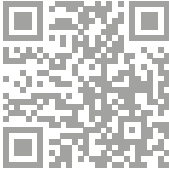


5. Acceso a venta de alcohol y servicios de salud mental como factores de riesgo. Un análisis geoespacial en escala H3



GANDHI SAMUEL HERNÁNDEZ-CHAN*

HUGO CARLOS-MARTÍNEZ**

JORGE MANUEL POOL-CEN***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.369.05>

Resumen

Este estudio analiza los patrones espaciales de riesgo relacionados con ideación suicida, depresión, ansiedad y estrés en la población que radica en la ciudad de Mérida Yucatán. Los valores correspondientes a los niveles de depresión, ansiedad y estrés en la población fueron recabados a partir de tamizajes por medio de la plataforma APPSI. Los elementos de infraestructura como servicios de salud mental y puntos de venta de alcohol fueron tomados del Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Se utilizó la unidad espacial H3 en resolución 7, ya que permite un análisis detallado a escalas más pequeñas que las de un Área Geoestadística Básica (AGEB), identificando zonas críticas para intervenciones focalizadas. Los resultados indican una mayor concentración de riesgo en el centro y norte de la ciudad, particularmente en áreas con mayor densidad de puntos de venta de alcohol y menor accesibilidad a servicios de salud mental. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar factores geoespaciales al evaluar la vulnerabilidad de la población y sugieren que las intervenciones deben priorizar las áreas con mayor concentración de riesgo para una respuesta más efectiva.

* Doctor en Ciencia y Tecnología Informática por la Universidad Carlos III de Madrid, España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8059-0693> ; Scopus ID: 55274101500

** Doctor en Ciencias por el Centro de Investigación en Matemáticas, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1610-6921>

*** Maestro en Ciencias de la Información Geoespacial. Doctorante en Ciencias de la Información Geoespacial. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0108-8107>

Palabras clave: *indicador de salud mental, unidad espacial H3, factores de riesgo, tamizajes.*

Introducción

Cada año, se estima que a nivel mundial 703 000 personas se suicidan. Diversas investigaciones han documentado factores de riesgo asociados, como la depresión, la ansiedad y el estrés, entre otros (Organización Mundial de la Salud, 2022). La salud mental no sólo impacta en la ausencia de enfermedades mentales, sino también en la calidad de vida de las personas, siendo una condición diaria que afecta su bienestar general.

En México, la Organización Mundial de la Salud reporta que el 9.2% de la población ha experimentado depresión antes de los 75 años, lo que equivale a una de cada cinco personas. Este fenómeno afecta principalmente a los jóvenes entre 19 y 29 años, quienes presentan las tasas más altas. Por su parte, el INEGI reveló que 34.86 millones de personas han reportado sentirse deprimidas, aunque solo 1.63 millones de ellas toman antidepresivos. Estos datos subrayan la importancia de analizar la disponibilidad y accesibilidad de los servicios de salud mental como un posible factor de riesgo (Gobierno de México, s. f., p. 5).

En particular, Yucatán ha mostrado un incremento preocupante en el número de suicidios durante los últimos cinco años, alcanzando un máximo de 366 casos en 2022. En 2023, el estado registró una tasa de 14.3 suicidios por cada 100 000 habitantes, convirtiéndose en el segundo estado con mayor incidencia de suicidios en el país (INEGI, 2024, p. 5).

Ante esta problemática del estado de Yucatán, se propone una metodología para construir un indicador de riesgo basado en la combinación de encuestas conocidas como tamizajes de salud mental, que evalúan los niveles de riesgo en ideación suicida, depresión, ansiedad y estrés. Este enfoque se complementa con información sobre puntos de venta de alcohol y la disponibilidad de servicios de salud mental, utilizando una escala geográfica de 4.57 km² mediante el algoritmo H3.

El propósito fue calcular un índice de riesgo basado no sólo en información sobre salud mental como nivel de depresión, ansiedad y estrés, sino su-

mar el componente geoespacial reflejado en el acceso o distancia a servicios de salud y otros elementos de la infraestructura como puntos de venta de alcohol. Lo que se está buscando es qué tan vulnerable puede estar una persona por la zona en donde vive dependiendo de sus niveles de depresión, ansiedad y estrés. Se toma en cuenta el alcohol por ser uno de los factores más relacionados con problemas de salud mental y por su fácil acceso.

Estado del arte

En las últimas décadas, la salud mental se ha consolidado como una prioridad en la agenda de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Padecimientos como la ideación suicida, la depresión, la ansiedad y el estrés han impactado significativamente a la población a nivel global. Entre los factores de riesgo identificados se encuentran el consumo de alcohol y el acceso limitado a servicios de salud mental (World Health Organization, 2022).

Según Rahoof et al. (2021), el consumo de alcohol es un factor asociado tanto a la ideación suicida como al estrés. Tadmon y Bearman (2023), en un estudio con población de los Estados Unidos, identificaron que la accesibilidad a servicios de salud mental es determinante en la prevención del suicidio. Este hallazgo resulta crucial para la construcción de indicadores de riesgo, ya que integra dimensiones geoespaciales, sociales y de accesibilidad.

Por su parte, Peitz et al. (2021) analizaron el alcance de los indicadores en salud mental, clasificándolos en enfoques como promoción y prevención, incluyendo programas de apoyo y prevención del suicidio. También se han desarrollado indicadores que cuantifican recursos y hábitos individuales (nutrición, actividad física, consumo de sustancias) y otros centrados en factores de riesgo, como enfermedades crónicas, antecedentes familiares, eventos críticos, violencia, condiciones de vivienda y desigualdad social. Aunque estos indicadores son valiosos, se puede ampliar su alcance mediante el uso de tamizajes de salud mental como el Columbia-Suicide Severity Rating Scale (C-SSRS) y el DASS-21 para depresión, ansiedad y estrés. Incorporar un componente geoespacial y variables como disponibilidad de servicios y factores ambientales enriquecería su capacidad predictiva.

La integración de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en investigaciones de salud mental ha permitido capturar patrones espaciales y priorizar áreas para intervenciones, especialmente en poblaciones vulnerables (Park y Kwan, 2021). Sin embargo, el uso de divisiones políticas como municipios o AGEBS presenta limitaciones en la resolución espacial y la flexibilidad. En este sentido, el sistema H3, basado en hexágonos jerárquicos, ofrece una solución innovadora al permitir la creación de unidades espaciales escalables y estandarizadas, adecuadas para integrar datos geoespaciales y demográficos (Uber Technologies, Inc., s. f.). Este enfoque es particularmente valioso para explorar factores como el acceso a servicios, calidad del entorno construido y desigualdades socioeconómicas, proporcionando un marco para construir indicadores de riesgo de salud mental.

Metodología

En esta sección se describe la metodología utilizada para analizar los niveles de riesgo de ideación suicida, depresión, ansiedad y estrés, en relación con la exposición de los individuos a factores como puntos de venta de alcohol y a los servicios de salud mental. Los datos se obtuvieron a partir de encuestas aplicadas a individuos, las cuales incluyeron test psicológicos para medir niveles de ideación suicida, depresión, ansiedad y estrés. Además, a los individuos se les preguntó sobre algunos datos personales; esto con la idea de que esta información sea útil para generar un perfil de personas en riesgo. Como parte de los datos personales, se obtuvo la dirección del encuestado, misma que sirvió para extraer su ubicación en coordenadas. Cabe mencionar que, a pesar de solicitar su dirección, la encuesta sigue siendo anónima, dado que no se cuenta con su nombre o información alguna que lo pueda identificar.

Con la dirección convertida a coordenadas, a cada individuo se le asignó su ubicación geográfica a través de hexágonos H3 con resolución 7, una escala geoespacial que permite un análisis en un área de 4.57 . Posteriormente, se calcularon las distancias mínimas a puntos de venta de alcohol y a servicios de salud para cada hexágono, integrando estos factores como variables en la construcción del indicador. Este enfoque combina datos obtenidos a través de encuestas y métricas geoespaciales para desarrollar una

propuesta de indicador que permita evaluar patrones y riesgos asociados a la salud mental. A continuación se describe cada uno de los pasos en el proceso metodológico.

Recolección de datos

A través del Seminario Interinstitucional del Estudio de la Muerte Autoinfligida (SIEMAI), se implementó una encuesta denominada Aplicación de Pruebas Psicológicas (APPSI),¹ que comprende preguntas sobre información demográfica del individuo, la ideación del suicidio, hábitos alimenticios, actividad física, consumo de alcohol y tabaco. También incluye las encuestas sobre depresión, ansiedad y estrés.

Esta encuesta fue aplicada a la población adulta del estado de Yucatán, con lo cual se recolectaron 1 743 tamizajes distribuidos en 63 municipios de los 106 que comprenden el estado. De los tamizajes recolectados, 1 314 pertenecen al municipio de Mérida.

Otra fuente de información adicional fue el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2024 (DENUE),² para extraer datos sobre puntos venta de bebidas alcohólicas y sobre servicios de salud mental. Los servicios de salud que se tomaron en cuenta corresponden a la categoría de clasificación de actividad económica 62133 y hospitales clasificados en la categoría 6221 y 6222.

Para los datos de la división política municipal se utilizaron los datos de CONABIO con la última publicación de correspondiente al año 2020 sobre los municipios de México.³

¹ Disponible en <http://siemai.mx/appsi/>

² Disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>

³ Disponible en <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/mun22gw.html>

Procesamiento de datos

En el procesamiento de los datos, las variables de salud mental obtenidas de los tamizajes se encuentran en una escala ordinal con los siguientes rangos de valores y su significado.

- Ideación suicida: Valores de 0 a 3, donde 0 representa nulo riesgo de ideación del suicidio y 3 alto riesgo.
- Depresión, ansiedad y estrés: Valores de 0 a 4, donde 0 representa nulo riesgo y 4 alto riesgo.

Los datos de tamizajes, puntos de venta de alcohol y servicios de salud, contienen la variable geolocalización en coordenadas latitud y longitud, por lo cual se proyectaron en WGS-84.

En los municipios de Yucatán se construyó la unidad de análisis espacial basado en el sistema geoespacial H3, el cual particiona los municipios en unidades espaciales con forma de hexagono y para este caso se utilizó una resolución 7, la cual cubre un área de 4.57km². Cada hexagono tiene una clave para identificarlo de forma única.

Mediante operaciones con datos geoespaciales, se asignó a cada tamizaje, punto de venta de alcohol y servicio de salud un hexagono, indicando la pertenencia de éstos al hexagono.

A partir de los puntos geolocalizados por hexagono, se obtuvo la distancia más cercana de un punto de tamizaje al punto de venta de alcohol y que estén en el mismo hexagono. Asumiendo que (x_1, y_1) corresponden a la geolocalización del tamizaje y (x_2, y_2) a un punto de venta de alcohol, para obtener la distancia se utilizó:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

De igual forma se obtuvo el cálculo de la mínima distancia de un tamizaje al servicio de salud más cercano. Cuando un servicio de salud no se encuentra en el hexagono, se asumía un valor de 0. La distancia obtenida se encuentra en metros y se convirtió a kilómetros.

Posteriormente las nuevas variables de distancia al punto de venta de alcohol y distancia a servicios de salud, fueron normalizadas para obtener distancia en un rango de 0 a 1, mediante la expresión:

$$d_{normalizada} = \frac{d - d_{min}}{d_{max} - d_{min}}$$

En el caso de la variable distancia al servicio de salud, se aplicó $1 - d_{normalizada}$, dado que si no hay servicio de salud en el mismo hexagono, el riesgo es mayor por la falta de este servicio.

El riesgo de ideación de suicidio de cada tamizaje es obtenido por medio de la siguiente expresión:

$$IR_{ideacion\ suicidio} = \frac{1}{6} VC (DA + DS)$$

Donde:

VC : Nivel Riesgo Ideacion Sucidio.

DA : Distancia normalizada de tamizaje al punto de venta de alcohol.

DS : Distancia normalizada de tamizaje al servicio de salud.

El factor de normalización 1/6 es para mantener el valor del indicador de 0 a 1, donde 1 es mayor riesgo.

El riesgo para depresión, ansiedad y estres de cada tamizaje es obtenido por medio de la siguiente expresión:

$$IR_{depresión} = \frac{1}{8} VD (DA + DS)$$

$$IR_{ansiedad} = \frac{1}{8} VA (DA + DS)$$

$$IR_{estrés} = \frac{1}{8} VE (DA + DS)$$

Donde:

VD : Nivel Riesgo de Depresión

VA : Nivel Riesgo de Ansiedad

VE : Nivel Riesgo de Estrés

Cálculo del indicador de riesgo por hexágono

Se agruparon los datos de las encuestas por hexágono H3 en el municipio de Mérida, considerando las variables de riesgo de ideación suicida, depresión, ansiedad y estrés. Para cada hexágono, se realizó lo siguiente:

1. Se sumaron los valores individuales del indicador de riesgo calculados.

$$R_{h,v} = \sum_{i \in h} r_{i,v}$$

Donde:

$R_{h,v}$: Es la suma total del riesgo para la variable v en el hexágono h .
La variable v puede ser ideación del suicidio, depresión, ansiedad, estrés.

$r_{i,v}$: Es el nivel de riesgo reportado por el individuo i para la variable v .

$i \in h$: Indica que el individuo i pertenece al hexágono h .

2. Se calculó el promedio de estos valores dentro de cada hexágono.

$$\underline{IR}_{h,v} = \frac{R_{h,v}}{n_h}$$

$R_{h,v}$: Es el promedio del riesgo para la variable v en el hexágono h .

n_h : Es el número total de individuos en el hexágono h .

Este proceso permitió obtener un indicador representativo del nivel de riesgo asociado a cada variable en cada unidad geográfica, facilitando la comparación y el análisis espacial.

Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis geoespacial de los riesgos de salud mental, específicamente ideación suicida, depresión, ansiedad y estrés, en el municipio de Mérida. Cada variable de salud mental se

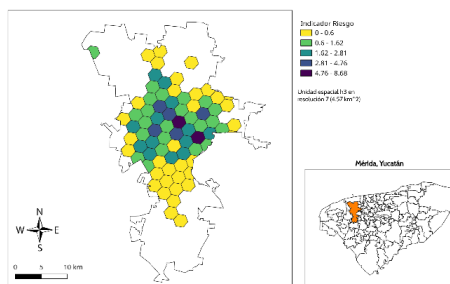
representa mediante mapas temáticos que ilustran la distribución espacial de los riesgos en función de la suma total y el promedio por hexágono. Estos resultados permiten identificar patrones geográficos de mayor y menor riesgo, proporcionando una base para intervenciones focalizadas y análisis posteriores.

A continuación, se describen los hallazgos principales para cada variable, destacando las áreas con mayor nivel de riesgo y las tendencias observadas en la distribución geoespacial.

En las figuras 1.a y 1.b se muestra la distribución geográfica del nivel de riesgo de ideación del suicidio de acuerdo a la encuesta columbia, los factores puntos de venta de alcohol y servicios de salud mental. En la figura 1.a se puede observar en el centro mayor concentración de valores altos del indicador de riesgo en el centro y norte del municipio de Mérida. Por otra parte, tomando el indicador promedio representado en el Figura 1.b, se puede observar que el patrón se mantiene en el centro y norte de mérida, sin embargo también se incluye el oriente de Mérida en zonas de medio a bajo riesgo.

Figura 1.a *Indicador de riesgo ideación del suicidio*

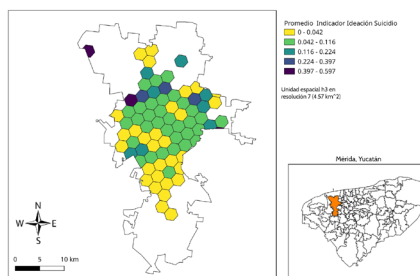
Indicador: Riesgo de la Ideación del Suicidio para Mérida, Yucatán, México



Fuente: elaboración propia.

Figura 1.b *Promedio Indicador de riesgo ideación del suicidio*

Promedio del Indicador: Riesgo de la Ideación del Suicidio para Mérida, Yucatán, México

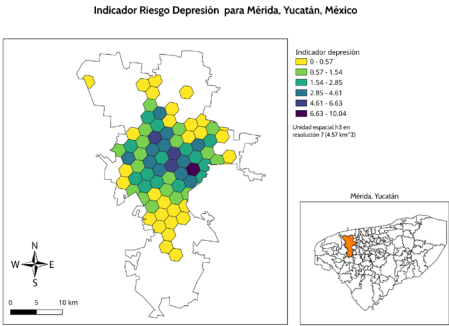


Fuente: elaboración propia.

En las figuras 2.a y 2.b se muestra la distribución geográfica de los niveles de riesgo obtenidos para la variable de salud mental depresión. En las figuras se puede observar una concentración del riesgo en la zona centro de la ciudad de Mérida, mientras que en la periferia de la ciudad se observan zonas de menor riesgo. Por otra parte, en la figura 2.b se observan mayores zonas de riesgo, esto debido a que se mantiene de forma uniforme la relación con el

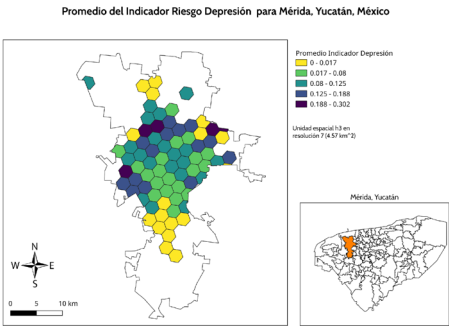
número de observaciones (riesgo por individuo o tamizaje) en cada hexágono. En ambas figuras se destacan zonas con mayor concentración de hexágonos en alto riesgo para la variable depresión.

Figura 2.a Indicador de riesgo depresión



Fuente: elaboración propia.

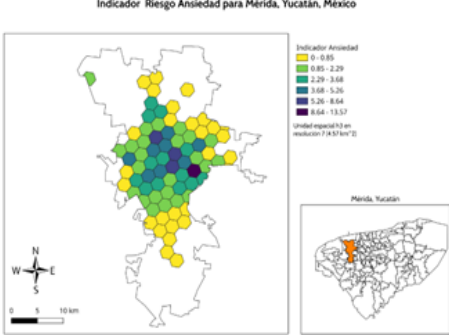
Figura 2.b Promedio Indicador de riesgo depresión



Fuente: elaboración propia.

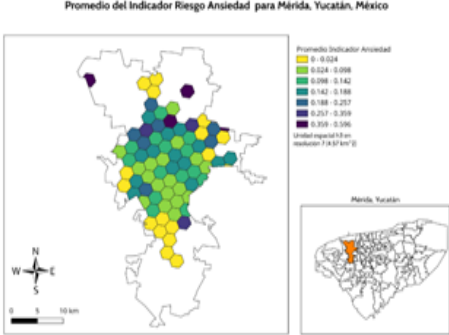
En las figuras 3.a y 3.b se muestra la distribución espacial del indicador de riesgo obtenido para la variable ansiedad; la tendencia de zonas de mayor riesgo se concentran en el centro de la ciudad de Mérida. En el caso de la figura 3.a se observan zonas con menor riesgo en la parte sur y norte. Utilizando el riesgo acumulado derivado de la suma de los riesgos individuales, en promedio se observa una mayor cantidad de zonas con alto riesgo por en la variable ansiedad.

Figura 3.a Indicador de riesgo ansiedad



Fuente: elaboración propia.

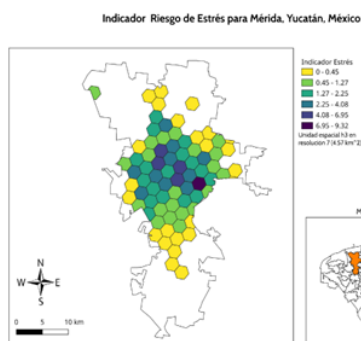
Figura 3.b Promedio Indicador de riesgo ansiedad



Fuente: elaboración propia.

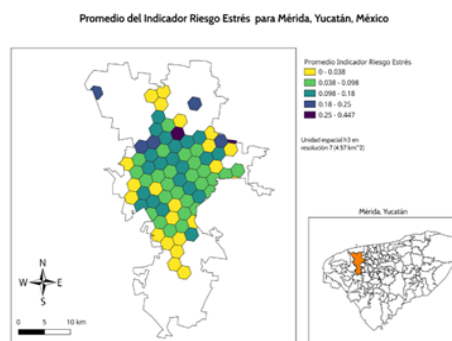
En las figuras 4.a y 4.b, se observa la distribución espacial del indicador de riesgo para la variable estrés. La figura 4.a representa las zonas con riesgo acumulado y la figura 4.b el riesgo promedio. Se observa un patrón geográfico en la zona centro de Mérida.

Figura 4.a *Indicador de riesgo estrés*



Fuente: elaboración propia.

Figura 4.b *Promedio Indicador de riesgo estrés*



Fuente: elaboración propia.

Discusión y conclusiones

El análisis espacial presentado permite identificar patrones de riesgo relacionados con ideación suicida, depresión, ansiedad y estrés dentro de Mérida. Estos patrones pueden ser utilizados para priorizar intervenciones en zonas con mayores valores de los indicadores, ya que proporcionan una perspectiva de la salud mental en el contexto urbano. Además, este análisis puede complementarse al incorporar variables como los niveles de marginación, acceso a servicios de salud, disponibilidad de programas de apoyo psicológico y factores ambientales.

El uso del promedio para evaluar el riesgo de las variables de salud mental es particularmente útil para suavizar diferencias extremas y resaltar zonas que, aunque cuentan con un menor número de tamizajes, presentan un riesgo proporcionalmente elevado. Esto implica que hexágonos con menor población, pero con un alto porcentaje de individuos en riesgo, sobresalen en este tipo de análisis. Por ello, el promedio se puede utilizar para

identificar riesgos relativos en zonas menos densas, lo que resulta importante para garantizar intervenciones más equitativas.

Sin embargo, es importante complementar el promedio con el análisis del riesgo acumulado, ya que ambos enfoques proporcionan perspectivas distintas pero complementarias. Mientras el promedio resalta el riesgo relativo, el acumulado identifica áreas con mayor carga total de individuos en riesgo, particularmente en zonas más densamente pobladas. Esta combinación metodológica permite detectar tanto focos críticos de alto riesgo proporcional como áreas con una mayor carga absoluta de problemas de salud mental.

El desarrollo del indicador, que incorpora tamizajes de ideación suicida, depresión, ansiedad y estrés, junto con factores como accesibilidad a servicios de salud mental y proximidad a puntos de venta de alcohol, mediante la unidad espacial H3, establece un precedente innovador. Este enfoque permite trabajar con una escala más detallada que la de un AGEB, identificando zonas críticas con una precisión espacial.

Finalmente, la medición del nivel de riesgo podría mejorarse aún más mediante la integración de variables relacionadas con el transporte y los costos de movilidad. La inclusión de la distancia entre los individuos y los servicios disponibles, junto con un modelo basado en la red de carreteras de Mérida y los tipos de transporte accesibles, puede mejorar la medición del riesgo. Esto permitiría proponer estrategias para abordar las desigualdades en el acceso a los recursos necesarios para mitigar los riesgos de salud mental.

Referencias

- Gobierno de México. (s.f.). *Descifremos: Información financiera para todos* (Edición 15-2) [PDF]. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/280081/descifremos15-2.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *A propósito del Día Mundial para la Prevención del Suicidio. Edición 2024*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/sala-deprensa/aproposito/2024/EAP_Suicidio24.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Salud mental y COVID-19: Datos iniciales sobre las repercusiones de la pandemia*. Organización Mundial de la Salud.
- Park, Y. S. y Kwan, M. P. (2021). Uso de sistemas de información geográfica para explorar las asociaciones entre atributos del vecindario y resultados de salud mental en adultos: Una revisión sistemática. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8597. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168597>

- Peitz, D., Kersjes, C., Thom, J., Hoelling, H. y Mauz, E. (2021). Indicators for public mental health: A scoping review. *Frontiers in Public Health*, 9, 714497. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.714497>
- Rahoof, F. V., Cherian, A. V., Kandasamy, A., Ezhumalai, S. y Dhanasekara, R. P. (2021). Suicidal ideation among persons with alcohol use disorder: A cross-sectional study. *Journal of Psychosocial Well-Being*, 2(2), 30–41. <https://doi.org/10.55242/jpsw.2021.2206>
- Rivera, K. M. y Mollalo, A. (2022). Spatial analysis and modelling of depression relative to social vulnerability index across the United States. *Geospatial Health*, 17(2). <https://doi.org/10.4081/gh.2022.1132>
- Tadmon, D. y Bearman, P. S. (2023). Differential spatial-social accessibility to mental health care and suicide. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(19), e2301304120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2301304120>
- Uber Technologies, Inc. (s. f.). *H3: A hexagonal hierarchical geospatial indexing system*. <https://h3geo.org/>
- World Health Organization. (2022). *World mental health report: Transforming mental health for all*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049338>

