

# MODELACIÓN DE LA DINÁMICA DE MOVILIDAD EN ENTORNOS PRÓXIMOS ANTES Y DURANTE LA PANDEMIA COVID-19

*Modeling of mobility dynamics in nearby environments before and during the COVID-19 pandemic*

**José Luis Argueta Mayorga**

Dr. en Ciudad, Territorio y Sostenibilidad  
jlam.argueta@gmail.com

**Mayra Virginia Castillo Montes**

Dra. en Educación  
mayracastillom@yahoo.com

**Walter Arnoldo Bardales Espinoza**

Mtro. en Recursos Hidráulicos  
bardaleswa@gmail.com

**William Adolfo Polanco Anzueto**

Lic. en Matemática Aplicada  
william.polanco.gt@gmail.com

**Eugenio Miguel Polanco Sotoj**

Estudiante de Ingeniería en Ciencias y Sistemas  
eugenio.polanco.ing@gmail.com

Recibido: 30 de noviembre de 2022. | Revisado: 16 de marzo de 2023. | Aprobado: 26 de julio de 2023.

## RESUMEN

La pandemia COVID-19 marcó en la humanidad un escenario a considerar para futuras crisis en diferentes entornos urbanos. Uno de los fenómenos con mayor transformación es la movilidad de las personas y dicho fenómeno ha sido escasamente estudiado, principalmente en un marco de proximidad y desde la perspectiva de la sustentabilidad. Por ello, se estudia el comportamiento de la movilidad en dos períodos: antes y durante la pandemia COVID-19 en la población universitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se determina que antes de la pandemia la población tenía un menor índice sustentable de movilidad en sus entornos próximos; lo que se contrasta con lo que sucede en la pandemia, ya que el indicador de sustentabilidad en entornos próximos se incrementa debido a diferentes características o contextos de la población: rango de edad, sexo, zona geográfica de residencia, ocupación, hábitos de movilidad, entre otras.

## PALABRAS CLAVE

Movilidad, proximidad, modelación, pandemia COVID 19.

## ABSTRACT

*The COVID-19 pandemic marked a scenario for humanity to consider for future crises in different urban environments. One of the phenomena with the greatest transformation is the mobility of people and this phenomenon has been barely studied, mainly in a proximity framework and from the perspective of sustainability. For this reason, the behavior of mobility is studied in two periods: before and during the COVID-19 pandemic in the university population of the Faculty of Engineering of the University of San Carlos of Guatemala. It is determined that before the pandemic the population had a lower sustainable rate of mobility in their immediate surroundings; which is contrasted with what happens in the pandemic, since the sustainability indicator in nearby environments increases due to different characteristics or contexts of the population: age range, sex, geographical area of residence, occupation, mobility habits, among other.*

## KEYWORDS

*Mobility, proximity, modeling, COVID-19 pandemic.*

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se justifica ante la necesidad de profundizar en el conocimiento y explicación de las dinámicas de movilidad de proximidad en dos períodos de análisis: antes y durante la pandemia por COVID-19, tomando como caso de estudio la comunidad de la Facultad de Ingeniería, USAC, conformada por profesores, estudiantes y personal administrativo.

La pandemia, la crisis, la sustentabilidad y la movilidad tienen una alta relación que se evidencia en la importancia dada a la discusión sobre la distancia de los desplazamientos, particularmente orientada a reducir las distancias de los recorridos para una mayor comunicación, reducción del tiempo de desplazamiento y a inicios de la pandemia, considerando las prácticas restrictivas impuestas a la movilidad y al transporte como medidas de contención y prevención de contagios.

En la etapa previa a la pandemia por COVID 19, el enfoque de discusión de la movilidad se centra en evidenciar que el vehículo motorizado ha sido uno de los grandes contaminadores en el mundo y además, ha perjudicado la salud de la población.

En las nuevas tendencias de investigación se establece que la movilidad depende de factores socioeconómicos y culturales que influyen en el entorno y ambiente construido, por lo que se discute cómo la pandemia por COVID-19 brinda oportunidades de planificar una nueva normalidad y hacer un espacio social más habitable y sustentable (Herrero, Tapia, Prieto, Vaquero, & Sánchez, 2020). Es decir, se propone que se aproveche la crisis como posibilidad de un cambio (Díez, 2020) para plantear una ciudad con dinámicas de movilidad más sostenibles y humanas, donde deben prevalecer los lugares próximos frente a la excesiva dependencia de la motorización originada por largas distancias de desplazamiento (Mardones-Fernández, Luque-Valdivia, & Aseguinolaza-Braga, 2020; Guerrero, Winfield, & Martí, 2021).

Los expertos en movilidad se preocupan por la posibilidad de regresar hacia hábitos viejos (Corwin, Zarif, Berdichevskiy, & Pankratz, 2020), entre los que se encuentran: la congestión vehicular y reducción de la calidad de aire, la reticencia o imposibilidad de realizar viajes cortos, renuencia a cambios culturales en los motivos no esenciales de los viajes y enfoques poco prioritarios para los tomadores de decisiones, gobernantes e iniciativa privada.

Como fundamento de este estudio, la movilidad se define a partir de la consideración de cada actor social y su interrelación con el espacio físico, que incluyen elementos como objetos geográficos, artificiales o naturales y sociales (Argueta, 2017).

Se apuesta, en primer lugar, a un cambio de paradigma en la definición de la movilidad que conlleve la dinámica de sostenibilidad que se enfoca en parámetros económicos, ecológicos, poblacionales e institucionales (Spickermann, Grienitz, & Von Der Gracht, 2014).

Se acepta la vinculación entre los entornos compactos y la proximidad (áreas de trabajo cercanos, comercios cercanos, colegios y escuelas cercanas, servicios indispensables cercanos, entre otros), lo cual incrementaría al máximo los destinos potenciales (Miralles-Guasch & Marquet Sarda, 2013).

Además, en las épocas anterior y durante la pandemia COVID-19, algunos autores (Barbarossa, 2020; Herrero et al., 2020; Mardones-Fernández et al., 2020) coinciden en señalar la actualidad de priorizar la movilidad activa: movilidad peatonal y bicicleta.

La movilidad en entornos próximos o de proximidad se entiende como aquellos viajes que pueden realizarse a pie y tienen una duración continua de un máximo de 10 minutos y en ocasiones se asocia con la distancia lineal de 650 metros (Marquet & Miralles-Guasch, 2014).



Figura 1. La proximidad como tendencia en la era pre y durante pandemia COVID-19  
Fuente: elaboración propia.

Con base en lo anterior, el presente estudio se enfoca en contribuir en la discusión con relación al territorio y la sustentabilidad a partir de la modelación de la dinámica de la movilidad peatonal y la proximidad en los periodos anterior y durante la pandemia por COVID-19, como punto de partida para visualizar escenarios futuros para el desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes (Martin & Bergmann, 2020; Mendolia, Stavrunova, & Yerokhin, 2021).

## DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio es de tipo cuantitativo con base en la recolección de datos por medio de una encuesta aplicada en 2022 que brinda dos ópticas de análisis, la primera que está asociada a la movilidad antes de la pandemia y la segunda, cuando se determina el escenario y la dinámica de movilidad durante la pandemia por COVID-19. El alcance es explicativo-comparativo de la dinámica de movilidad en entornos próximos a partir de variables medibles en el tiempo, para la comparación de dos escenarios establecidos. En ese sentido, la movilidad de proximidad depende en buena medida de los parámetros o escalas de análisis de medición de cada una de las variables, lo que brinda un enfoque del índice de movilidad próxima, para explicar por medio de la modelación matemática, la dinámica de la movilidad en dos escenarios.

La metodología tradicional de análisis de la movilidad tiene un carácter eminentemente técnico, limitándose a cuantificar los desplazamientos. Dicha metodología parte del supuesto de que la movilidad es un “dato” que surge del desarrollo natural de la sociedad y que, por lo tanto, no debe ser discutida. Con ello se inhibe el análisis social y político de la movilidad para conocer quiénes se desplazan y cómo, cuáles son las consecuencias para las personas y cómo son distribuidos los costos y los beneficios (Amézquita, Durán y Fajardo, 2016).

En este estudio se definen tres marcos muestrales: población de estudiantes (13,706), población de docentes (825) y población de personal administrativo (161); sobre estas poblaciones se aplica el método de muestreo aleatorio simple-MAS-, para determinar los tamaños muestrales mínimos en cada caso. Un diseño MAS sobre  $k$  unidades de muestreo está definido por:

$$\pi = \left(\frac{n}{N}\right)^{-1} \quad (1)$$

donde  $N$  denota el tamaño total de elementos en la unidad de muestreo,  $n$  denota el número de elementos a ser seleccionados. El cálculo de los tamaños muestrales se establece con base en la ecuación 2 (Walpole, Myers, R. y Myers, S., 1999):

$$n = \frac{Nz^2pq}{(N-1)\varepsilon^2 + z^2pq} \quad (2)$$

donde:

$n$  corresponde al tamaño de la muestra.

$N$  corresponde al tamaño de la población que se conoce.  $\sigma$  es la desviación estándar poblacional que en ocasiones se utiliza el valor de 0.5 (genera un máximo tamaño muestral).

$$\sigma_{\hat{p}} = \sqrt{p * (1 - p)} \quad (3)$$

Z corresponde al nivel de confianza que está asociado a la probabilidad de que el dato que se desea se encuentre dentro del margen que se establece.

$\epsilon$  corresponde al error muestral y su margen, en ocasiones, se mantiene entre el 1 % y el 5 %.

En la fase de recolección de información, el diseño y aplicación de la encuesta de movilidad en entornos próximos se realiza con base en los aportes de Ibeas, González, Dell’Olio y Moura (2015). Luego de un estudio piloto se valida la encuesta en un panel de expertos y se realizan pruebas de confiabilidad con base en el coeficiente Alfa de Cronbach. A partir de ello, se aplica la encuesta de forma digital a tres muestras de las poblaciones que conforman la muestra de 748 participantes en el estudio de la siguiente forma: 263 profesores (33 % de la muestra), 373 estudiantes (58 % de la muestra) y 114 personas del personal administrativo (9 % de la muestra).

La información que se recolecta se analiza para caracterizar la movilidad de los grupos participantes, con el propósito de determinar los indicadores e índices que se establecen:

- a) Indicador promedio de tiempo por viaje: se relaciona con el índice de tiempo de desplazamiento por viaje pues se promedia el tiempo que se registró en la encuesta (se clasifica en viaje de ida y regreso; se toma en cuenta el rango de edad; se clasifica a partir de cada rol del encuestado: estudiante, profesor o administrativo)
- b) Indicador de movilidad próxima: se pondera cada una de las preguntas asociadas a las cercanías y modos de transporte asociados a la proximidad.

Se modela el comportamiento de la movilidad en entornos próximos de los grupos participantes y se procede a su representación en un mapa de acuerdo con el valor obtenido para el indicador de movilidad sustentable que se calcula a partir de la expresión 4.

El indicador de movilidad sustentable en entornos próximos se define de la siguiente forma para el periodo anterior y durante la pandemia COVID-19:

$$I_{ms} = 0.1 \left( \frac{X_1}{X_T} \right) + 0.1 \left( \frac{Y_1}{Y_T} \right) + 0.2 \left( \frac{D_1}{D_T} \right) + 0.4 \left( \frac{Z_1}{Z_T} \right) + 0.2(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) \quad (4)$$

donde:

$X_1$  corresponde a los modos de transporte (caminata y bicicleta) utilizados durante un viaje,  $X_T$  corresponde al número total de modos de transporte usados durante el viaje detallado.

$Y_1$  corresponde al tiempo en minutos del viaje importante efectuado (caminata y bicicleta),  $Y_T$  corresponde al total de minutos acumulados en un viaje en todos los modos de transporte.

$D_1$  representa el número de destinos a los cuales se frecuenta en la proximidad a la vivienda,  $D_T$  corresponde a la cantidad total de destinos planteados dentro del área de influencia de las personas sobre su proximidad.

$Z_1$  es el total de modos de transporte que se utilizan para realizar los viajes hacia los destinos próximos a la vivienda,  $Z_T$  representa los modos de transporte totales utilizados para realizar los desplazamientos próximos.

Por último, se plantea la importancia de los desplazamientos próximos en función de la ponderación de acuerdo con la respuesta e importancia de las personas a partir de la siguiente clasificación, W es igual a:

- $W_1 = 1$  equivale a “muy importante”.
- $W_2 = 0.75$  equivale a “importante”.
- $W_3 = 0.5$  equivale a “poco importante”.
- $W_4 = 0.25$  equivale a “muy poco importante”.
- $W_5 = 0$  equivale a “nada importante”.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Entre las características importantes de la población participante en el estudio, se determina que el rango de edades varía de 18 a 73 años y el 75 % de los participantes se ubican en un rango de edad entre 18

y 38 años, como se muestra en la figura 2. El 73 % de los encuestados son hombres mientras que el 27 % son mujeres, lo cual refleja la composición de la comunidad de la Facultad de Ingeniería, USAC. El 53 % de los participantes informó que se contagió con el virus COVID 19.

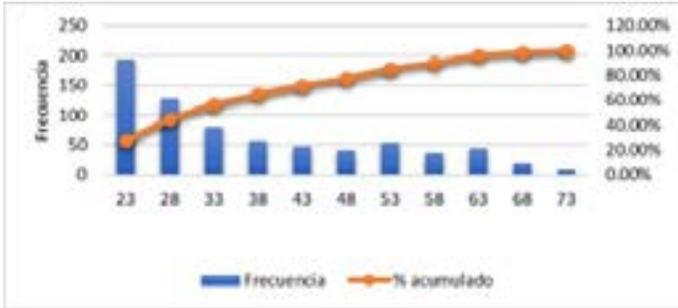


Figura 2. Edad de los encuestados 2022.  
Fuente: elaboración propia.

Se observa en la figura 3 cómo en la mayoría de los rangos de edades el indicador de sustentabilidad se incrementa, sin embargo, el comportamiento es similar antes de la pandemia COVID-19 y durante la pandemia. Se puede observar cómo disminuye el indicador en relación con las diferentes edades, donde los indicadores más bajos de sustentabilidad se dan en el rango de 51-60 años y los indicadores más altos se dan en el intervalo de 18-20 años. Se observa que el indicador durante pandemia COVID-19 fue más alto que el de antes de COVID-19.

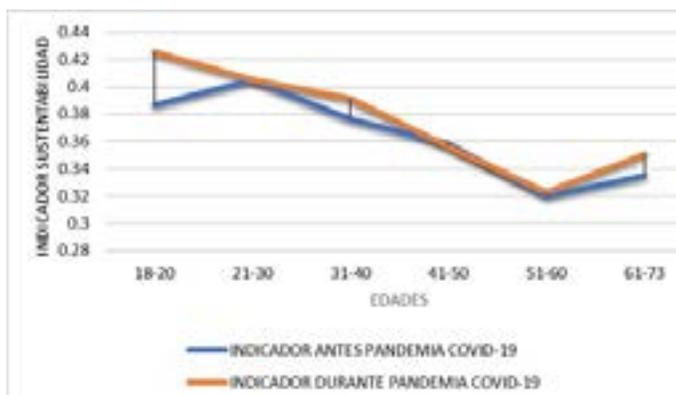


Figura 3. Comparación de los indicadores de sustentabilidad en espacios próximos antes y durante la pandemia COVID-19 por rangos de edad  
Fuente: elaboración propia

En la figura 4 se puede observar el comportamiento de la movilidad de toda la población analizada, en el cual el grupo de estudiantes tiene el indicador más alto mientras que para el personal administrativo el indicador de movilidad sustentable en entornos próximos es más bajo en ambos periodos de estudio.

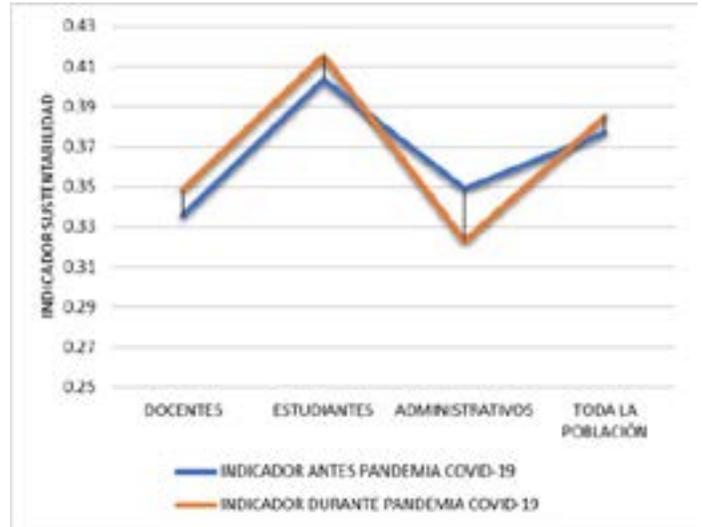


Figura 4. Comparación de indicadores de movilidad sustentable en entornos próximos antes y durante la pandemia por COVID-19  
Fuente: elaboración propia.

Se observa el cambio en los valores del indicador (figura 5) del grupo de hombres que denotan un incremento de su movilidad sustentable en entornos próximos a diferencia de las mujeres, cuyos indicadores disminuyen, lo que puede dar la pauta de cambios en actividades o situaciones de decisión sobre la movilidad de cada uno de los grupos de personas.

---

El indicador de movilidad sustentable en entornos próximos es susceptible de transformación, y por lo tanto, es posible planificar escenarios basados en la promoción de su incremento.

---

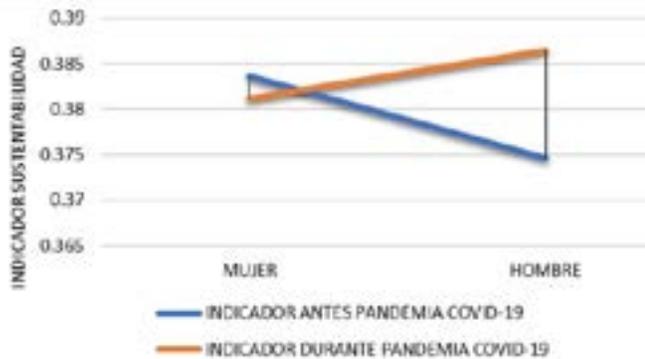


Figura 5. Comparación de los indicadores de movilidad sustentable en espacios próximos antes y durante la pandemia COVID-19 por el sexo de la población

Fuente: elaboración propia

Una parte interesante del comportamiento de la población es que, para las personas sin contagio del virus, sus indicadores de movilidad sustentable son más altos; esto podría estar asociado con prácticas diarias que la población realiza. Por tanto, un hallazgo importante de este estudio demarca que las actividades y desplazamientos físicos mantienen una relación con el hecho de contagio o no contagio por el virus de COVID 19.

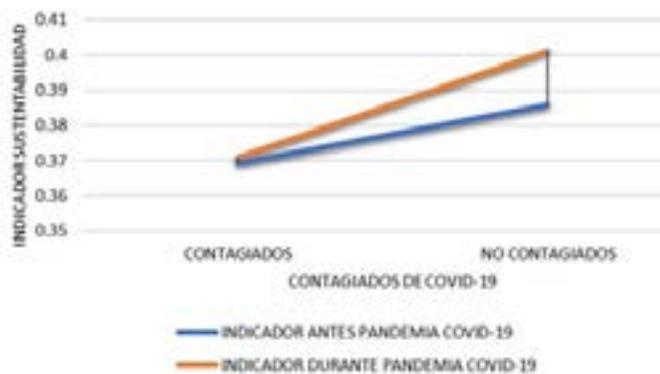


Figura 6. Comparación de los indicadores de movilidad sustentable en espacios próximos antes y durante la pandemia COVID-19 por la situación de contagio y no contagio.

Fuente: elaboración propia

Desde la óptica geográfica es importante destacar la diversidad de lugares de procedencia de la población estudiantil y los cambios ocasionados en el periodo de pandemia, ya que ante la suspensión de clases presenciales retornaron a otros departamentos. Para el grupo de profesores y personal administrativo se identifica mayor permanencia en el lugar donde habitan.

A partir de lo anterior se establece que los cambios en el lugar de residencia denotan comportamientos de movilidad muy diversos que permiten diferenciar un comportamiento de movilidad en las ciudades de otro en las áreas del interior del país.

En los mapas presentados en las figuras 7 y 8, se muestran las variaciones del índice de movilidad sustentable en las distintas regiones del país, para el periodo anterior a la pandemia, con rangos máximos de 0.48 a 0.76 y durante el periodo de su impacto.

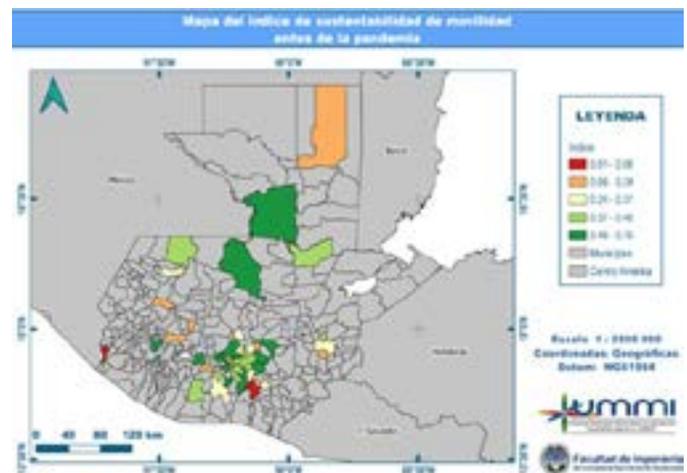


Figura 7. Distribución geográfica del indicador de movilidad sustentable en espacios próximos antes de la pandemia COVID-19.

Fuente: elaboración propia.

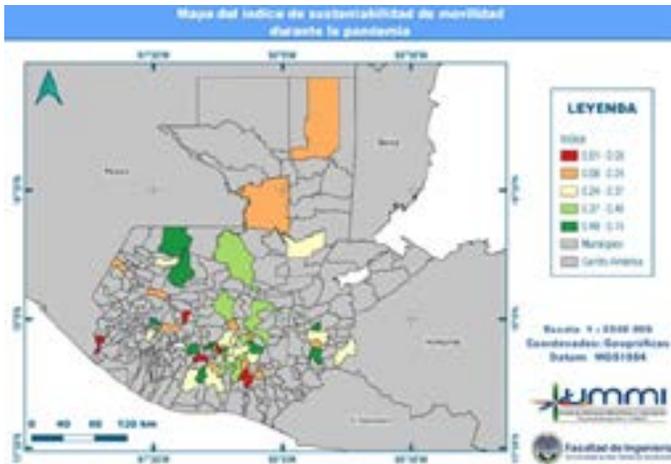


Figura 8. Distribución geográfica del indicador de movilidad sustentable en espacios próximos durante la pandemia COVID-19.

Fuente: elaboración propia.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este estudio demarca el abordaje de la proximidad que debe ser discutido, analizado y debatido por tomadores de decisión, planificadores urbanos, políticos, economistas, ingenieros, arquitectos, urbanistas, académicos, entre otros; puesto que se evidencia la importancia de impulsar la recuperación de una ciudad próxima y sobre todo, no volver a los viejos hábitos de movilidad (Barbarossa, 2020; Mardones-Fernández et al., 2020) que conducen a dinámicas alejadas a la sustentabilidad y dificultan enfrentar una crisis sanitaria como la provocada por el virus COVID-19.

La proximidad, como bien se ha definido anteriormente (Marquet & Miralles-Guasch, 2014; Miralles-Guasch & Marquet Sarda, 2012, 2013), no solo se centra en un tiempo o medición de distancia, puesto que obvia o reduce los modos de transporte, las dinámicas de proximidad o los elementos humanos que demarcan la cotidianidad de la población. En este sentido, no se puede reducir el estudio de los desplazamientos próximos como un elemento de tiempo, sino de estructura social, económica y del territorio de la ciudad (Miralles-Guasch & Marquet Sarda, 2013) y, principalmente, desde la respuesta a una crisis como

la vivida en la pandemia; ya que, entre más próximos son los centros de actividades, destinos, entornos económicos y sociales; mejor es la respuesta hacia una crisis global que deba enfrentarse.

Si bien previo a la pandemia la discusión central de la movilidad radicaba en la proximidad como una solución al desarrollo urbano; ahora se confirma la necesidad de una ciudad próxima o compacta que pueda responder a los retos que demandan las crisis sanitarias, las necesidades diarias de la población, la calidad de vida y la interacción social. La pandemia recientemente vivida evidencia que no hay nada más importante que la humanidad por sobre cualquier interés económico, político o individual, por lo que resalta la importancia de una ciudad más humana y sostenible (Mardones-Fernández et al., 2020).

A través de este estudio se explica el comportamiento de movilidad de la población antes y durante la pandemia COVID-19 desde la óptica del índice de sustentabilidad de movilidad próxima, donde se observa que antes de la pandemia la población tenía un menor índice sustentable de movilidad en sus entornos próximos; lo que se contrasta con lo que sucede en la pandemia, ya que el indicador de sustentabilidad en entornos próximos se incrementa desde diferentes perspectivas de la población (rango de edad, sexo, zona de residencia geográfica, ocupación, entre otros).

Se identifica que la población más joven denota índices de movilidad sustentable hacia entornos próximos más altos que la población entre rangos de edad más altos, lo mismo ocurre con la población estudiantil, con relación a los grupos de profesores y personal administrativo.

Las restricciones que se plantearon en Guatemala son similares a las establecidas en todo el mundo, puesto que todas las medidas se establecieron para remarcar nuevos parámetros de comportamiento de movilidad (Borkowski et al., 2021) y esto incide en la respuesta de los patrones culturales hacia las restricciones de movilidad implementadas.

La investigación acerca de la movilidad es importante, ya que desde estudios previos se demuestra que la expansión de las pandemias muestra correlación con el comportamiento de los flujos y cambios en el comportamiento humano en cuanto a sus desplazamientos (Mendolia et al., 2021). Se identifica en el presente estudio que las acciones relacionadas con los nuevos flujos de movilidad de la población son determinantes en el comportamiento del esparcimiento de las enfermedades contagiosas.

Otro de los factores que se rescatan en este estudio es que se observa que la población que vive en el interior de la República de Guatemala posee un comportamiento de movilidad en entornos próximos distinto de aquellas que viven en áreas urbanas sumamente grandes, como lo es Área Metropolitana de la Ciudad de Guatemala, ya que para las personas que viven en lugares apartados de una ciudad los servicios no se encuentran muy cercanos a sus viviendas y culturalmente, es más común el hábito de caminar o de usar la bicicleta.

Se identifica en el mismo estudio que durante la pandemia la movilidad cambia por el uso de servicios cercanos al lugar de residencia y por la proliferación de servicios a domicilio. Por tanto, la proximidad se resalta como un factor determinante, ya que reporta beneficios en los desplazamientos en una crisis de salud, como la que ha presentado la pandemia de COVID-19.

Uno de los factores importantes de destacar dentro del estudio es el incremento del uso del vehículo propio (automóvil o motocicleta) para el desplazamiento a lugares distantes y aún en el entorno próximo. Ante ello, se identifica la necesidad de estudiar el nuevo fenómeno que haya surgido a partir del uso de vehículo privado y cómo las nuevas dinámicas de movilidad se ven afectadas, pues el incremento del uso de vehículos privados repercute en ópticas a futuro de la movilidad sustentable.

Una parte interesante del comportamiento de la población contagiada es la estimación de indicadores

de movilidad sustentable bajos en el periodo previo a la pandemia, en comparación con un indicador con mayor valor que las personas que no se contagiaron. Se puede inferir que los hábitos de la población antes de la pandemia tienen asociación con la posibilidad de contagiarse; dado que, las dinámicas de la población con clasificación sustentable se relacionan con los participantes menos propensos a contagiarse.

Como aporte metodológico se propone una modelación de los desplazamientos próximos de las poblaciones analizadas que permite identificar diferencias en los patrones de los desplazamientos diarios o rutinarios que la población tiene y también establecer una diferenciación entre las personas que trabajan o solamente estudian. Dado que la movilidad tiene asociación sobre las medidas de distanciamiento social impuestas a lo largo de la pandemia, es importante investigar a futuro las dinámicas de movilidad en la etapa postpandemia.

Uno de los elementos de influencia que sustenta las discusiones a futuro del escenario de movilidad que se va a presentar, es la disposición de la población de docentes a nuevas normalidades que se pueden presentar, y principalmente, si se vuelcan hacia alguna tendencia con condiciones virtuales o híbridas de estudio o trabajo, por razones de tráfico, movilidad, interacción social, calidad de educación, recursos de laboratorio, entre otras.

Por último, se desea plantear que esta investigación en conjunto con otras asociadas con la proximidad (Miralles-Guasch et al., 2016; Miralles-Guasch & Cebollada, 2009; Miralles-Guasch & Marquet Sarda, 2013; Miralles, 2013) y el COVID-19 (Kehagia, 2020; Sánchez-Toscano Salgado & Hernández Aja, 2022; Thornton, 2020), demuestran que la proximidad y su incentivo en la vida diaria de la población evidencia que se asocia con la calidad de vida, satisfacción de las necesidades primarias y en la solución de crisis en áreas urbanas y rurales. En ese sentido, la discusión de la movilidad en los entornos de ciudades en la actualidad debe plantear como esquema central una

geografía humana que se apege a todos los esquemas planteados por las nuevas teorías de movilidad y su enfoque humano (Álvarez, Mercedes Reguant, 2014; Argueta, 2017; Gutiérrez, 2012; Santos, 2006) y que se ha demostrado con este estudio que al contar con soluciones de movilidad de proximidad en su estructura y funcionamiento, es posible proponer respuestas importantes para satisfacer las necesidades básicas durante una crisis global y mundial.

## CONCLUSIONES

1. A través de este estudio se explica el comportamiento de movilidad de la población antes y durante la pandemia COVID-19 desde la óptica del índice de sustentabilidad de movilidad próxima, donde se observa que antes de la pandemia la población tenía un menor índice sustentable de movilidad en sus entornos próximos; lo que se contrasta con lo que sucede en la pandemia, ya que el indicador de sustentabilidad en entornos próximos se incrementa desde diferentes características o contextos de la población: rango de edad, sexo, zona geográfica de residencia, ocupación, hábitos de movilidad, condiciones económicas, entre otras.
2. Uno de los aportes del índice de movilidad sustentable propuesto, es la base de la proximidad y principalmente, la consideración de la multimodalidad en sus desplazamientos. Es decir, la metodología planteada para determinar el índice de movilidad sustentable toma como base la respuesta de los desplazamientos multimodales en un viaje representativo de sus desplazamientos durante la semana.
3. A partir de una crisis y para resolver problemas de movilidad se identifica que al implementar medidas asociadas a la proximidad, tanto en su estructura y funcionamiento en las ciudades, como de las prácticas de la población, permite responder a una crisis con impactos a escalas local y global.

Por tanto, en un entorno urbano donde prevalezca la proximidad, mejor es la respuesta hacia una crisis global que deba enfrentarse.

## RECOMENDACIONES

Para estudios futuros asociados con la movilidad y a partir de los hallazgos de la presente investigación, se recomienda ahondar en las siguientes líneas:

1. Uno de los factores importantes de destacar dentro del estudio es el incremento del uso del vehículo propio (automóvil o motocicleta) para el desplazamiento a lugares distantes y aún en el entorno próximo. Ante ello, se identifica la necesidad de estudiar el nuevo fenómeno que haya surgido a partir del uso de vehículo privado y cómo son las nuevas dinámicas de movilidad en el periodo postpandemia.
2. El COVID-19 deja secuelas en cierto segmento de la población que demarca cambios fundamentales en su movilidad a partir de su contagio. Es necesario investigar en este grupo de población sus dinámicas de movilidad después de haber sido contagiado y las características de nuevas realidades del periodo postpandemia.
3. Indagar en los hábitos y actividades de movilidad que realiza el segmento de población que presenta altos niveles de sustentabilidad, puede brindar parámetros de comportamiento de cierto segmento de la población que ayude a proyectar escenarios futuros de alguna crisis o planificación a partir de dichos hábitos.
4. Es indispensable considerar como nuevo enfoque de estudio la movilidad postpandemia, para comparar el mismo índice de sustentabilidad asociado con cambios en la nueva normalidad de movilidad de los sujetos de estudio desde su residencia hacia la ciudad universitaria de la USAC, y viceversa.

## REFERENCIAS

- Amézquita, L.L., Durá, Matiz, D. F., & Fajardo Morales, D. H. (2016). Matriz origen-destino y eficiencia en modos de transporte urbano: un análisis de la movilidad de Bogotá. *Semestre Económico*, 19(39), 91–112. <https://doi.org/10.22395/seec.v19n39a4>
- Argueta, J. L. (2017). La permeabilidad y movilidad peatonal en los fraccionamientos cerrados de interés social. Villas de la Hacienda, Municipio Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. *Revista Transporte y Territorio*, 17(17), 145–171.
- Barbarossa, L. (2020). The post pandemic city: Challenges and opportunities for a non-motorized urban environment. An overview of Italian cases. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12177172>
- Borkowski, P., Jażdżewska-Gutta, M., & Szmelter-Jarosz, A. (2021). Lockdowned: Everyday mobility changes in response to COVID-19. *Journal of Transport Geography*, 90 (November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102906>.
- Corwin, S., Zarif, R., Berdichevskiy, A., & Pankratz, D. (2020). The futures of mobility after COVID-19. Scenarios for transportation in a postcoronavirus world. *Deloitte Development LLC*, 1–21. Recuperado de: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/6739\\_fom-covid/DI\\_FoM-COVID.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/6739_fom-covid/DI_FoM-COVID.pdf)
- Díez, J. C. (2020). Post COVID-19: retos para Iberoamérica. *Pensamiento Iberoamericano*, 3(1), 34-41. Recuperado de: <https://segib.org/wp-content/uploads/AF-maqueta-RPI-N9.pdf>.
- Guerrero, D., Winfield, F., & Martí, D. (2021). La calle post COVID-19: prácticas emergentes y nuevas dinámicas urbanas. *Topofilia, Revista de Arquitectura, Urbanismo y Territorios*, (21), 82–97.
- Herrero, D. C., Tapia, M., Prieto, J., Vaquero, M., & Sánchez, P. (2020). La nueva movilidad al trabajo post COVID-19: por una ciudad más activa y sostenible. *Revista Telos*, 1-4. Recuperado de: <https://telos.fundaciontelefonica.com/la-nueva-movilidad-al-trabajo-post-covid-19-por-una-ciudad-mas-activa-y-sostenible/>
- Ibeas, A., González, F., Dell’Olio, L. y Moura, J. (2025). *Manual de Encuestas de Movilidad: Preferencias Reveladas*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/306594188\\_Manual\\_de\\_Encuestas\\_de\\_Movilidad\\_Preferencias\\_Reveladas/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/306594188_Manual_de_Encuestas_de_Movilidad_Preferencias_Reveladas/citation/download)
- Kehagia, F. (2020). COVID-19 and Sustainable mobility. *Springer Optimization and Its Applications*, 128, 99–119.
- Mardones-Fernández, N., Luque-Valdivia, J., & Aseguinolaza-Braga, I. (2020). La ciudad del cuarto de hora, ¿una solución sostenible para la ciudad postCOVID-19? *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, (204), 653–664. <https://doi.org/10.37230/cytet.2020.205.13.1>
- Marquet, O., & Miralles-Guasch, C. (2014). Walking short distances. The socioeconomic drivers for the use of proximity in everyday mobility in Barcelona. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 70, 210–222. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.10.007>
- Martin, S. F., & Bergmann, J. (2020). Shifting forms of mobility related to COVID-19. *In Time for a Reset*, 1–12. Recuperado de: <https://publications.iom.int/system/files/pdf/shifting-forms.pdf>
- Mendolia, S., Stavrunova, O., & Yerokhin, O. (2021). Determinants of the community mobility during the COVID-19 epidemic: the role of government regulations and information. *Journal of Economic Behavior & Organization*, (13778). <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2021.01.023>
- Miralles-Guasch, C., & Marquet Sarda, O. (2012). Un análisis de la ciudad compacta a través de los tiempos de desplazamiento. *8 Congreso Internacinoal Cidade Virtual e Territorio, 18022*, 8–10.

- Miralles-Guasch, C., & Marquet Sarda, O. (2013). Dinámicas de proximidad en ciudades multifuncionales. *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales, XLV*(177), 503–512.
- Miralles, C. (2013). Presentación: Dossier Metodologías Y Nuevos Retos en el análisis de la movilidad y el transporte. *Revista Transporte y Territorio, (8)*, 1–6.
- Spickermann, A., Grienitz, V., & Von Der Gracht, H. A. (2014). Heading towards a multimodal city of the future: Multi-stakeholder scenarios for urban mobility. *Technological Forecasting and Social Change, 89*, 201–221. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>
- Thornton, G. (2020). Personal mobility experience post COVID-19, (September). \*\*\*\*
- Walpole, R., Myers, R. y Myers, S. (1999). *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. México: Prentice Hall.

## INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

José Luis Argueta Mayorga, Ingeniero Civil, Maestro en Ingeniería Vial, Doctor en Ciudad Territorio y Sostenibilidad.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

Mayra Virginia Castillo Montes, Licenciada en Matemática Aplicada, Doctora en Educación.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

Walter Arnoldo Bardales Espinoza, Ingeniero Agrónomo, Maestro en Recursos Hidráulicos.

Afiliación laboral. Facultad de Ingeniería.

William Adolfo Polanco Anzueto, Licenciado en Matemática Aplicada.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

Eugenio Miguel Polanco Sotoj, Bachiller en Ciencias y Letras, estudiante de Ingeniería en Ciencias y Sistemas.

Facultad de Ingeniería, USAC.