*, que mostró mejor ajuste a la data.

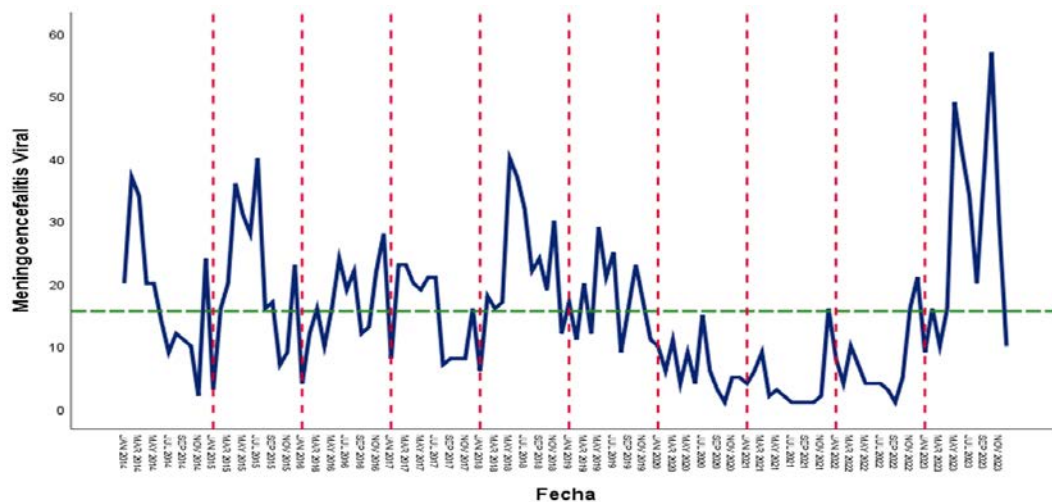
Una estricta confidencialidad de los datos fue mantenida como parte de los aspectos éticos en la ejecución de esta investigación.

Resultados

Se registró la incidencia mensual de meningoencefalitis viral en La Habana desde enero de 2014 hasta diciembre de 2023 y las 120 observaciones se organizaron en forma de serie cronológica.

En el gráfico de secuencia de la serie temporal se representó la evolución de la incidencia mensual de meningoencefalitis viral en La Habana durante 10 años; las líneas discontinuas (en rojo) marcan el comienzo de cada año y la de color verde representa la media (fig. 1).

El análisis preliminar de esta representación sugiere que la incidencia mensual de meningoencefalitis viral en el tiempo y lugar de estudio tuvo un carácter estacionario en media, con alguna variabilidad de varianzas, no se observa clara tendencia y la repetición de los picos sugiere estacionalidad. La serie presentó un comportamiento anómalo entre 2020 y 2022 (fig. 1).

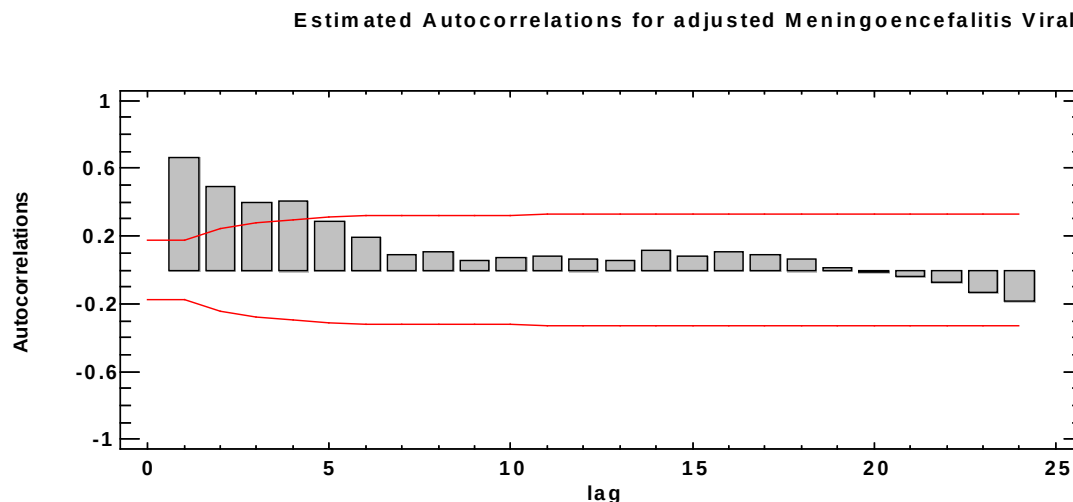


Fuente:

Dirección de registros médicos y estadísticas de salud MINSAP.

Fig. 1- Gráfico de secuencia para la serie de tiempo meningoencefalitis viral La Habana.

Al analizar la gráfica de la función de autocorrelación pueden observarse rezagos significativos, lo cual sugiere que la serie temporal no es aleatoria. No existe un decaimiento lento y progresivo de los rezagos, lo cual hace más fuerte su carácter estacionario (fig. 2).

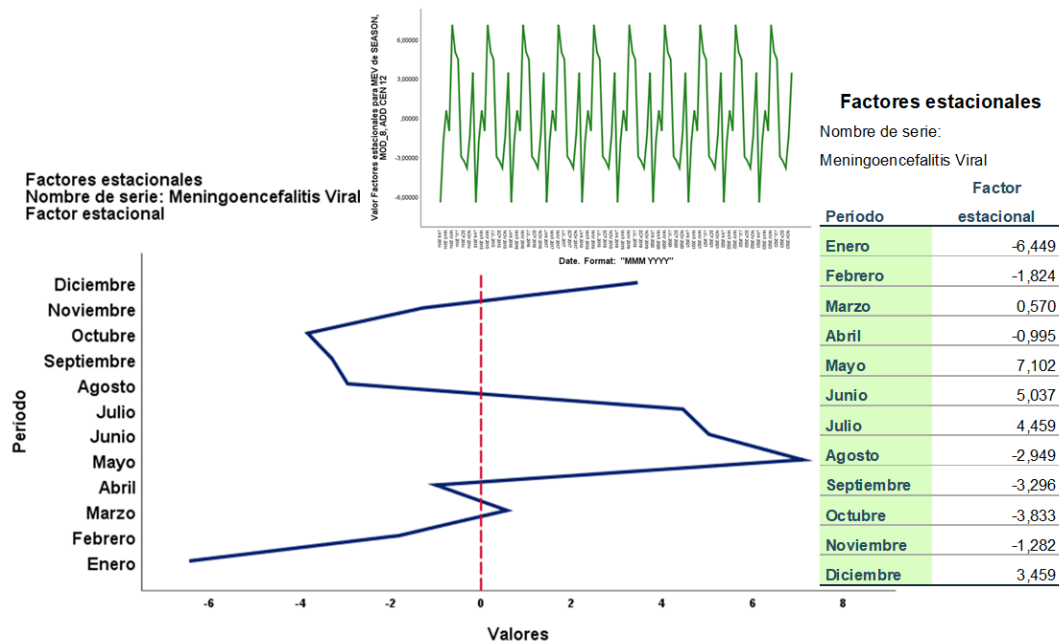


Fuente: Dirección de registros médicos y estadísticas de salud MINSAP.

Fig. 2- Gráfico de autocorrelaciones.

Al realizar test de aleatoriedad para la serie (Runs above and below median, Runs up and down, Ljung-Box), en que el valor p para estas pruebas es menor que 0,05, podemos rechazar la hipótesis de que la serie es aleatoria con un nivel de confianza del 95,0 %. Dado que las tres pruebas son sensibles a diferentes tipos de desviaciones del comportamiento aleatorio, no pasar ninguna prueba sugiere que la serie temporal puede no ser completamente aleatoria; por lo que la serie meningoencefalitis viral es no aleatoria, por lo que se pueden realizar pronósticos. Se realizó, además, un análisis de dispersión por nivel, en el cual no se apreció dependencia entre variabilidad y nivel, lo cual implica que los componentes de esta serie de tiempo se combinaron de forma aditiva.

En la figura 3 se observa la representación del componente estacional de la serie (líneas verdes) y el análisis gráfico y cuantitativo de los factores estacionales por el método aditivo. El valor 0 indica que no existe estacionalidad; cuando es mayor que 1, el valor de la variable toma valores superiores a los de la media en ese período; si es menor que 1, el valor de la variable toma valores inferiores a los de la media en ese período. En esta serie existe estacionalidad, con un incremento de la incidencia por meningoencefalitis viral en La Habana por sobre la media del período, predominante en los meses de mayo (7,102), junio (5,037), julio (4,459) y diciembre (3,459).



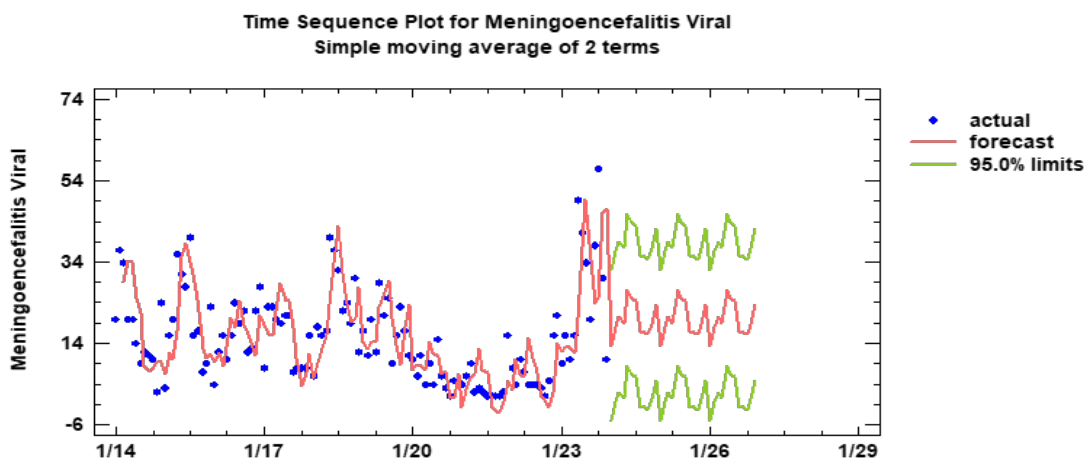
Fuente: Dirección de registros médicos y estadísticas de salud MINSAP.

Fig. 3- Componente estacional serie Meningoencefalitis viral.

El componente residual o ruido de la serie tuvo una distribución normal (Prueba de Kolmogorov – Smirnov = 0,056 ; $p = 0,200$)

Se originaron las predicciones hasta diciembre de 2026 mediante el modelo *Simple moving average of 2 terms* (fig. 4), que fue el que mostró mejor ajuste, donde la

mayor incidencia de casos de meningoencefalitis viral en La Habana continuará ocurriendo en los meses de mayo a julio y en diciembre, pudiendo llegar en mayo y junio a 27 y 25 casos, respectivamente.



Fuente: Dirección de registros médicos y estadísticas de salud MINSAP.

Fig. 4- Modelación y pronóstico de ingresos por Meningoencefalitis viral en La Habana hasta 2026.

El ruido de este modelo fue aleatorio, con pruebas de aleatoriedad para residuos (Runs above and below median, Runs up and down, Ljung-Box), en que el valor p es mayor o igual a 0,05 y sigue una distribución normal (Prueba de Kolmogorov – Smirnov = 0,080; $p = 0,055$) (Ruido blanco gaussiano).

Discusión

La serie de tiempo de meningoencefalitis viral en La Habana muestra un fuerte patrón de estacionalidad, que corresponde con el período dado por los meses de mayo a julio y diciembre en casi la totalidad de los 10 años estudiados.

La evidencia de estacionalidad en los meses correspondientes con el inicio de las estaciones de verano y otoño en esta serie presenta semejanzas con otras investigaciones realizadas previamente en diferentes países.^(6,7,8,9)

En un estudio transversal realizado en China, Jiao Tian y otros reportaron el carácter estacional, manifestado por un pico pronunciado de casos con encefalitis por adenovirus en los meses de verano junio y julio;⁽¹⁰⁾ también fue publicada en otra investigación realizada en San Miguel de Tucumán, Argentina, que el número de notificaciones de meningitis viral en los meses de marzo-abril de 2015 y 2016 fueron superiores, con un pico de incidencia significativamente superior de abril y mayo de 2017.⁽¹¹⁾

Sumado a esto, el trabajo de grado realizado por Gutiérrez en 2018 en el País Vasco, mostró predominio de diagnósticos con meningoencefalitis linfocitaria viral en las estaciones cálidas (primavera-verano),⁽¹²⁾ similares a nuestra investigación.

Desde finales de abril hasta septiembre del año 2000, las autoridades sanitarias cubanas señalaron un aumento marcado de casos de meningitis aséptica, los casos índices aparecieron en Cienfuegos;⁽¹³⁾ además, en Santiago de Cuba, un estudio descriptivo, observacional, de tipo ecológico, desde 1997 hasta 2012, evidenció un fuerte patrón de estacionalidad en la serie de datos de meningoencefalitis viral en el período junio a octubre;⁽¹⁴⁾ resultados afines a los encontrados en nuestra investigación.

También, en un estudio descriptivo realizado en el Hospital “Dr. Luis Díaz Soto” de La Habana, en el período comprendido del 1 de enero de 2014 al 31 de diciembre de 2019, fueron estudiados 503 pacientes ingresados en dicha institución, con diagnóstico de meningoencefalitis viral, cuyos resultados arrojaron mayor incidencia entre abril y junio;⁽¹⁵⁾ semejante a los hallazgos del presente estudio.

La actual serie presenta, en el gráfico de secuencia (fig. 1), un comportamiento anómalo entre 2020 y 2022, dado por disminución en la incidencia de casos con

meningoencefalitis viral, dicho período coincide con el inicio y culminación de la pandemia por COVID-19.⁽¹⁶⁾ La Habana por ser la capital de Cuba y tener mayor densidad poblacional, presentó la mayor complejidad en el enfrentamiento a la epidemia por el virus SARS-CoV-2 durante el período pandémico.^(17,18,19)

Las cifras estadísticas relacionadas a la incidencia de la meningoencefalitis viral en la provincia capitalina durante la etapa pandémica por la COVID-19 fueron menores respecto a los años previos y posteriores seleccionados, por lo cual consideramos que, al aunarse y concentrarse todas las fuerzas con vistas al control y erradicación del nuevo coronavirus, se produjo un subregistro de su incidencia.

Además, cabe plantear, durante este período, el desarrollo de meningitis viral por COVID-19 en pacientes ya diagnosticados con el propio virus,^(20,21) así como la existencia del fenómeno epidemiológico de coinfección viral con otros virus neurotrópicos^(22,23) en la población enferma por dicho virus.

Una serie temporal es una sucesión ordenada en el tiempo de valores de una variable. El estudio de las series temporales puede consistir en el análisis aislado de una variable o referirse también a la relación entre dos o más de ellas. En la primera aproximación se intenta básicamente entender cómo evoluciona en el tiempo una variable con el fin de realizar predicciones.⁽²⁴⁾ En este trabajo fueron analizados ambos enfoques.

En el análisis de nuestra serie temporal se originaron las predicciones hasta diciembre de 2026 mediante el modelo matemático *Simple moving average of 2 terms*, donde la mayor incidencia de casos de meningoencefalitis viral en La Habana continuará ocurriendo en los meses de mayo a julio y en diciembre con cifras similares a los 10 años estudiados.

Palú y otros, en su estudio ecológico realizado desde 1997 hasta 2012 en Santiago de Cuba, lograron establecer un modelo matemático clásico capaz de predecir,

ante variaciones climáticas importantes, la posible ocurrencia de eventos de alta volatilidad, pudiendo corresponderse con eventos hiperendémicos o epidémicos de meningoencefalitis viral.⁽¹⁴⁾ En la literatura internacional existen informes de investigación vinculados a la modelación matemática relacionados a la epidemiología.^(25,26)

El conocimiento para evaluar el comportamiento y realizar pronósticos que permitan la toma de decisiones en el seguimiento y control de la enfermedad, además de ajustes en los sistemas y servicios de salud que se requieran para la atención a la población, adquiere suma importancia en la gestión administrativa y epidemiológica de nuestro Estado.

En conclusión, la incidencia mensual de meningoencefalitis viral en el tiempo y lugar del estudio tiene un carácter estacionario en media, no se observó tendencia. Se demostró la existencia de estacionalidad en los meses de mayo a julio y diciembre; es una serie no aleatoria que permitió emitir predicciones similares en los años siguientes.

Referencias bibliográficas

1. Justo Ranera A., Soler-Palacin P., Codina M.G., Gonzalo de Liria C.R. Meningoencefalitis viral. *Pediatr Integral* 2018 [acceso 20/10/2022];XXII(6):282-93. Disponible en: <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2018-09/meningoencefalitis-viral/>
2. Vergara JP, Cárdenas WP. Meningitis infecciosa: Perfil epidemiológico y comportamiento clínico: Hospital Central de la Policía, Bogotá DC, Colombia. 2004-2010. *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*. 2014;23(4):290-5. DOI: <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.v23.n4.2014.700>

3. Zanella M-C, Lenggenhager L, Schrenzel J, Cordey S, Kaiser L. High-throughput sequencing for the aetiologic identification of viral encephalitis, meningoencephalitis, and meningitis. A narrative review and clinical appraisal. Clin Microbiol Infect. 2019;25(4):422-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2018.12.022>
4. Torun SH, Kaba O, Yakut N, Kadayifci EK, Kara M, Yanartas MS, *et al.* Multicenter prospective surveillance study of viral agents causing meningoencephalitis. Sci Rep. 2021;11(1):7216. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86687-0>
5. Bartholomeus E, De Neuter N, Lemay A, Pattyn L, Tuerlinckx D, Weynants D, *et al.* Diagnosing enterovirus meningitis via blood transcriptomics: an alternative for lumbar puncture. J Transl Med. 2019;17(1):282. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12967-019-2037-6>
6. Schibler M, Zanella MC, Kaiser L, Lalive PH. Encephalitis and meningoencephalitis: chasing the culprit. Clin Microbiol Infect. 2019;25(4):406-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.01.013>
7. Ayhan N, Prudhomme J, Laroche L, Bañuls AL, Charrel RN. Ayhan N, *et al.* Broader Geographical Distribution of Toscana Virus in the Mediterranean Region Suggests the Existence of Larger Varieties of Sand Fly Vectors. Microorganisms. 2020;8(1):114. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010114>
8. Melhuish A, Mc Gil F. Viral meningitis and encephalitis. Medicine. 2021;49(11):675-80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2021.08.004>
9. Domínguez-Gil M, Artero A, Oteo JA, Eiros JM. Virología: diagnóstico sindrómico de meningitis y encefalitis. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2020;38(S1):19-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2020.02.004>
10. Tian J, Wang X, Zhang L, Li Q, Feng G, Zeng Y, *et al.* Clinical epidemiology and disease burden of adenoviral encephalitis in hospitalized children in China: A

nationwide cross-sectional study. *Pediatr Investig.* 2023;7(4):247-53 DOI:

<https://doi.org/10.1002/ped4.12396>

11. Leavy G, Bruno M, Cuezco R, Ramírez F, Calli Flores R. Caracterización epidemiológica de las meningitis virales registradas por Vigilancia Epidemiológica en el periodo 2015-2017. *Revista ASEI. XIX CONGRESO SADI.* 2019 [acceso 20/10/2022]. Disponible en:
<https://infectologia.info/abstracts/caracterizacion-epidemiologica-de-las-meningitis-virales-registradas-por-vigilancia-epidemiologica-en-el-periodo-2015-2017/>
12. Gutiérrez San José E. Revisión sobre la meningitis linfocitaria en la edad pediátrica en el Hospital Universitario Donostia [tesis]. País Vasco: Facultad de Medicina y Enfermería; 2018.
13. Prieto Apesteguía A, Fonseca Hernández M, Jorge Cruz NE, Corona Martínez LA. Caracterización clínico epidemiológica de los menores de 15 años afectados por la epidemia de meningoencefalitis viral en Cienfuegos. *Rev Cubana Pediatr.* 2003 [acceso 20/10/2022];75(2). Disponible en:
https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0034-7512003000200002&lng=es
14. Palú Orozco A, Caballero Carcasés C, Orozco González MI, Brito Moreno AL. Variabilidad climática y síndrome neurológico infeccioso viral, aproximaciones desde la epidemiología panorámica. *ESG en Epidemiología.* 2019. DOI:
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36521.03682>
15. Álvarez Belett N, Alvarez Cruz J, Blanco del Frade A, Carassou Gutiérrez M, Romero Reinaldo Y. Caracterización clínico-epidemiológico de la meningoencefalitis viral en pediatría. *Convención Internacional de Salud, Cuba Salud;* 2022 [acceso 24/10/2024]. Disponible en:

<https://convencionsalud.sld.cu/index.php/convencionsalud22/2022/paper/viewPDFInterstitial/1124/370>

16. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas/INFOMED.

Actualización epidemiológica. Nuevo coronavirus (2019-nCoV). La Habana:

Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas/INFOMED; 2020 [acceso 12/06/2021]. Disponible en:

<https://temas.sld.cu/coronavirus/2020/01/28/nuevo-coronavirus-2019-ncov-actualizacion>

17. Durán García FA. Epidemiología de la COVID-19. La Habana, 2020 [tesis].

Cuba: Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, Escuela de Salud Pública; 2022.

18. Venero Fernández SJ, Más Gómez M, Cuellar Luna L, de Armas Águila Y, Suárez Medina R, Pérez González DR, *et al.* Características epidemiológicas de la COVID-19 en La Habana, epicentro de Cuba. Rev Cubana Hig Epidemiol. 2021 [acceso 20/10/2022];58(1):1-22. Disponible en:

<https://www.revepidemiologia.sld.cu/index.php/hie/article/view/1025>

19. Araujo Inastrilla CR, Rodríguez Despaigne L, Valdés Hernández O.

Comportamiento de la COVID-19 en las poblaciones de La Habana y Santiago de Cuba, enero-mayo 2021. Rev Cub de Tec de la Sal. 2022;13(4):30-8. Disponible en:

<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=120281>

20. Hafizi F, Kherani S, Shams M. Meningoencephalitis from SARS-CoV-2 infection. IDCases. 2020;21:e00919. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.idcr.2020.e00919>

21. Palacio-Toro MA, Hernández-Botero JS, Duque-Montoya D, Osorio Y,

Echeverry A, Osorio-Maldonado JJ, *et al.* Acute meningoencephalitis associated with SARS-CoV-2 infection in Colombia. Case Report. Journal of NeuroVirology. 2021;27:960-5 DOI:

<https://doi.org/10.1007/s13365-021-01023-6>

22. Polo Martínez M, Campo Jiménez R, Ariza Arroyo A, Aparicio Marengo D, Angulo Romero H, Torres Madrid C. ¿Es posible la coinfección o un diagnóstico erróneo por dengue y Covid 19? Una revisión de reporte de casos. Rev Chilena Infectología. 2022;39(2):167-73. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0716-10182022000200167>
23. Suescún Carrero SH, Valdivieso Bohórquez SJ, Ávila Panche S, Ucros Álvarez A, Rolon Rojas MJ. Coinfección porSaRS-CoV-2 con otros virus en pacientes de instituciones de salud del departamento de Boyacá, 2021-2022. Salud UIS. 2024;56:e24041. DOI: <https://doi.org/10.18273/saluduis.56.e:24041>
24. Vidal Ledo M, Guinovart Diaz R, Baldoquin Rodriguez W, Valdivia Onega NC, Morales Lezca W. Mathematical models for epidemiological control. Educ Med Super. 2020 [acceso 24/10/2024];34(2). Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttex&pid=S0864-21412020000200026&lng=es
25. Pliego Pliego EC. Análisis cualitativo y numérico de modelos matemáticos para el estudio de la interacción mosquito humano en dengue y su aplicación a la simulación, pronóstico y control de brotes [tesis] México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Posgrado en Ciencias Matemáticas; 2017.
26. Cocucci TJ, Sibona G. Un modelo matemático para el West Nile Virus [tesis]. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba; 2015.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Yessika Dueñas Ojeda, Roberto León Castellón.

Curación de datos: Yessika Dueñas Ojeda.

Análisis formal: Roberto León Castellón.

Investigación: Yessika Dueñas Ojeda.

Metodología: Yessika Dueñas Ojeda.

Administración del proyecto: Yessika Dueñas Ojeda, Roberto León Castellón.

Software: Roberto León Castellón.

Supervisión: Yessika Dueñas Ojeda.

Validación: Yessika Dueñas Ojeda.

Visualización: Yessika Dueñas Ojeda.

Redacción del borrador original: Yessika Dueñas Ojeda, Roberto León Castellón.

Redacción, revisión y edición: Yessika Dueñas Ojeda, Roberto León Castellón.