

## Compendio de estudios ecológicos para la investigación de la COVID-19

Dr. C. Larisa Zamora Matamoros<sup>1</sup>  
Dr. C. Nelsa María Sagaró del Campo<sup>2</sup>  
Dr. C. Luis Eugenio Valdés García<sup>3</sup>  
Dr. C. Iliana Benítez Jiménez<sup>4</sup>  
Dra. Adriana Rodríguez-Valdés<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

<sup>2</sup> Universidad de Ciencias Médicas. Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>3</sup> Instituto de Vacunas Finlay. La Habana, Cuba.

<sup>4</sup> Centro de Estudios Demográficos, Universidad de la Habana, Cuba

<sup>5</sup> Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Santiago de Cuba, Cuba.

*Resumen:* Se realizaron varios estudios ecológicos, exploratorios y de grupos múltiples con los objetivos de identificar la posible relación entre la cantidad de casos confirmados con COVID-19 y otras variables, así como su distribución no homogénea en los diferentes territorios. Primeramente, se verificó la influencia de los viajeros en el país, para lo cual se compararon las provincias según variables del nivel global y agregado. Luego, se determinó la influencia de indicadores demográficos (densidad poblacional, índice de masculinidad, grado de urbanización y grado de envejecimiento poblacional) a nivel provincial. Por último, se determinó la influencia de indicadores referentes a las acciones de salud y la respuesta de la población. Como resultado del primer estudio se evidenciaron correlaciones directas entre las cantidades de casos y viajeros, el número total de viajeros y los eventos de transmisión. En el modelo de regresión lineal resultaron significativas la densidad poblacional y la cantidad de viajeros con COVID-19. El análisis de conglomerados reveló la formación de cuatro grupos de provincias. A nivel provincial, se obtuvieron seis modelos y varios conglomerados. El municipio Santiago de Cuba fue atípico. Las variables significativas fueron viajeros, viajeros con COVID-19, cantidad de focos, cantidad de asintomáticos, densidad poblacional, y colaborador. El último estudio puso de manifiesto la influencia de las cantidades de contactos, focos activos, consultas espontáneas por infecciones respiratorias agudas, multas y pesquisas, con lo cual se logró que las principales medidas estuvieran dirigidas hacia la evaluación de estos indicadores, sin descuidar el resto de las medidas.

**Palabras clave:** COVID-19, estudios ecológicos, regresión lineal, análisis estadístico implicativo, indicadores demográficos.

## I. INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 ha progresado de manera diferenciada por los diferentes países y regiones en el mundo. A decir de muchos autores como Garland y colaboradores<sup>1</sup> estas diferencias motivan la investigación de los factores que las determinan y proponen el estudio de la densidad poblacional como uno de las principales diferenciales, aunque otros factores demográficos también pueden influir en la transmisión.

Los indicadores demográficos se han empleado para estimar el número de personas infectadas en realidad por el actual coronavirus.<sup>2</sup> En Cuba, la cantidad de casos no ha tenido una distribución homogénea en las diferentes regiones del país, lo cual condujo a formular la siguiente interrogante ¿Qué aspectos estarán influyendo en la distribución no homogénea de la cantidad de casos con COVID-19 en el país?

Dado que el punto de partida de la epidemia en Cuba, fueron viajeros procedentes de Italia y lo que se plantea en la literatura acerca de la influencia de la densidad poblacional sobre esta, conllevó a estudiar la posible relación de estos aspectos. Aunque los estudios ecológicos no pueden por sí mismos confirmar la causalidad de los efectos observados, han impulsado otros estudios epidemiológicos y experimentos en condiciones controladas, que cada día dan más pistas sobre los mecanismos que conducen a un aumento en el riesgo de desarrollarse determinado evento.<sup>(3)</sup>

Los objetivos de este trabajo fueron determinar en qué medida la diferencia en la incidencia de casos con COVID-19 en los diferentes territorios estudiados, puede ser explicada a partir de determinados indicadores demográficos y agruparlos atendiendo a dichos indicadores.

## II. MÉTODO

Se realizaron varios estudios ecológicos, exploratorios y de grupos múltiples. Primeramente, se verificó la influencia de los viajeros en la distribución no homogénea del número de casos con COVID-19 en las provincias de Cuba para lo cual se compararon estas provincias según variables del nivel global y agregado (casos, viajeros y totales con COVID-19; promedio de contacto; número de eventos; densidad poblacional) relacionadas con la cantidad de casos positivos confirmados. Se aplicaron los análisis de regresión lineal múltiple y de conglomerados para seleccionar el modelo que mejor describió el comportamiento de los datos y visualizar la agrupación de las provincias, respectivamente. Un proceder similar se siguió para conocer la influencia de viajeros en la distribución de casos en Santiago de Cuba.

Luego, se determinó la posible influencia de diversos indicadores demográficos (densidad poblacional, índice de masculinidad, grado de urbanización y grado de envejecimiento poblacional) sobre el número de casos con COVID-19 por municipios de Santiago de Cuba. Se compararon los nueve municipios, según variables del nivel global, relacionadas con la cantidad de casos (15 de octubre de 2020 hasta el 16 de enero de 2021). Se aplicó el análisis de regresión lineal múltiple para seleccionar el modelo que describió mejor el comportamiento de los datos y el análisis de conglomerados para visualizar la agrupación de los municipios.

Por último, se determinó la influencia de indicadores referentes a las acciones de salud y la respuesta de la población para lo cual se realizó un estudio ecológico de correlación de la incidencia de la COVID-19 en la provincia Santiago de Cuba entre el 15 de enero al 4 de febrero de 2021. Se tuvieron en cuenta los siguientes indicadores: los contactos detectados, los focos activos, las inspecciones sanitarias realizadas, las multas impuestas, las paralizaciones de servicios, las autopesquisas, las atenciones y

consultas espontáneas por infecciones respiratorias agudas, las pesquisas en la atención primaria de salud, los casos sospechosos y los ingresos en centros de aislamiento y en el hogar. Para el procesamiento estadístico se emplearon como técnicas, la regresión por mínimos cuadrados parciales y el análisis estadístico implicativo.

### III. RESULTADOS

Como resultado del primer estudio se evidenciaron correlaciones directas entre las cantidades de casos y viajeros, el número total de viajeros (que arribaron a Cuba en marzo) y los eventos de transmisión. <sup>(4)</sup> En el modelo de regresión lineal resultaron significativas la densidad poblacional y la cantidad de viajeros con COVID-19. El análisis de conglomerados reveló la formación de cuatro grupos de provincias por su similitud. El primer grupo concentró las provincias Pinar del Río, Santiago de Cuba, Sancti Espíritus y Camagüey. El segundo, a las provincias Artemisa, Mayabeque, Cienfuegos, Las Tunas, Guantánamo, Granma y el municipio especial Isla de la Juventud. El tercer grupo agrupó las provincias de Matanzas, Villa Clara, Ciego de Ávila y Holguín. El cuarto grupo quedó conformado, únicamente, por La Habana.

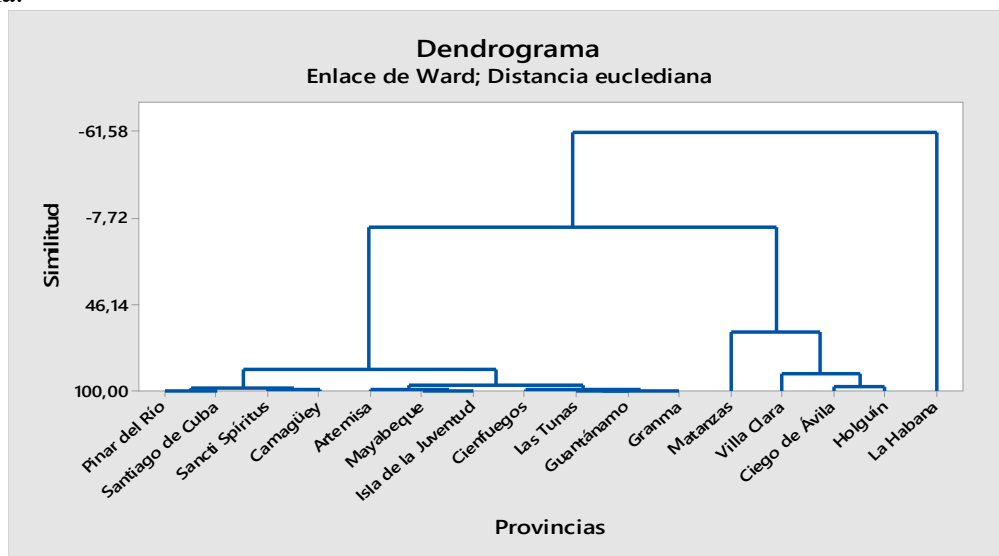


Fig. 1. Agrupaciones de las provincias según aspectos sociodemográficos.

Atendiendo al análisis integral realizado, el mejor modelo de regresión para explicar la cantidad de casos con COVID-19 en las provincias, según las covariables analizadas fue:  $CasosCovid = 0,24 * CantViajero + 3,42 * CasosViajCovid + 15,24 * DensidadPob$

Dado que el virus de la COVID-19 se propaga cuando las personas se encuentran muy próximas, la densidad poblacional parece ser uno de los aspectos implicados en la propagación. Estudios como el de Freeman<sup>(5)</sup> evalúan la influencia de la densidad poblacional en ciertas patologías.

El estudio del Banco Mundial plantea que, dado un cierto umbral de densidad de población, las ciudades brindan instalaciones y servicios de mayor calidad a sus residentes siendo más fácil para estos permanecer en casa y evitar el contacto innecesario con los demás, lo cual es coherente cuando existe un desarrollo económico que garantiza instituciones mejor diseñadas, infraestructuras de alta calidad e in-

tervenciones eficaces para llevar a cabo el distanciamiento social que hace a las ciudades más fuertes contra las enfermedades infecciosas. <sup>(6)</sup> Por su parte Verbrugge<sup>(7)</sup> consideró la relación de la densidad poblacional con actitudes sociales negativas y comportamientos indeseables.

Con respecto a la movilidad espacial se plantea que el aumento de viajeros internacionales ha incidido en una mayor propagación de enfermedades infecciosas, nuevas y reemergentes. <sup>(8)</sup> Esto ha hecho más evidente la necesidad de prevenir y diagnosticar, oportunamente, enfermedades que no son endémicas, para lo cual es fundamental conocer los riesgos en cada destino y las poblaciones más vulnerables. <sup>(9)</sup>

En el estudio a nivel provincial, se obtuvieron seis modelos y la formación de varios conglomerados. La densidad poblacional fue la variable que más diferenció a los municipios, marcada fundamentalmente por Santiago de Cuba. Al excluir este municipio, la mayor diferencia la hace la cantidad de colaboradores con COVID-19, ya que solo dos municipios tuvieron esta afectación. La mayor similitud entre estos municipios se da en las variables cantidad de viajero, cantidad de viajeros con COVID-19 y cantidad de asintomáticos, tanto a incluir o no a Santiago de Cuba en el análisis. Las características que distinguen a Santiago de Cuba, convirtiéndolo en un municipio atípico, son: la densidad poblacional, la cantidad de colaboradores con COVID-19 y la cantidad de contactos. <sup>(10)</sup>

Chinazzi<sup>(11)</sup> midió el impacto de la prohibición de viajar desde Wuhan en la propagación nacional e internacional de la epidemia. Otro estudio en China comprobó la existencia de correlación entre el tráfico aéreo nacional y el número de casos confirmados de COVID-19. Así mismo, que la tasa de incidencia fue, significativamente, menor y el tiempo de duplicación de los casos mayor, después del cierre del transporte. <sup>(12)</sup> Por su parte, Tuite<sup>(13)</sup> determinó en Italia, en base al análisis de los viajeros, que la epidemia italiana comenzó un mes antes del 29 de febrero de 2020.

El estudio de los indicadores demográficos evidenció correlaciones significativas entre la cantidad de casos con COVID-19, la densidad de población y el grado de urbanización. La combinación del modo de vida urbano, en el que se genera una gran movilidad, con la concentración de población en los espacios poblados es propicio para la transmisión del virus y el aumento de la incidencia de esta enfermedad. Al aplicar el modelo de regresión, reveló como significativa la densidad poblacional cuando se consideraron los nueve municipios, sin embargo, al excluirse el municipio atípico (Santiago de Cuba) resultó significativo el índice de masculinidad. La ausencia de fundamentos demográficos para tal relación y el análisis de las correlaciones entre todas las variables condujeron a considerarla una variable espuria, condicionada por la densidad poblacional (variable confusora). El análisis de conglomerados reveló la formación de tres grupos de municipios asociados precisamente, por la densidad poblacional. El primer grupo concentró los municipios Contramaestre, Mella, San Luis, Songo La Maya y Palma Soriano. El Segundo, a los municipios Segundo Frente, Tercer Frente y Guamá. El municipio cabecero, Santiago de Cuba, quedó aislado del resto y forma el tercer grupo. <sup>(14)</sup>

El estudio de Kadi,<sup>(15)</sup> muy similar al nuestro en su diseño, mostró la relación entre la densidad de población y la propagación de la COVID-19 en las ciudades argelinas. También, Carozzi <sup>(16)</sup> estimó el vínculo entre la densidad de población y la propagación y gravedad de la COVID-19 en condados contiguos.

El último estudio puso de manifiesto que la cantidad de casos se correlacionó significativamente con las cantidades de contactos, focos activos, consultas espontáneas por infecciones respiratorias agudas, de multas y de pesquisa con valores de correlación entre 0,45 y 0,93. Con la aplicación del análisis estadístico implicative se corroboró, desde otra perspectiva, que la cantidad de contactos, de focos activos y

de consultas espontáneas por IRA son los indicadores que más inciden en la cantidad de casos de COVID-19.<sup>(17)</sup>

En la figura 2 se muestran las salidas gráficas de este análisis. El árbol de similaridad (a) reveló la formación de tres clases. La primera formada por la variable dependiente (cantidad de casos de COVID-19), la cantidad de contactos detectados, de consultas espontáneas por IRA y de ingresos en el hogar. Dos de estas variables independientes coinciden con las informadas por la regresión por mínimos cuadrados parciales, referente a las variables que más aportan para pronosticar la variable dependiente.

El grafo implicativo (b) mostró que los indicadores: cantidad de contactos detectados, total de paralizaciones, cantidad de ingresos en centros de aislamiento y en el hogar son condiciones necesarias para incrementar la cantidad de casos con COVID-19, pero no suficientes. Sin embargo, la cantidad de focos activos, el total de multas realizadas, la cantidad de atenciones por IRA, la cantidad de pesquisas en el nivel primario de salud, la cantidad de personas que asisten espontáneamente a las consultas de IRA y la cantidad de casos sospechosos son causas contribuyentes que conforman una condición suficiente para que aumenten los casos con COVID-19.

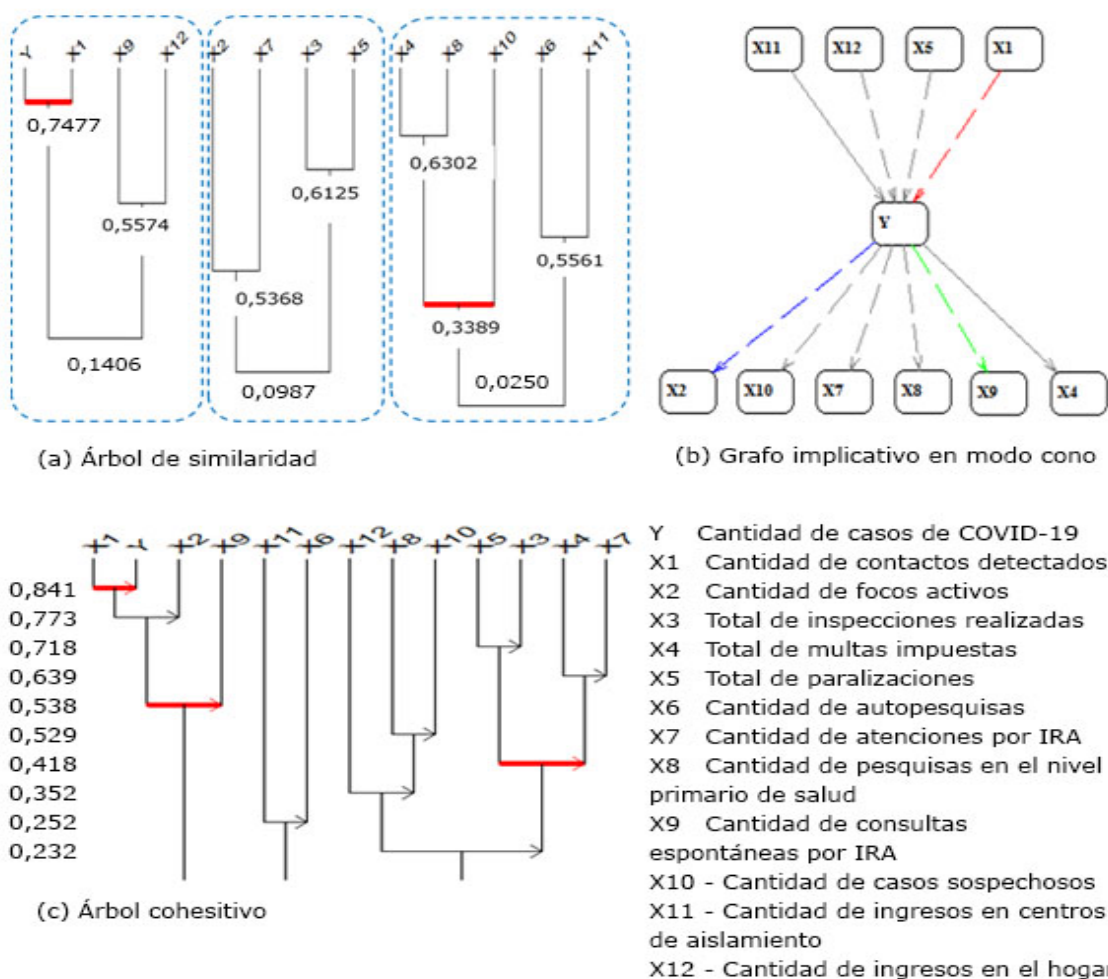


Fig. 2 - Salidas gráficas del análisis estadístico implicativo mediante el CHIC.

Ambas técnicas estadísticas coincidieron en que los indicadores que más influyeron en el número de casos de COVID-19 fueron las cantidades de contactos detectados, focos activos y personas que asisten voluntariamente a consulta por enfermedades respiratorias.

Los autores de este trabajo coinciden con Pérez Abreu<sup>(18)</sup> sobre la importancia de una correcta realización de la historia epidemiológica de pacientes confirmados, con el fin de identificar y neutralizar los focos de propagación y con Salermo Reyes<sup>(19)</sup> sobre la correcta certificación del control de foco como elemento fundamental para controlar la epidemia.

A pesar de que una de las acciones más importantes para la detección de casos de COVID-19 durante la epidemia en Cuba, ha sido el desarrollo, en todas las comunidades, de un sistema para la pesquisa activa de personas con infección respiratoria aguda y sus contactos, principalmente, en individuos que epidemiológicamente pudieran tener relación con la enfermedad,<sup>(20-22)</sup> en este estudio solo resultaron relevantes aquellas atenciones que han sido espontáneas, o sea que denotan una percepción de riesgo y autorresponsabilidad de la persona con su salud.

#### IV. CONCLUSIONES

La cantidad de casos con COVID-19 por provincia se relacionó con la densidad poblacional y con la cantidad de viajeros que entró al país, tanto con la enfermedad como sin ella. Esta cantidad fue el detonante en el aumento de casos infectados en los dos brotes de la epidemia en Santiago de Cuba; por lo que se ratifica la necesidad de mantener medidas estrictas para los viajeros, aun cuando exista un control de la enfermedad en el territorio.

Estos autores consideran que la densidad poblacional puede influir de manera positiva o negativa, en dependencia del desarrollo socioeconómico alcanzado por las ciudades y de otras condiciones que se derivan de ella como la movilidad interna y la entrada de viajeros.

A partir de la determinación de los indicadores que más han influido en el incremento del número de casos con COVID-19 en Santiago de Cuba relacionado con las acciones de salud y la respuesta de la población, se pudo determinar que las principales medidas para controlar la epidemia estén dirigidas hacia la evaluación de estos indicadores, sin descuidar el resto de las medidas.

#### REFERENCIAS

1. Garland P.; Babbitt D.; Bondarenko M.; Sorichetta A.; Tatem A.J.; Johnson O. The COVID-19 pandemic as experienced by the individual, Preprint. 2021. arXiv:2005.01167 [physics.soc-ph]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2005.01167>
2. Bohk-Ewald C, Dudel C, Myrskylä M. A demographic scaling model for estimating the total number of COVID-19 infections. medRxiv, Preprint. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1101/2020.04.23>.
3. Blanco-Becerra LC, Pinzón-Flórez CE, Idrovo AJ. Estudios ecológicos en salud ambiental: más allá de la epidemiología Biomédica. 2015;35:191-206. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2819>
4. Zamora-Matamoros L, Sagaró-del Campo NM, Valdés-García LE, Benítez-Jiménez I. Entrada de viajeros y densidad poblacional en la propagación de la COVID-19 en Cuba. Revista Cubana de

- Medicina, 2020;59(3): 1-12. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/med/v59n3/1561-302X-med-59-03-e1375.pdf>
5. Freedman JL, Heshka S, Levy A. Population density and pathology: Is there a relationship?. *Journal of Experimental Social Psychology*. 1975;11(6):539-552. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0022-1031\(75\)90005-0](https://doi.org/10.1016/0022-1031(75)90005-0)
  6. World Bank Blog, Fang W, Wahba S. Urban Density Is Not an Enemy in the Coronavirus Fight: Evidence from China. Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/urban-density-not-enemy-coronavirus-fight-evidence-china>
  7. Verbrugge LM, Taylor RB. Consequences of Population Density and Size. *Urban Affairs Quarterly*. 1980;16(2):135-160. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12279512>
  8. Menchero Sánchez M. Flujos turísticos, geopolítica y COVID-19: cuando los turistas internacionales son vectores de transmisión. *Geopolítica(s)*. 2020;11(Especial):105-114. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.5209/geop.69249>
  9. Perret PC. Infecciones en viajeros internacionales. *REV. MED. CLIN. CONDES*. 2014;25(3):565-568. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(14\)70071-9](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(14)70071-9)
  10. Zamora-Matamoros L, Sagaró-del Campo NM, Valdés-García LE, Díaz-Silvera J. Viajeros internacionales y otros indicadores de la transmisión de la COVID-19 en Santiago de Cuba. *MEDISUR*, 2021; 19(5): 787-797. Disponible en: <http://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/5172>
  11. Hien Lau, Veria Khosrawipour, Piotr Kocbach, Agata Mikolajczyk, Justyna Schubert, Jacek Bania, Tanja Khosrawipour, The positive impact of lockdown in Wuhan on containing the COVID-19 outbreak in China, *Journal of Travel Medicine*, Volume 27, Issue 3, April 2020, taaa037. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa037>
  12. Niehus R, De Salazar PM, Taylor AR, Lipsitch M. Quantifying bias of COVID-19 prevalence and severity estimates in Wuhan, China that depend on reported cases in international travelers. medRxiv. 2020. Version 2. medRxiv. Preprint. 2020 Feb 18. doi: 10.1101/2020.02.13.20022707 PMID: PMC7239063 PMID: 32511442
  13. Tuite A, Ng V, Rees E, Fisman D. Estimation of COVID-19 outbreak size in Italy based on international case exportations. medRxiv. 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.02.20030049>
  14. Zamora-Matamoros L, Sagaró-del-Campo NM, Valdés-García LE, Benítez Jiménez I. Indicadores demográficos en la incidencia de la covid-19 en Santiago de Cuba. *R. bras. Est. Pop.* 2021;38(1-17):e0153. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20947/S0102-3098a0153>
  15. Carozzi F; Sandro P.; Sefi R. Urban Density and Covid-19. IZA Discussion Paper No, 13440. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=3643204>.
  16. Kadi N.; Khelfaoui M. Population density, a factor in the spread of COVID-19 in Algeria: statistic study. *Bull Natl Res Cent*. 2020;44(1):1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00393-x>.
  17. Zamora-Matamoros L, Sagaró Del Campo NM, Valdés-García LE, Alcántara Olivero Y. Acciones de salud y la respuesta de la población en la incidencia de COVID-19 en Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Medicina General Integral*. 2021;37(Sup):e2033. Disponible en: <http://www.revmgi.sld.cu/index.php/mgi/article/view/2033>
  18. Pérez Abreu MR, Gómez Tejeda JJ, Dieguez Guach RA. Características clínicoepidemiológicas de la COVID-19. *Rev haban cienc méd*. 2020 [acceso: 15/02/2021];19(2):e3254. Disponible en:

- [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729519X2020000200005&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729519X2020000200005&lng=es). Epub 22-Abr-2020
19. Salermo Reyes MA, Garrido Tapia E. Certificación del control de foco, estrategia aplicada frente a la COVID-19, Holguín, 2020. CCM. 2020 [acceso: 10/01/2021];24(3). Disponible en: <http://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3708>
  20. Véliz Martínez PL, Díaz Curbelo A, Menes Hernández M, Columbié Paredes O, Aguilar López J, Jorna Calixto AR. Acciones de salud en el enfrentamiento a la COVID-19 en el municipio Cotorro, 2020. Revista de Información Científica para la Directivos de la Salud, INFODIR. 2021;34:e959. Disponible en: <http://www.revinfodir.sld.cu/index.php/infodir/article/view/959>
  21. Placeres Hernández JF. Pesquisa activa, contribución desde la Atención Primaria de Salud para el control de la COVID-19. Rev Med Electrón. 2020;42(4):2148-59. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S168418242020000402148&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168418242020000402148&lng=es). Epub 30-Ago-2020
  22. Ministerio de Salud Pública de Cuba. Protocolo vs COVID -19. Infomed; 2020 [acceso: 15/02/2021]. Disponible en: <https://temas.sld.cu/coronavirus/covid19/minsap-estrategia-e-indicaciones/>