

Artículo Original

Análisis espacial en la identificación de zonas de riesgo de contagio al COVID-19 como herramienta para la gestión pública en Juliaca, Perú

Spatial analysis in the identification of COVID-19 risk areas as a tool for public management in Juliaca, Perú

Vitaliano Enríquez Mamani ¹, **Nestor Bolívar Espinoza** ², **Julio Rumualdo Gallegos Ramos** ², **Julio Cesar Laura Huanca** ², **Grover Marín Mamani** ³, **Esteban Marín Paucara** ⁴, **Elena Yunga Zegarra** ⁵

¹Universidad Nacional de Juliaca. Facultad de Gestión Pública y Desarrollo Social. Perú

²Universidad Nacional de Juliaca. Facultad de Ingeniería. Perú

³Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Perú

⁴Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería de Minas. Perú

⁵Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Contables y Administrativas. Perú

RESUMEN

El COVID-19 se ha convertido en el principal problema que enfrenta el gobierno, frente a este escenario los sistemas de información geográfica a través de mapas temáticos zonales pueden ser herramientas para la toma de decisiones en la gestión pública municipal. El propósito es identificar las zonas de riesgo de contagio COVID-19, a través del análisis espacial de vectores como herramienta para la gestión pública en la ciudad de Juliaca. En la primera etapa se han ubicado las coordenadas del equipamiento bancario las que han sido clasificadas en 5 tipos, la segunda etapa se desarrolla el análisis espacial a través de la densidad de Kernel para la obtención de los mapas parciales, en la tercera etapa se suman los mapas parciales esa través del álgebra de mapas y se reclasifico en los valores de riesgo a contagio alto, alto moderado, moderado, bajo moderado y bajo. La zona roja catalogada como de alto riesgo de contagio COVID-19 tiene un área de 74042.89 m² que representa el 3% del área de estudio abarcando 8 manzanas a la redonda esto debido a la grana acumulación de equipamiento bancario en el centro de la ciudad que ocasión desigualdad con otros sectores de la ciudad de Juliaca.

Palabras clave: Álgebra de mapas, Densidad Kernel, Equipamiento bancario y Zona de riesgo.

ABSTRACT

COVID-19 has become the main problem facing the government. In this scenario, geographic information systems through thematic zone maps can be tools for decision-making in municipal public management. The purpose is to identify areas at risk of COVID-19 infection, through the use of spatial data as a tool for public management in the city of Juliaca. In the first stage the coordinates of the banking equipment have been located and classified into 5

Autor correspondiente: Enríquez Mamani, V. Universidad Nacional de Juliaca. Facultad de Gestión Pública y Desarrollo Social. Perú
Email: v.enriquezm@unaj.edu.pe

Fecha de recepción: enero 2021 Fecha de aceptación: mayo 2021



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons

types, the second stage develops the spatial analysis through the density of Kernel to obtain the partial maps, in the third stage the partial maps are added through the map algebra and reclassified into the values of high, high-moderate, moderate, low-moderate and low risk of contagion. The red area catalogued as high risk of infection COVID-19 has an area of 74042.89 m² which represents 3% of the study area covering 8 blocks around this due to the large accumulation of banking equipment in the center of the city that caused inequality with other sectors of the city of Juliaca.

Keywords: Banking equipment, Kernel density, Map algebra and Risk zone.

INTRODUCCIÓN

Cada vez más, la tecnología e innovación forman parte de la gestión pública, tal es el caso de los servicios sociales como la salud pública (Rosero et al., 2019). Cabe mencionar que, el servicio de salud pública enfrenta un complejo panorama desde diciembre de 2019 ya que, en Wuhan – China las autoridades reportaron la aparición de un tipo desconocido de neumonía COVID-19, causando conmoción entre la comunidad médica y el resto del mundo (Palacios et al., 2020; Wang et al., 2020). Después de 71 días el COVID-19 sería reconocido como pandemia por la Organización Mundial de la Salud ya que su propagación a nivel mundial se había producido por 114 países en todos los continentes (Buzai, 2020), una enfermedad infecciosa nueva que puede presentar manifestaciones clínicas graves, incluyendo la muerte (Emanuel et al., 2020; Inchausti et al., 2020).

EL Perú fue uno de los primeros países latinoamericanos en tomar acciones drásticas frente al COVID-19, el 15 de marzo se estableció el Estado de Emergencia Nacional (Decreto Supremo N° 044-2020-PCM, 2020), siendo de carácter obligatorio el aislamiento social juntos a otra medidas sociales y económicas para el país, sin embargo, a 100 días de la toma de medidas por parte del gobierno se contaba con 260810 casos confirmados y 8404 fallecidos (Galán-Rodas et al., 2020; Arana-Calderón, 2020). Una de los principales factores del fallo de las medidas gubernamentales es la reacción de incertidumbre e incredulidad de la población que ha adoptado un comportamiento de minimización de riesgo (Gonzales-Castillo et al., 2020; Vela-Ruiz (2020). Sin embargo, las grandes brechas sociales permiten comprender el comportamiento de una gran parte de la población que arriesgan su vida por tener ingreso económico y así alimentar a sus familias (Llerena y Narváez, 2020).

La propagación del COVID-19 es por vía aérea por contagio directo de persona a persona en aerosol producto de la respiración por uno a dos metros de distancia (Avendaño, 2020). La aglomeración de personas en espacios públicos incrementa el riesgo de contagio, sin embargo, a pesar de los esfuerzos del gobierno por contener a la pandemia se comete el error de emitir bonos familiares a las personas de más bajos recursos económicos (Resolución ministerial N° 087-2020-TR, 2020) que traería aglomeraciones en entidades bancarias. Por tal motivo el análisis espacial para mapear las zonas de riesgo a contagio está dirigida al equipamiento bancario donde las personas van a retirar el bono universal y sirva para la toma de decisiones en la gestión pública (Rizzatti et al., 2020). Los análisis espaciales vinculadas a fenómenos de salud a varias escalas geográficas son posibles utilizando tecnologías SIGs (da Silva, 2020) El mapeo de zonas de riesgo de contagio están ligadas a condiciones socio espaciales de los individuos (Ferracini, Naves, & Alves, (2020). El

problema que afronta gestión pública para combatir el COVID-19 en las ciudades es la falta de información espacial e identificación de principales hábitos de sus habitantes.

En la ciudad de Juliaca una de las principales actividades que no han parado su actividad es la banca, la cual ha tenido una sobrecarga de servicio por los bonos emitidos por el gobierno densificando importantes zonas de la ciudad. La obtención de mapas temáticos para la actual gestión municipal es de importancia, además la producción académica y los indicadores bibliométricos sobre el COVID-19 indican que la producción científica disponible en revistas en línea está en desarrollo a todo nivel en todo los países latinoamericanos (Costa et al., 2020) lo que posibilita desarrollar investigación referida al tema, por tal motivo el propósito de esta investigación es identificar las zonas de riesgo de contagio COVID-19, a través del análisis espacial de vectores como herramienta para la gestión pública en la ciudad de Juliaca, además de calcular las áreas en m² de las zonas de riesgo. Se hacen uso de herramientas espaciales de densidad, reclasificación raster y álgebra de mapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de enfoque cualitativo, además, la investigación cumple las condiciones de exhaustividad y exclusión, según la intervención del investigador el presente trabajo es de tipo observacional, la planificación de la toma de datos es prospectivo, la cantidad de mediciones en el estudio es de tipo transversal, y según la cantidad de variables en el estudio es descriptivo (Sánchez, 2019). Se ha identificado el área de estudio del centro de la ciudad de Juliaca la que está ubicada al sur del Perú 15°30'09" Sur y 70°08'00" Oeste, el área de estudio es de 18944022.64 m² y delimita un contorno en el centro de la ciudad, el periodo de recolección de la información empezó el 30 de marzo y concluyó el 29 de junio tiempo en el que el país se encontraba en estado de emergencia. La unidad de análisis fue el equipamiento bancario el cual se clasificó en 5 tipos banco (cede central o sucursal activa), caja municipal (cede central o sucursal activa), cajero automático (en funcionamiento), agente (en funcionamiento) y otro (centros de pago, financieras y casas de empeño y préstamo de dinero), de las cuales se registraron sus coordenadas en el protocolo UTM WGS 84 19 Sur con un GPS modelo Etrex 20 con un error radial de 2 m (Orona et al., 2015).

Se usó un sistema de información geográfica para el análisis de los datos desarrollando 3 procesos como se ve en la Figura 1, la recolección de datos espaciales se basó en vectores (unidades físicas mensurables) y rasters (unidades RGB en píxeles), una vez construida la nube de puntos vectoriales se procedió a analizar espacialmente los datos mediante la herramienta densidad de Kernel (Caudillo & Coronel, 2017), calculando la densidad de las entidades en la vecindad del vector tipo punto y se ajusta a una superficie curva uniforme sobre cada vector, obteniendo una coloración más intensa en la cercanía con otros vectores (Jiménez y Díaz, 2017; Cuartas et al., 2020). Para la búsqueda de ancho de banda se propone la siguiente expresión:

$$SR = 0.9 * \min \left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m \right) * n^{-0.2}$$

Donde SR es el radio de búsqueda, D_m es la distancia media ponderada, n es el número de vectores punto y SD es la distancia estándar, además el método de cálculo del SD es sin ponderar, el cual se expresa así:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{Z})^2}{n}}$$

Donde X_i, Y_i, Z_i son coordenadas de la entidad, además, n es el número total de vectores y $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ representan el centro de las entidades (Silverman, 1986).

Mediante este proceso se analizaron la entidad vectorial banco, caja municipal, cajero, agente y otros, para la obtención de los mapas parciales riesgo a contagio los que fueron reclasificados en 5 tipos con una rampa de colores del verde al rojo siendo; baja, baja moderado, moderado, alto moderado y alto (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020). El álgebra de mapas combinó los mapas parciales de riesgo para la obtención del mapa de riesgo de contagio COVID-19, con su expresión $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$, que es igual al raster resultante mostrado en la Figura 3.

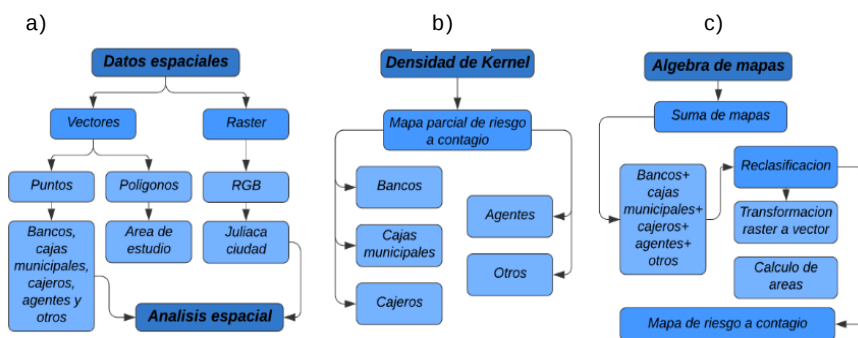


Figura 1. Procesos de metodológico, (a) proceso de recolección de información espacial, (b) método de obtención de mapas parciales por tipo de equipamiento, (c) combinación de raster para obtención de mapa de riesgo contagio COVID-19.

RESULTADOS

En el mapeo inicial se identificaron 107 establecimientos en funcionamiento en el marco del estado de emergencia nacional de los cuales se identificaron 32 son bancos, 30 cajas municipales, 13 cajeros automáticos, 21 agentes y 11 otras entidades, todas se encuentran distribuidas espacialmente en el área de estudio como se muestra en la Figura 2a.

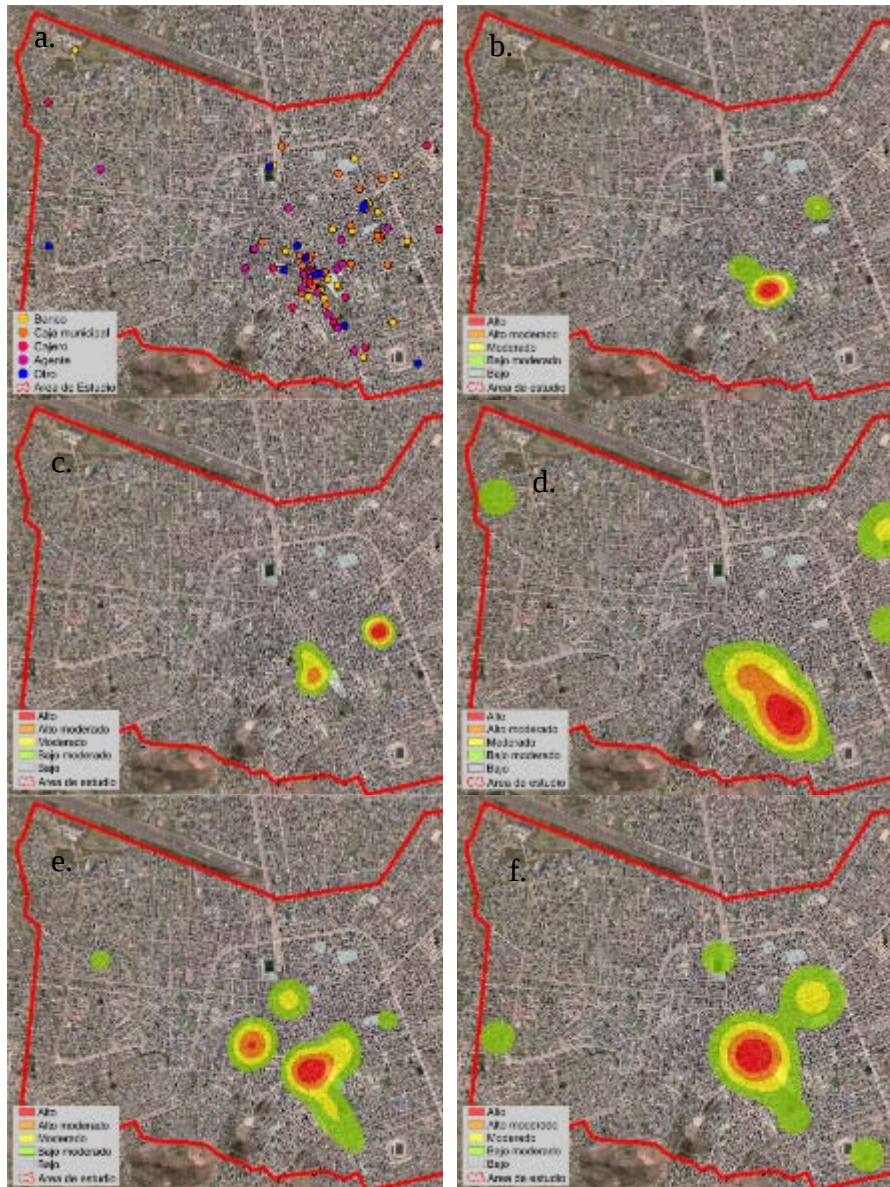


Figura 2. Mapas parciales de riesgo a contagio COVID-19, (a) ubicación espacial de equipamiento bancario, (b) mapa densidad de bancos, (c) mapa densidad de cajas municipales, (d) mapa densidad de cajeros automáticos, (e) mapa densidad de agentes bancarios y (f) mapa densidad de otras entidades bancarias.

Se puede observar que en la Figura 2b y 2c están concentradas en el centro de la ciudad sin embargo 2d, 2e y 2f muestran una dispersión a distintos lados de la ciudad. La clasificación parcial de la zona de más impacto en la salud de la población y riesgo a contagio del COVID-19 esta denotada por la clase **Alto**, la Figura 2b del vector banco tiene un área de 28699.61 m² equivalente a 7 canchas reglamentarias de futbol y representa el 9% de su mapa parcial,, la Figura 2c del vector caja municipal tiene un área de 20420.47 m² equivalente a 5 canchas reglamentarias de futbol y representa el 6% de su mapa parcial, la Figura 2d del vector cajero tiene un área de 143238.44 m² equivalente a 35 canchas reglamentarias de futbol y representa el 8% de su mapa parcial, la Figura 2e del vector agente tiene un área de 72965.56 m² equivalente a 18 canchas reglamentarias de futbol y representa el 5% de su mapa parcial y la Figura 2f del vector otro que tiene un área de 122812.12 m² equivalente a 30 canchas reglamentarias de futbol y representa el 7% de su mapa parcial, lo que indicaría que acudir a estos lugares sin las medidas de bioseguridad requeridas pondrían en peligro la salud de la población, los valores de área y porcentaje de las zona las clases *alto moderado*, *moderado* y *bajo moderado* se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Áreas de mapas parciales de Riesco a contagio COVID-19

Tipo	Valor	Alto	Alto moderado	Moderado	Bajo moderado
Banco	Área	28699.61	34241.19	45790.89	215495.36
	%	9	11	14	66
Caja municipal	Área	20420.47	46504.77	97313.15	150818.86
	%	6	15	31	48
Cajero	Área	143238.44	260553.48	378862.07	1034412.7
	%	8	14	21	57
Agente	Área	72965.56	149403.63	318963.99	854753.37
	%	5	11	23	61
Otro	Área	122812.12	148388.46	321179.69	1150546.2
	%	7	9	18	66

Para obtener el mapa de riesgo de contagio COVID-19, se sumó los mapas parciales a través del algebra me mapas usando la siguiente expresión. En el caso del raster RGB resultante de la densidad de Kernel que se muestra en la Figura 1 (b, c, d, e, f) las superficies de cada uno de los raster se pueden expresar de la siguiente forma:

$$x_1 = \text{Banco}[\text{RGB} \in M_{1 \times 3}] \quad (1)$$

$$x_2 = \text{Caja Municipal}[\text{RGB} \in M_{1 \times 3}] \quad (2)$$

$$x_3 = \text{Cajero}[\text{RGB} \in M_{1 \times 3}] \quad (3)$$

$$x_4 = \text{Agente}[\text{RGB} \in M_{1 \times 3}] \quad (4)$$

$$x_5 = \text{Otro}[\text{RGB} \in M_{1 \times 3}] \quad (5)$$

Para obtener el mapa de riesgo de contagio COVID-19, se deben de sumar los mapas parciales expresados en las expresiones 1, 2, 3, 4 y 5 de tal forma que la resultante adiciones valores a cada pixel por sobre posición lo que se puede expresar de la siguiente forma:

$$\sum_{i=1}^5 x_i \quad (6)$$

La resultante de la expresión 6 muestra se muestra en la Figura 4, el equipamiento bancario se encuentra centralizada dejando sin cobertura a las zonas periurbanas de la ciudad, los pobladores se ven obligados a ir al centro de la ciudad para hacer transacciones bancarias exponiéndose al riesgo de contagio del COVID-19.



Figura 4. Algebra de mapas, mapa de riesgo a contagio COVID-19.

Se puede observar que en la Figura4 que el riesgo a contagio del COVID-19 por asistir al equipamiento bancario para efectuar transacciones bancarias el riesgo de contagio es alto en las zonas de *rojo* catalogada como *Alto* con un área que abarca es de 74042.89 m² que se expande a 8 manzanas urbanas y representa el 3% del área de estudio, la zona *naranja* está catalogada como *Alto moderado* con un área de 188969.21 m² que cubre 19 manzanas urbanas y representa el 7% del área de estudio, la zona *amarilla* está catalogada como *Moderado* con un área de 396951.10 m² que cubre 40 manzanas urbanas y representa el 16% del área de estudio, la zona *verde* y *transparente* son las que son de *bajo moderado* y *bajo* riesgo a contagio y representa el 74% de área de estudio.

CONCLUSIONES

En la ciudad de Juliaca la actividad bancaria se mantuvo activa en el estado de emergencia identificándose 107 establecimientos a todo nivel donde se realizaban transacciones bancarias, los mapas parciales de riesgo de contagio al

COVID-19 mostraron que cajeros automáticos y otros establecimientos bancarios son los que generan mayor área de riesgo al contagio esto debido al cobro del bono familiar universal emitido por el estado como política de ayuda a la población, además los establecimientos de empeño y préstamo de dinero fueron puntos de concentración.

El análisis espacial de vectores, mostraron zonas riesgo de contagio en mapas de colores, riesgo alto 3%, alto moderado 7%, moderado 16%, bajo moderado y bajo 74%. El desarrollo de planes de contingencia frente al COVID-19 es una obligación en la gestión pública municipal y el uso de herramientas de análisis espacial posibilita la focalización de estrategias gubernamentales en el control de la enfermedad.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

EMV, MMG: formulación y diseño metodológico del trabajo. BEN, GRJR, LHJC: recolección/obtención de resultados y análisis e interpretación de datos. MMG, MPE: redacción del manuscrito, revisión crítica del manuscrito, aprobación de su versión final. YZE: asesoría administrativa, otras contribuciones

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana-Calderón, C. A. (2020). COVID-19 en La Libertad, Perú. *Revista Médica de Trujillo*, 15(3). 95-96. 10.17268/rmt.2020.v15i03.02
- Avendaño Carvajal, L. F. (2020). COVID-19: Una mirada desde la virología. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 36(3), 164-168. 10.4067/S0717-73482020000300164
- Buzai, G. D. (2020). De Wuhan a Luján. Evolución espacial del COVID-19. *Posición*, Núm. 3 (1), 1-21. <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/683>
- Caudillo, C., & Coronel, C. (2017). Densidad de Kernel. Documento de trabajo. Centro de Investigación en Geografía y Geomática. México. Repositorio CENTROGEO: <http://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1012/168>.
- Costa I. C., Sampaio, R. S., Costa de Souza, F. A., Dias, T. K., Costa, B. H., & Chaves, E. C. (2020). Producción científica en revistas online sobre el nuevo coronavirus (COVID-19): investigación bibliométrica. *Texto y Contexto - Enfermagem*, 29, 22-18. 10.1590/1980-265x-tce-2020-0235
- Cuartas, D. E., Arango-Londoño, D., Guzmán-Escarria, G., Muñoz, E., Caicedo, D., Ortega, D., & Méndez, F. (2020). SARS-CoV-2 spatio-temporal analysis in Cali, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 22(2). 1-6. 10.15446/rsap.v22n2.86431
- da Silva Nogueira, K. W. A. (2020). Mapeamento da COVID-19 no Estado da Paraíba: Elementos para a espacialização e análise em ambiente SIG. *Metodologias e Aprendizado*, 3, 24-39. 10.21166/metapre.v3i0.1301
- Decreto Supremo N 044-2020-PCM, Publicado en El Peruano Diario Oficial, Perú 15 de marzo de 2020.
- Emanuel, E. J., Persad, G., Upshur, R., Thome, B., Parker, M., Glickman, A., Zhang, C., Boyle, C., Smith, M., & Phillips, J. P. (2020). Fair allocation of scarce medical resources in the time of Covid-19. *New England Journal of Medicine*. Advance online publication. 10.1056/NEJMs2005114
- Ferracini, R., Naves, W., & Alves, R. (2020). Geografía do COVID-19 no Território Tocantinense. *Metodologias e Aprendizado*, 3, 40-43. 10.21166/metapre.v3i0.1236
- Galán-Rodas, E., Tarazona-Fernández, A., & Palacios-Celi, M. (2020). Riesgo y muerte de los médicos a 100 días del estado de emergencia por el COVID-19 en Perú. *Acta Médica Peruana*, 37(2), 119-121. 10.35663/amp.2020.372.1033
- Gonzales-Castillo, J. R., Varona-Castillo, L., Dominguez-Morante, M. G., & Ocaña-Gutierrez, V. R. (2020). Pandemia de la COVID-19 y las Políticas de Salud Pública en el Perú: marzo-mayo 2020. *Revista de Salud Pública*, 22(2), 1-9. 10.15446/rsap.v22n2.87373

- Gonzales-Castillo, J. R., Varona-Castillo, L., Dominguez-Morante, M. G., & Ocaña-Gutierrez, V. R. (2020). Pandemia de la COVID-19 y las Políticas de Salud Pública en el Perú: marzo-mayo 2020. *Revista De Salud Pública*, 22(2), 1-9. 10.15446/rsap.v22n2.87373
- Inchausti, F., García, N. V., Prado, J., & Sánchez, S. (2020). La psicología clínica ante la pandemia COVID-19 en España. *Clínica y Salud*, 31(2), 105-107. 10.5093/clysa2020a11
- Jiménez, A. M., & Díaz, M. F. (2017). Medición y cartografía del impacto socialmente percibido ante industrias contaminantes con un estimador de densidad núcleo (Kernel) y SIG: aplicación al caso del complejo industrial Ventanas, Chile. *Estudios Geográficos*, 78(282), 225-256. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6268752>
- Llerena, R., & Narvaez, C. S. (2020). Emergencia, gestión, vulnerabilidad y respuestas frente al impacto de la pandemia COVID-19 en el Perú.
- Orona, M. O., Grance, L. A. O., & Weber, E. (2015). *Evaluación de precisión de navegadores GNSS (GPS-GLONASS)*(No. 63 Silvicultura). Universidad Nacional de Misiones Facultad de Ciencias Forestales.
- Palacios Cruz, M., Santos, E., Velázquez Cervantes, M. A., & León Juárez, M. (2020). COVID-19, a worldwide public health emergency. COVID-19, una emergencia de salud pública mundial. *Revista clinica espanola*, S0014-2565(20)30092-8. Advance online publication. 10.1016/j.rce.2020.03.001
- Pontificia Universidad Católica de Chile (03 de agosto de 2020). Del 1 al 9, la escala del peligro. Recuperado de <https://observatorio.medicina.uc.cl/del-1-al-9-la-escala-del-peligro/>
- Reginato, V., Ribeiro, E., Meliani, P. F., de Souza Fernandez, S., & Bozio, A. F. (2020). Coleção de mapas temporais como auxílio na representação da difusão da COVID-19 no Estado de Santa Catarina: Histórico entre 12/03/2020 e 11/05/2020. *Metodologias e Aprendizado*, 3, 102-113. 10.21166/metapre.v3i0.1335
- Resolución Ministerial N° 087-2020-TR, Publicado en El Peruano Diario Oficial, Perú 14 de mayo de 2020.
- Rizzatti, M., Batista, N. L., Spode, P. L. C., Erthal, D. B., de Faria, R. M., Scctoti, A. A. V., & Trentin, R. (2020). Metodologia de geolocalização para mapeamento intraurbano de COVID-19 em Santa Maria, RS. *Metodologias e Aprendizado*, 3, 8-13. 10.21166/metapre.v3i0.1260
- Rosero, G. J. T., Chuquer, E. J. M., Villarrea, M. D. R. G., Tapia, S. C. M., Campaña, W. A. D., & Lorenzo, A. F. (2019). La gestión de la innovación en los servicios de salud pública. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(3). 1-8. <http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/81/74>
- Sánchez Flores, F. A. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122. 10.19083/ridu.2019.644
- Silverman, B. W. (1986). Estimación de densidad para las estadísticas y el análisis de datos. *Wildlife Ecology (pp.)*. New York: *Conservation and Management*.
- Vela-Ruiz, J. M., Ramos, W., & Jhony, A. (2020). Desafíos en la atención de los pacientes con cáncer durante la pandemia COVID-19. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 37(3). 580-581. 10.17843/rpmpesp.2020.373.5536
- Wang F., Nie J., Wang H., Zhao Q., Xiong Y., Deng L., Song S., Ma Z., Mo P., & Zhang Y. (2020) Características de la alteración del subconjunto de linfocitos periféricos en la neumonía COVID-19. *The Journal of Infectious Diseases*, 221(11), 1762-1769. 10.1093/infdis/jiaa150