

identificaron bajas tasas de incidencia. Se apreció baja movilidad, cumplimiento de medidas de distanciamiento y protección social.

Conclusiones: La creación de un grupo multidisciplinario en Santiago de Cuba, a propuesta de las máximas estructuras del partido y el gobierno, garantizó el despliegue de recursos tecnológicos para el uso de la teleepidemiología, lo que permitió la identificación espacial y posterior gestión integral de riesgos ecoepidemiológicos relacionados con la transmisión de COVID-19 en Santiago de Cuba. Las acciones gubernamentales diferenciadas, la percepción de riesgo de la población y la respuesta comunitaria influyeron en las bajas tasas de transmisión y dispersión espacial de la enfermedad, lo que muestra la importancia de la concepción de la salud como producto social.

Palabras clave: COVID-19; teleepidemiología; sistemas de información geográfica; análisis espacial; movilidad social; concentración demográfica.

ABSTRACT

Introduction: Cuba early started its preparations to face the emergency due to COVID-19 and it has made a deployment of several scientific-technical capacities for it, among them the management of geographical information's systems by GEOCUBA company.

Objective: Identify posible sites of geospatial risk related with the transmission of COVID-19 in Santiago de Cuba province.

Methods: It was developed an ecologic study. There were identified groups of COVID-19 transmission and epidemiological risks. Epidemiological, social and spatial variables were resumed. Also there were made spatial analyses and overflights of drones as teleepidemiology techniques.

Results: There were identified five spatial groups of transmission: one in Palma Soriano municipality, one in Contramaestre municipality and three in Santiago de Cuba municipality. The spatial distances among the cases and confirmed cases were related with the form of transmission of COVID-19. There were identified low incidence rates. It was noticed low mobility, accomplishment of the social distancing rules and social protection.

Conclusions: The creation of a multidisciplinary group in Santiago de Cuba province, as a proposal of the highest level of the Communist Party and the Government, secured the deployment of technologic resources for the use of teleepidemiology, and this allowed the spatial identification and further comprehensive management of ecoepidemiologic risks related with the transmission of COVID-19 in Santiago de Cuba. The different governmental

actions, the perception of risk of the population, and the community response impacted in the low rates of transmission and spatial spreading of the disease, which shows the importance of worthing health as a social product.

Keywords: COVID-19; telepidemiology; systems of geographical information; spatial analysis; social mobility; demographic concentration.

Recibido: 21/07/2020

Aceptado: 26/09/2020

Introducción

La notificación en diciembre de 2019 de los primeros casos de COVID-19 por parte de China, constituyó una alerta de marcada trascendencia. Para el mes de enero, la rápida propagación de la enfermedad fue decretada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una amenaza de carácter internacional. Cuba comenzó tempranamente sus preparativos ante la emergencia por COVID-19. Muchas capacidades científico-técnicas fueron desplegadas, entre ellas las realizadas por la empresa GEOCUBA, la cual tiene a su cargo la gestión de sistemas de información geográfica en el país.⁽¹⁾

A partir de 1998 se inició en Cuba la integración entre sistemas de telecomunicaciones y la medicina, comienza así la era de la telemedicina, soportada en la red telemática de salud Infomed. La telemedicina se define como el empleo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la medicina.⁽²⁾ En el año 2005, *Rodríguez Morales*⁽³⁾ esbozó aspectos relacionados con la ecoepidemiología o epidemiología panorámica y la epidemiología satelital, en un acercamiento a la telepidemiología. *Rivas* y otros.⁽⁴⁾ consideran que dentro de la telemedicina, la telepidemiología es una modalidad que se basa en el telemonitoreo para proporcionar servicios automáticos o semiautomáticos de vigilancia. *Brazeu* y otros⁽⁵⁾ la definen como la evaluación de la distribución de enfermedades de animales y personas utilizando datos remotos climáticos y ambientales.

La revisión de la literatura evidencia vacíos epistemológicos en torno a la telepidemiología. Por ello, en el presente estudio se define como una rama de la epidemiología, que tiene como basamento científico el método epidemiológico y que, auxiliándose de las TIC, tiene como

objeto fundamental el estudio, vigilancia y caracterización de los procesos salud-enfermedad a escala multinivel.

La emergencia de COVID-19 en el mundo se sigue en tiempo real desde diversas disciplinas y aplicaciones, desde las cuales se han reportado el monitoreo de casos, estudios de distribuciones espaciales de enfermedades, entre otros aspectos.^(6,7) Ante la entrada de casos en Cuba para marzo de 2020, en atención a las máximas indicaciones del gobierno,⁽⁸⁾ el Consejo de defensa provincial en Santiago de Cuba creó un grupo multidisciplinario asesor conformado por matemáticos, físicos, cibernéticos, informáticos, sociólogos, psicólogos, geógrafos, climatólogos y profesionales de la salud, pertenecientes a las universidades de Oriente y de Ciencias Médicas, dirección provincial de Salud Pública, Centro provincial de Higiene y Epidemiología, Ministerio del Interior y las empresas DATYS y GEOCUBA.

Uno de los aportes del grupo de expertos para COVID-19 en Santiago de Cuba fue el despliegue de capacidades técnico-profesionales, entre las que se encuentra el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En Cuba se reportan pocas publicaciones relacionadas con el uso de la teleepidemiología. En Santiago de Cuba, *Palú Orozco* y otros.⁽⁹⁾ describieron su uso para gestión de riesgos relacionados con dengue, lo que constituye una de las primeras aproximaciones documentadas.

Teniendo en consideración que el problema fundamental, desde el punto de vista científico, es el desconocimiento de la dinámica espacial de transmisión del SARS-CoV-2, el presente estudio tiene el objetivo de identificar posibles sitios de riesgo geoespacial relacionados con la transmisión de COVID-19 en Santiago de Cuba.

Métodos

Se realizó un estudio observacional ecológico para identificar posibles sitios espaciales de transmisión de COVID-19 en la provincia Santiago de Cuba. Se utilizaron como métodos la observación, revisión documental, análisis lógico y deductivo. En esta investigación no se trabajó directamente con pacientes, solo con la información disponible por registros oficiales del Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba. Se mantuvo la confidencialidad, de la información con apego a los principios éticos del Ministerio de Salud Pública (Minsap) y los descritos en la Declaración de Helsinki.

Definiciones operacionales

Casos confirmados: individuo con SARS-CoV-2 identificado por medio de la prueba reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (PCR-RT por sus siglas en inglés, Polimerase Chain Reaction in Real Time), realizada bajo la norma ISO-9001 y regido por las normas establecidas por la OMS. Se realizó el PCR-RT en el laboratorio de Biología molecular del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología de Santiago de Cuba.

Contactos de casos confirmados: individuo con o sin síntomas respiratorios declarado/identificado mediante investigación epidemiológica que estuvo en contacto con paciente confirmado con SARS-CoV-2.

Provincia: correspondió, según la división político-administrativa de agosto de 2010, a los territorios de mayor extensión territorial en los cuales se divide el país (1.^{er} nivel).

Municipio: correspondió, según división político-administrativa de agosto de 2010, a los territorios en los cuales se divide cada provincia del país (2.^o nivel).

Consejo popular: correspondió, según división político-administrativa de agosto de 2010, a las estructuras de base de los gobiernos municipales. Los que geográficamente están conformados por grupos de manzanas, son de menor extensión que los municipios (3.^{er} nivel).

Manzana: correspondió con las demarcaciones (calles) de menor extensión territorial (aproximadamente 150 m² a 200 m²) que conforman cada localidad, ciudad o pueblo en cada municipio (4.^o nivel).

Área de salud: correspondió con delimitaciones geográficas de cada municipio dentro de la cual se organizan servicios de atención sanitaria. Las áreas de salud se enmarcan, por lo general, dentro de un consejo popular.

Fuente de datos

El periodo de estudio correspondió desde el 20 de marzo hasta el 13 de mayo de 2020 (15 días mantenidos sin reportes de casos de COVID-19, a partir del último caso notificado el 28 de abril de 2020). Se definieron tres unidades de muestreo, dos correspondientes a personas y la tercera de tipo espacial:

- De las dos unidades muestrales de personas, una correspondió a la totalidad de registros de casos sospechosos y contactos ingresados en los centros para COVID-

19 en la provincia Santiago de Cuba (3272), se confirmaron 49 casos con SARS-CoV-2 a partir de la prueba PCR-RT.

- La segunda unidad muestral de personas se obtuvo por observación directa a partir de la población identificada en sitios de alta y baja concentración demográfica, sitios escogidos aleatoriamente mediante triangulación espacial, en zonas urbanas del municipio Santiago de Cuba. Esta muestra ascendió a 196 304 personas. Los datos correspondientes a casos confirmados y contactos se obtuvieron del Sistema de Información Estadística del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología (CPHE en lo adelante) de Santiago de Cuba, así como de las historias clínicas digitales aportadas por este mismo centro.
- Las unidades muestrales espaciales correspondieron a las manzanas de cada municipio y provincia de Santiago de Cuba. Del total de manzanas, se trabajó con aquellas en las cuales se identificaron casos confirmados con SARS-CoV-2 y contactos de casos confirmados. Además, se incluyeron las de mayor y menor densidad de concentración demográfica del municipio Santiago de Cuba, por ser el de mayor reporte de casos confirmados. La muestra espacial estudiada ascendió a 1573 manzanas.

Para el análisis geoespacial se utilizaron bases cartográficas georeferenciadas del grupo empresarial GEOCUBA, División Oriente Sur, con proyección geodésica WGS-84. Se dispusieron además imágenes panorámicas obtenidas por vuelos de dron tipo RC KY601G GPS, cuadricóptero, 2000 metros con distancia de control RC 120 °, gran angular, con cámara HD de 4 Quilates, plegable, 5 G, wifi, sensor térmico, comprado a China.

Variables, indicadores, técnicas y procedimientos

Las variables definidas fueron la clasificación epidemiológica del individuo (caso confirmado o contacto), edad, sexo, dirección, área de salud, municipio y provincia. Para la muestra espacial, las variables fueron: coordenadas de las manzanas de casos confirmados y contactos, así como sitios de alta/baja concentración demográfica. Además, se consideraron, a partir de la observación participante de encuestadores, las variables sexo, grupo poblacional y consejo popular de observación. Se resumieron variables cuantitativas y cualitativas, en frecuencias absolutas y porcentajes y se elaboraron tablas de contingencia. Se utilizaron la tasa de incidencia acumulada y la tasa de letalidad por COVID-19. Se

diseñaron bases de datos en Libre Office Calc V 6.4.4.2 y el análisis se hizo en EpiInfo (disponible en: <https://www.who.int/ncds/surveillance/steps/resources/EpiInfo/es/>).

Para la caracterización de la muestra en sitios identificados de alta y baja concentración demográfica se seleccionaron 84 observadores, todos dirigentes de la Universidad de Oriente, previamente entrenados por especialistas en epidemiología del Grupo Técnico Asesor para COVID-19 en Santiago de Cuba. Se definieron los días 7, 9 y 11 de mayo de 2020 para el estudio, porque coincidían con un periodo de actividad social tradicional importante en el país (días previos y día posterior a la celebración de las madres, el segundo domingo de mayo). Cada observador registró en cada día señalado, en los horarios de 8:30 am-10:00 am; 2:30 pm-4:00 pm y 6:30 pm-8:00 pm la cantidad de personas transitando y reunidas según variables sociodemográficas de interés, información que se resumió posteriormente.

Para analizar la información geoespacial se diseñó una plataforma web (<http://geosalud.uo.edu.cu/index.php>), con lenguaje PHP (<https://www.php.net/>), para lo que se utilizaron librerías Bootstrap (<https://getbootstrap.com/>). Las bases cartográficas planimétricas digitales de Cuba se trabajaron en escala máxima 1:2 000, bajo proyección geodésica WGS-84. Para la ubicación de las manzanas se utilizaron las bases de Open Street Map del servidor OSM (<https://www.openstreetmap.org>). La visualización cartográfica se implementó con la plataforma QGIS 2.18, utilizándose Postgre SQL 10 como gestor de bases de datos con su extensión geoespacial Postgis 1.5.3 (<https://postgis.net>).

Para identificar focos/grupos espaciales de riesgo epidemiológico, a partir de la identificación espacial de los casos confirmados y sus contactos, se realizó análisis espacial de vecinos más cercanos (en inglés, *k-nearestneighbors*; método de clasificación supervisada que sirve para estimar la función de densidad de las variables predictoras por cada clase (Ecuación):

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{r=1}^p (x_{ri} - x_{rj})^2}$$

Además, se trabajó con la capa (*shape*) de objetivos socioeconómicos de interés aportada por GEOCUBA, división Oriente Sur. Fueron identificadas, capturadas y georreferenciadas imágenes correspondientes a sitios de interés a través de sobrevuelo de dron. Se trabajó con los 7 consejos populares de estudio con confirmados con SARS-CoV-2 y 7 consejos controles sin casos confirmados. Fueron seleccionados 9 sitios de alta concentración

demográfica en cada consejo popular escogiéndose aleatoriamente tres. A partir de los sitios de alta concentración demográfica, estableciéndose una distancia planimétrica de 500 metros, se seleccionaron los sitios de baja concentración demográfica. Todas las distancias entre grupos se obtuvieron a partir de los centroides de manzanas/consejos populares, determinados directamente en la plataforma diseñada, con precisión de 0,01 metros.

Toda la información se computó en una microcomputadora ubicada en DATYS, con microprocesador Core I-5, 16 Gb de RAM y sistema operativo Linux, con migración a Windows-10, versión temporal de prueba por un mes, para el trabajo con EpiInfo y QGIS.

Resultados

En la provincia Santiago de Cuba se confirmaron 49 personas con SARS-CoV-2, tasa de incidencia de 4,7 x 100 000 habitantes, 2 fallecidos y letalidad de 4,08 x 100 pacientes. Se identificaron 1427 contactos.

El uso de la telepidemiología permitió identificar tres grupos espaciales de casos, uno en el municipio Palma Soriano, uno en Contramaestre y tres en Santiago de Cuba. El mayor riesgo epidemiológico se identificó en el municipio Santiago de Cuba. El resumen de las principales variables epidemiológicas se presenta en la tabla 1.

Tabla 1 - Resumen de variables epidemiológicas según grupos espaciales de casos y provincia

Variables	Municipios			Provincia
	Palma Soriano	Contramaestre	Santiago de Cuba	Santiago de Cuba
TI	0,49 x 10 ⁵	0,77 x 10 ⁵	0,66 x 10 ⁵	0,46 x 10 ⁵
Confirmados	8	6	35	49
Contactos	162 (11,3 %)*	143 (10,1 %)*	1122 (78,6 %)*	1 427 (100 %)*
Fallecidos	0 (0,0%)*	0 (0,0%)*	2 (100 %)*	2 (100 %)*

Nota: TI: Tasa de incidencia. *Porcentajes calculados sobre la base del total de la provincia.

Las distancias entre los grupos espaciales de casos identificados en cada municipio se resumen en la tabla 2, apreciándose mayor dispersión de casos en Contramaestre.

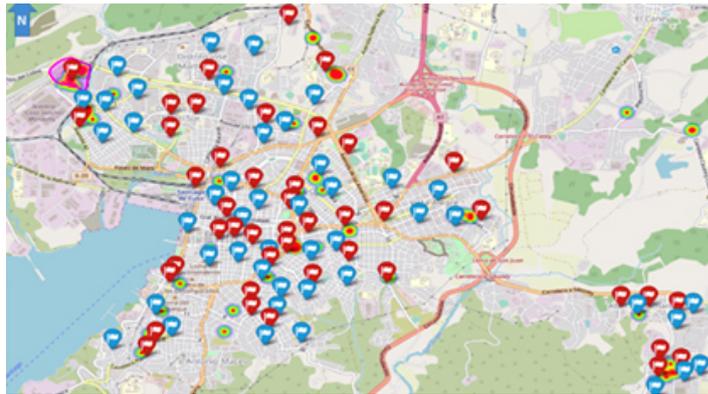
Tabla 2 - Distancia estimada entre los clusteres de transmisión

Variables		Municipios				
		Palma Soriano	Contramaestre	Santiago de Cuba		
				Área Frank País García	Área 30 de noviembre	Área Boniato
Distancia entre centroides	Mínima	60,00 m	643,75 m	115,00 m	600,00 m	647,00 m
	Máxima	100,00 m	1684,93 m	815,00 m	1200,00 m	2600,00 m

Las distribuciones espaciales entre casos confirmados (en rojo) y sus contactos (en verde) se muestran para los municipios de Palma Soriano (a); Contramaestre (b) y Santiago de Cuba (c). Se apreciaron grupos de casos y contactos con diferente relación de cercanía entre ellos.

Fig. 1 - Distribución espacial de grupos de transmisión de COVID-19 para, A Palma Soriano, B Contramaestre y C Santiago de Cuba. Escala 1: 20 000.

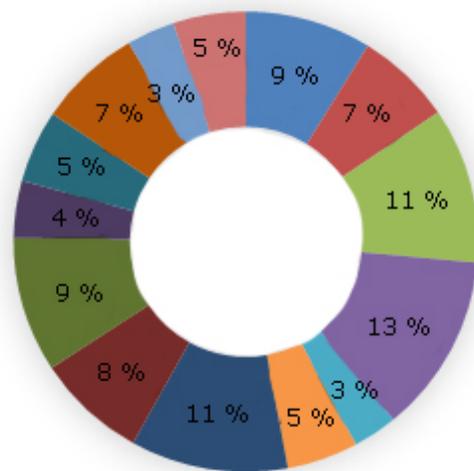
Los sitios de mayor y menor riesgo epidemiológico en el municipio Santiago de Cuba se muestran en la figura 2.



Leyenda: Globo rojo con bandera, sitio de alta concentración demográfica. Globo azul con bandera, sitios de baja concentración demográfica. Círculos concéntricos: áreas de mayor riesgo epidemiológico.

Fig. 2 - Objetivos geoespaciales de alta y baja concentración demográfica. Municipio Santiago de Cuba.

Fueron vigilados epidemiológicamente 84 sitios de la ciudad de Santiago de Cuba en 14 consejos populares. Los principales resultados se muestran en las figuras 3 y 4.



- Distrito José Martí Sur
- Distrito José Martí Norte
- Agüero Mar Verde
- Mariana Grajales
- Guillermón Moncada
- Los Maceo
- Heredia
- Flores
- Altamira
- Sueño
- Vista Alegre
- 30 de Noviembre
- Abel Santamaría
- Haydée Santamaría

Fig. 3 - Porcentaje de movilidad según consejo popular.

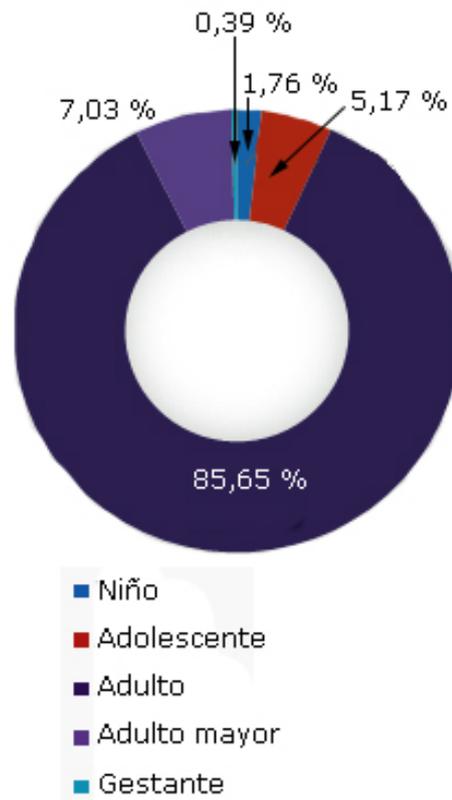


Fig. 4 - Porcentaje de movilidad según grupo poblacional

Se identifica muy baja movilidad social en áreas altamente concurridas (Fig. 5).



A Parque Plaza de Marte

B Avenida Garzón

C Paseo Enramadas

Fig. 5 – Imágenes captadas por dron en sitios de alta dinámica demográfica.

Discusión

Las tasas de transmisión de COVID-19 en los municipios Palma Soriano, Contramaestre y Santiago, incluyendo la propia provincia, fueron bajas. Al cierre de abril de 2020 Santiago de Cuba no reportaba transmisión y era la cuarta provincia con menor reporte de casos y tasa de incidencia.

A partir de los modelos matemáticos desarrollados en el Grupo Técnico Asesor de Santiago de Cuba, por *Ramirez Torres* y otros.⁽¹⁰⁾ se estimó la velocidad de transmisión de COVID-19, la acción gubernamental, la percepción de riesgo y la respuesta comunitaria, variables que se comportaron muy favorables para Santiago de Cuba, independientemente de que las medidas generales dictadas por el gobierno fueran las mismas para todo el país.⁽⁸⁾ En el presente estudio no se descarta que otras variables pudieran haber influido en las bajas tasas de transmisión, tales como condiciones meteorológico-climáticas, tipo de cepa circulante entre otras.

Se identificaron tres principales grupos de transmisión de COVID-19, mediante uso de técnicas de teleepidemiología, lo que coincide con estudios realizados en la Universidad de Johns Hopkins, que aportan resultados sobre el análisis de clúster de transmisión de COVID-19 en EE. UU.⁽¹¹⁾ *Peng* y *Nagata*⁽¹²⁾ presentan un algoritmo de clúster que permitió identificar diferencias entre los casos observados en 24 países y su distribución espacial. Por otra parte, *Desjardins* y otros⁽¹³⁾ explican la utilización de la variable tiempo-espacio para identificar clústeres de transmisión. En la presente investigación no se tuvo evidencias de la realización de estudios similares en otras provincias de Cuba.

Las distancias mínimas espaciales entre grupos de confirmados y contactos explican la existencia de focos de transmisión familiar o contactos cercanos con fuente de infección conocida. Sin embargo, las máximas distancias sugieren dispersión de la transmisión, focos aislados o fuentes de infección desconocidas. La distribución espacial de casos unido a la investigación epidemiológica confirmó la existencia de transmisión cercana en 2 familias del municipio Palma Soriano, 1 en Contramaestre y 3 en Santiago de Cuba.

La identificación de distancias por encima de los 1000 metros sugirió una posible conexión de casos facilitada por los medios de transportación individual o colectivos. Por ello, fue necesario paralizar el transporte público y regular el privado, lo que permitió apreciar el cambio de patrón de transmisión familiar a transmisión difusa y disminución progresiva en la notificación de casos. Resultados cercanos a los del presente estudio fueron documentados por *Chinazzi* y otros⁽¹⁴⁾ y *Micheli* y otros⁽¹⁵⁾. Además, *Gatto* y otros⁽¹⁶⁾ explican que la disminución de la movilidad en Italia redujo en un 45 % (42 %-49 %) la transmisión de COVID-19.

En todos los consejos populares se apreció baja movilidad de personas. Se evidenció el cumplimiento de medidas de distanciamiento y aislamiento social, así como la protección familiar y gubernamental de mujeres, gestantes, infantes y adultos mayores. En contraste, en

China;^(17,18) Estados Unidos;^(13,19) Brasil⁽²⁰⁾ y Colombia⁽²¹⁾ se identificaron dinámicas poblacionales complejas y densas redes de casos confirmados y contactos que han dado al traste con elevadas tasas de transmisión y mortalidad por COVID-19.

Se concluye que la creación de un grupo multidisciplinario en Santiago de Cuba, a propuesta de las máximas estructuras del partido y el gobierno, garantizó el despliegue de recursos tecnológicos para el uso de la teleepidemiología, lo que permitió la identificación espacial y posterior gestión integral de riesgos ecoepidemiológicos relacionados con la transmisión de COVID-19 en Santiago de Cuba. Las acciones gubernamentales diferenciadas, la percepción de riesgo de la población y la respuesta comunitaria influyeron en las bajas tasas de transmisión y dispersión espacial de la enfermedad, lo que muestra la importancia de la concepción de la salud como producto social.

Agradecimientos

Los autores, previo consentimiento, agradecen la ayuda técnica del resto de los miembros del grupo asesor para COVID-19 en Santiago de Cuba, tales como: Itciar Arias Portales, Adriana Rodríguez Valdés, Luis Eugenio Valdés García, Digna Bandera Jiménez, Manuel de Jesús Salvador Álvarez, Virgen Céspedes Delis, Laritza González Fernández, Yisel Rodríguez Aldana, Antonio Rafael Selva Castañeda, Erick Eduardo Ramírez-Torres, Alexander Alexei Suárez León, Sandy Sánchez Domínguez, Roberto Labrada Claro, Marlon Cobas Batista, Eloy Rafael Oliveros, Luis Enrique Bergues Cabrales, Larisa Zamora Matamoros, Nelsa Sagaró, Carlos Alberto Fernández Cairó, Mónica Rubio Rojas y Daniel Castro Castro.

Además, agradecemos a la empresa DATYS, la Universidad de Oriente, Universidad de Ciencias Médicas, Centro Provincial de Higiene y Epidemiología, Dirección provincial de Salud Pública, Gobierno, Consejo de defensa y Ministerio del Interior, todas de Santiago de Cuba.

Referencias bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud. Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19). Organización Mundial de la Salud. 2020. Ginebra: OMS; 2020. [acceso 03/08/2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus->

[2019?gclid=EAIAIQobChMIh-](https://www.researchgate.net/publication/338111111)

[30rvbN6wIVkeeGCh2GEwSTEAAAYASAAEgK3XfD_BwE](https://www.researchgate.net/publication/338111111)

2. Padrón Arredondo LJ. Las Nuevas Tecnologías de la Información (NTIC) en la medicina: la Telemedicina en Cuba. Revista cuba inf méd. 2006 [acceso 03/06/2020];6(1). Disponible en: http://www.rcim.sld.cu/revista_10/articulos_hm/tecnologiainf.htm

3. Rodríguez-Morales AJ. Ecoepidemiología y epidemiología satelital: nuevas herramientas en el manejo de problemas en salud pública. Rev. perú. med. exp. salud publica. 2005 [acceso 03/09/2020];22(1):54-63. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342005000100009&lng=es

4. Rivas R, Galván P. Telemedicine in Paraguay: Contributions of the Institute of Research in Health Sciences, National University of Asunción (IICS-UNA). Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud. 2018;16(3):66-72. DOI: [10.18004/mem.iics/1812-9528/2018.016\(03\)66-072](https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2018.016(03)66-072)

5. Brazeau S, Kotchi SO, Ludwig A, Turgeon P, Pelcat Y, Aube G, Ogden NH. Tele-Epidemiology and Public Health in the Canadian Context. En: Living Planet Symposium, Proceedings of the conference held 9-13 May 2016 in Prague, Czech Republic. Edited by L. Ouwehand; ag. 2016. vol. 740 p. 7. (ESA-Special Publication) [acceso 03/06/2020]. Disponible en: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016ESASP.740E...7B/abstract>

6. Valbuena-García AM, Rodríguez-Villamizar LA. Análisis espacial en epidemiología: revisión de métodos. Rev. Univ. Ind. Santander. Salud. 2018 [acceso 03/06/2020];50(4):358-65. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072018000400358&lng=en

7. Declét Barreto J, Union of Concerned Scientists. Exploratory Spatial Data Analysis of COVID-19 infection rates and population vulnerability indicators. Union of Concerned Scientists. 2020 [acceso 03/06/2020];50(4):358-65. Disponible en: <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/2020-04/UCS-COVID-19-Population-Vulnerability-Analysis-Methods.pdf>

8. Díaz Canel-Bermúdez M, Núñez Jover J. Gestión gubernamental y ciencia cubana en el enfrentamiento a la COVID-19. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba. 2020 [acceso 03/06/2020];10(2). Disponible en:

<http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/881>

9. Palú Orozco A, Vera Sánchez M, Orozco González MI, Brito Moreno AL. Gestión espacial de riesgos entomoecológicos en Santiago de Cuba. MEDISAN. 2017 [acceso

- 03/09/2020];21(6):695-702. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017000600008&lng=es
10. Ramirez Torres EE, Selva Castañeda AR, Rodríguez Aldana Y, Suárez-León AA, Sánchez Domínguez S, Valdés García LE, *et al.* Mathematical modeling and forecasting of COVID-19: experience in Santiago de Cuba province. *Rev. Applied Mathematical Modelling*. “en prensa”. 2020.
11. The Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University. 2020. 2019 Novel Coronavirus COVID-19 (2019-nCoV) Data Repository by Johns Hopkins CSSE. 2020 [acceso 03/07/2020] Disponible en: <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>
12. Yaohao P, Mateus Hiro N. Statistical analysis of the Chinese COVID-19 data with Benford's Law and clustering. *Laboratório de Aprendizagem de Máquina em Finanças e Organizações (LAMFO)*. 2020 [acceso 03/07/2020] Disponible en: <https://lamfo-unb.github.io/2020/04/21/COVID-China-EN/>
13. Desjardins MR, Hohlb A, Delmelle EM. Rapid surveillance of COVID-19 in the United States using a prospective space-time scan statistic: Detecting and evaluating emerging clusters. *Elsevier. Applied Geography*. may. 2020;118:102202. DOI: [10.1016/j.apgeog.2020.102202](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102202)
14. Chinazzi M, Davis JT, Ajelli M, Gioannini C, Litvinova M, Merler S, Pastore A, *et al.* The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak. *Science*. 2020;268(6489):395-400. DOI: [10.1126/science.aba9757](https://doi.org/10.1126/science.aba9757)
15. Micheli D, Muratore G, Vannelli A, Sola G. Un modellodinamico su un approccio big-data alla mobilità per lo studio della diffusione del covid-19 nel norditalia. Italia: Grupo TIM; 2020 [acceso 15/07/2020]. Disponible en: <https://www.gruppotim.it/content/tiportal/it/notiziariotecnico/edizioni-2020/n-1-2020/Modello-dinamico-approccio-Big-Data.html>
16. Gatto M, Bertuzzo E, Mari L, Miccoli S, Carraro L, Casagrandi R, Rinaldo A. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2020 [acceso 15/07/2020];117(19):10484-91. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/117/19/10484>
17. Epidemiology Working Group for NCIP Epidemic Response, Chinese Center for Disease Control and Prevention. [The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) in China]. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi*. 2020;41(2):145-151. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.003](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.003)

18. Xu B, Gutierrez B, Mekar S, Sewalk K, Goodwin L, Loskill A, *et al.* Epidemiological data from the COVID-19 outbreak, real-time case information. *Sci Data*7. 2020;7(1):106. DOI: [10.1038/s41597-020-0448-0](https://doi.org/10.1038/s41597-020-0448-0)
19. Mollalo A, Vahedi B, Rivera KM. GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States. *Science of The Total Environment*. 2020;728:138884. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138884](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138884)
20. Duczmal LH, Almeida Alexandre CL, Duczmal Denise B, Alves Claudia RL, Magalhães Flávia CO, Lima Max S, *et al.* Vertical social distancing policy is ineffective to contain the COVID-19 pandemic. *Cad. Saúde Pública*. 2020. [acceso 19/08/2020] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32428075/>
21. Alvarez Cabrera CE, Andrade Lotero EJ, Gauthier Umaña V. Modelos epidemiológicos en redes: una presentación introductoria. Colombia: Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. *Boletín de Matemáticas*. 2015 [acceso 19/06/2020];22(1):21-37. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bolma/article/view/51844>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Adrián Palú Orozco: conceptualización; supervisión; redacción; revisión y edición.

Marlon César Texidor Garzón: software; validación; visualización; supervisión.

Carlos Portuondo Pujol: Software; curación de datos; análisis formal; visualización.

Sergio Carlos Miranda Reyes: curación de datos; redacción.

Luis Ricardo Manet Lahera: supervisión; validación.