



DESAFIOS Y RETOS DE LA
MOVILIDAD SUSTENTABLE
EN EL MUNDO CONTEMPORÁNEO



Desafíos y retos de la movilidad sustentable en el mundo contemporáneo

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
División de Extensión de la Cultura



CONSEJO
EDITORIAL

Desafíos y retos de la movilidad sustentable en el mundo contemporáneo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE HIDALGO

Pachuca de Soto, Hidalgo, México

2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Octavio Castillo Acosta

Rector

Julio César Leines Medécigo

Secretario General

Marco Antonio Alfaro Morales

Coordinador de la División de Extensión de la Cultura

Marco Antonio Alfaro Flores

Director del Festival Internacional de la Imagen

Fondo Editorial

Asael Ortíz Lazcano

Director de Ediciones y Publicaciones

Joselito Medina Marín

Subdirector de Ediciones y Publicaciones

Primera edición electrónica: 2024

D.R. © UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Abasolo 600, Col. Centro, Pachuca de Soto, Hidalgo, México, C.P. 42000

Dirección electrónica: editor@uaeh.edu.mx

El contenido y el tratamiento de los trabajos que componen este libro son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

ISBN: 978-607-482-818-4

Esta obra está autorizada bajo la licencia internacional Creative Commons Reconocimiento -No Comercial- Sin Obra Derivada (by-nc-nd). No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras derivadas. Para ver una copia de la licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.



Hecho en México/*Printed in Mexico*

Este libro fue dictaminado por pares académicos.

Se agradecen los comentarios y sugerencias del cuerpo de asesores, ya que permitieron darle un mejor rumbo a esta publicación. De igual manera, se agradece profundamente a los dictaminadores del proceso evaluador, quienes con sus observaciones y comentarios enriquecieron esta obra.

Índice

Presentación	9
Dr. Octavio Castillo Acosta Rector de la UAEH	
Presentación	11
Mtro. Marco Antonio Alfaro Flores Director del Festival Internacional de la Imagen	
Movilidad sustentable, una visión desde el agro	13
Asael Islas Moreno	
El comercio internacional de cereales frente al reto de la movilidad sustentable: perspectivas y desafíos	29
María del Rosario Granados Sánchez	
Acompañando la transición socioecológica en entornos laborales: propuesta de un programa de movilidad sustentable para el sector público y privado	49
Ruth Pérez López	
Movilidad no motorizada en la ciudad de Pachuca: metodología para el análisis de senderos peatonales y ciclistas	65
Yoan Saidt Beltrán Martínez Jairo Armando Lozano Hernández	
Movilidad natural. Aproximaciones no antropocéntricas	85
Yunuen E. Díaz Velázquez	
Desplazamiento sustentable: estudio transdisciplinar de diseño comparado en usuarios de senderos urbanos en Perú - México	99
Sergio Santamaría Suarez Haydith Vázquez del Aguila Verónica Rodríguez Contreras	

Movilidad sustentable: pasos de fauna	11
Erika Ortigoza Vázquez	
Flujos poblacionales en México. Una visión para definir potencialidades hacia la movilidad sustentable	125
Eréndira Yaretni Mendoza Meza	
Yamile Rangel Martínez	
Impulsando el desarrollo sustentable: movilidad e innovación para un turismo responsable	143
Judith Alejandra Velázquez Castro	
Liza Viviana Velasco Álvarez	
Movilidad sustentable en ciudades intermedias. Caso de la ciudad de Cuenca, Ecuador	157
Grace Guerrero Zurita	
Eréndira Yaretni Mendoza Meza	
Transición tecnológica en la movilidad, imprescindible para ciudades sustentables	175
Roberto Morales Estrella	
Eduardo Rodríguez Juárez	
Leandro Olguín Charrez	
Implementación de diez mil pasos, diario, en enfermedades no transmisibles. Búsqueda sistematizada	193
José Arias Rico	
Esther Ramírez Moreno	
Lizet García Ríos	
Osmar Antonio Jaramillo Morales	
Ana Paula Cupertino	
Tania Catalina Chinchilla Salcedo	
Rosa María Baltazar Téllez	

Presentación

Dr. Octavio Castillo Acosta

Rector de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Me complace enormemente presentarles el resultado del Coloquio del Festival Internacional de la Imagen, una iniciativa que ha cobrado vida con la colaboración y el compromiso de destacados académicos, expertos y profesionales, todos interesados en abordar un tema de vital importancia en la actualidad: la movilidad social, con una valiosa preocupación por las consecuencias ambientales de esta dinámica social.

Como rector de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, es un honor formar parte de este esfuerzo colectivo que busca arrojar luz sobre las complejas interacciones entre el ascenso social y la preservación del medio ambiente. La movilidad, entendida como el proceso mediante el cual los individuos y las comunidades mejoran sus condiciones de vida y alcanzan nuevas oportunidades, es un fenómeno intrínsecamente ligado a nuestra realidad económica y poblacional. En nuestra institución existen distintos cuerpos académicos y grupos de investigación que se han dedicado, a lo largo de los años, a producir conocimiento de pertinencia en torno a este tema.

Este documento es una muestra del interés de nuestra casa de estudios por hacer hincapié en los desafíos de la actualidad y responder de ese modo al compromiso que asumimos como universitarios frente al presente.

Es importante destacar el enfoque ambiental presente en las investigaciones contenidas en este libro, dado que a menudo se subestiman las implicaciones y el impacto en la biosfera que la movilidad conlleva. Desde el aumento de la demanda de recursos naturales hasta la expansión urbana descontrolada y la creciente huella de carbono asociada al transporte, la movilidad social puede tener consecuencias significativas para nuestro entorno natural y para la sostenibilidad a largo plazo.

El libro que tienen en sus manos es el resultado de un diálogo profundo y multidisciplinario que tuvo lugar durante uno de los eventos más importantes a nivel cultural en el estado de Hidalgo, el cual ha reunido a grandes artistas y académicos de todo el mundo con el fin de compartir sus obras en el ámbito del arte de la imagen. Esta convergencia de talentos con la comunidad universitaria nos da la pauta para abrir la discusión en torno a este y otros tópicos de la agenda global, que merecen ser debatidos con la mayor difusión y rigor posibles.

En el presente libro se ofrecen investigaciones, análisis y reflexiones, sobre cómo la movilidad social y el desarrollo económico pueden coexistir de manera armoniosa con la protección del medio ambiente. Desde enfoques teóricos hasta estudios de casos concretos, este compendio ofrece una visión completa y diversa de un tema que demanda nuestra atención y acción colectiva.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los participantes, ponentes y organizadores que han contribuido a la realización del coloquio, en el marco del Festival Internacional de la Imagen, y la publicación

de este libro. Su dedicación y compromiso son ejemplos inspiradores de cómo la colaboración puede generar conocimiento y catalizar el cambio.

Espero que esta obra sea una fuente de nuevos cuestionamientos para quienes están interesados en comprender mejor las complejas dinámicas de la movilidad social. Que sus páginas nos impulsen a reflexionar, debatir y actuar en favor de un futuro más justo, equitativo y sostenible para todos.

Amor, Orden y Progreso.
Primavera de 2024.

Presentación

Marco Antonio Alfaro Flores

Director del Festival Internacional de la Imagen

La vida es como una bicicleta. Para mantener el equilibrio, tienes que seguir pedaleando.

Albert Einstein

El Festival Internacional de la Imagen, organizado por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se erige como un espacio inmejorable en el que, a través de distintos géneros de la imagen, ideas y perspectivas, se exponen tópicos de relevancia internacional, no solamente buscando exhibir la problemática sino planteando soluciones desde diversas disciplinas y áreas. Para este 2024, el tema central es “Movilidad sustentable”.

La movilidad impulsada por transportes, como la bicicleta, que no comprometen los recursos naturales actuales y futuros, aportan a mejorar la calidad de vida a un bajo costo, ha sido, y actualmente sigue siendo, un tema necesario de observar e impulsar a través de diversas estrategias, pues contribuye con el desarrollo social y económico, fomenta la creación de más y mejores espacios que permitan una convivencia social sana y pacífica, además de mejorar las condiciones de distintos sectores. Como lo decía la feminista sufragista Susan B. Anthony: “La bicicleta ha hecho más por la emancipación de las mujeres que cualquier otra cosa en el mundo”.

Así, la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, a través del Festival Internacional de la Imagen, refrenda su compromiso de impulsar a través de las imágenes y, en el caso particular de este libro digital, también de las ideas, la generación de más y mejores estrategias que permitan una mejoría sustancial de la calidad de vida.

Gracias a todas y todos los participantes de la edición 2024 del coloquio FINI.

Movilidad sustentable. Una visión desde el agro

Asael Islas Moreno

Introducción

En un sentido filosófico, la movilidad se soporta en el liberalismo clásico definido como la tradición ética, política, legal y económica, que coloca a la libertad individual al centro y la concibe como el derecho de cada individuo de disponer de su persona, acciones y posesiones, para realizar sus elecciones dentro del marco legal del lugar en donde se encuentra, sin estar sujeto a la arbitrariedad de alguien más (Palmer, 2010).

En la década de 1980 diversas naciones impulsaron políticas basadas en el liberalismo para promover el desarrollo a partir de la movilización de personas, mercancías y capitales. Los resultados respecto del combate a la pobreza fueron alentadores. Se estima que, entre 1980 y 1998, alrededor de cuatrocientos millones de personas escaparon de la pobreza absoluta (población que percibe un ingreso diario inferior a un dólar americano) (Kiely, 2007).

El efecto de las políticas liberales en la disminución de la pobreza ha sido probado. El estudio “Globalization, Growth and Poverty” realizado por el Banco Mundial (2002), con información de 92 países y un marco temporal que comprende de 1985 a 1997, tuvo como hallazgo clave que los países más liberalizados política y económicamente tuvieron un mayor crecimiento económico (5 por ciento) que los países menos liberalizados (1.4 por ciento), y esto los condujo a disminuciones más importantes en la pobreza.

Argumentos adicionales a favor del liberalismo fueron expuestos por el sociólogo Anthony Giddens (2000), quien señala a las condiciones que restringen la libertad individual como las principales causas de la pobreza, entre las que se encuentran los gobiernos autoritarios, la corrupción, las guerras, la sobre-regulación y la baja emancipación de la mujer.

La movilidad de las personas también ha impulsado una mayor generación de riqueza. En 69 países se ha encontrado que las personas inmigrantes son más proclives a comenzar negocios que las personas nativas (Vandor, 2021). Por ejemplo, en Estados Unidos, donde 13.7 por ciento de la población es inmigrante, los inmigrantes representan el 20.2 por ciento del autoempleo, 25 por ciento de los fundadores de nuevos negocios y 55 por ciento de los fundadores o cofundadores de empresas que alcanzan el valor de mercado de un billón de dólares (Vandor, 2021).

En el sector agroalimentario, la movilidad es un punto clave para garantizar la seguridad alimentaria de las naciones; esta última definida como el estado a través del cual las personas gozan, en todo momento, de acceso físico, social y económico a alimentos suficientes para cumplir con sus necesidades dietéticas y desarrollar una vida activa y saludable (United Nations, 2022).

Para tal propósito, el comercio internacional funge un papel crucial. La nación que mejor ejemplifica esto es Singapur, país que sólo produce 10 por ciento de los alimentos que consume, pero ocupa la tercera posición en el criterio de disponibilidad del Índice Global de Seguridad

Alimentaria (United Nations, 2022). Lo que le permite ocupar tal posición es su red comercial con 167 países que le proveen de alimentos (World Bank, 2021).

Los beneficios generados por la movilidad de capitales, personas y mercancías son evidentes. Sin embargo, efectos adversos también han sido consecuencia de una movilidad excesiva. La pandemia de Covid-19 es claramente un problema originado y agravado por los numerosos flujos que actualmente conducen la vida humana. Esta y otras amenazas exigen que la humanidad encuentre las formas para alcanzar una movilidad que pueda ser calificada como sustentable.

La sustentabilidad considera el cumplimiento de objetivos económicos, sociales y ambientales, mismos que desde una perspectiva teórica paradójica encuentran diversos puntos de tensión e incompatibilidad (Endregat & Pennink, 2021).

Frente a este desafío, el presente artículo tuvo como objetivo revisar, bajo el lente de un sector estratégico como el agroalimentario, algunos de los inconvenientes asociados con la movilidad y, al mismo tiempo, exponer algunas de las posibles soluciones para ellos.

La revisión se realizó por medio de un proceso estructurado típico que incluye definición de palabras o términos clave, búsqueda y selección de literatura y análisis de la misma (Saunders, Lewis & Thornhill, 2009).

Como tal, el término movilidad sustentable no suele ser empleado en el ámbito del sector agroalimentario. No obstante, existen diversas expresiones que aluden a la definición referida en la edición número 13 del Festival Internacional de la Imagen (FINI 2024): “La movilidad sustentable es un modelo de traslado de bajo consumo de carbono que, además de ser saludable, privilegia el elevar la calidad de vida urbana y el bienestar colectivo, así como la creación de espacios públicos confortables que favorezcan la convivencia ciudadana” (Gobierno de México, 2018). Las expresiones que se aproximan a esta definición y que establecieron el punto de partida del presente trabajo fueron: sustentabilidad, huella de carbono, recursos, optimización, eficiencia, maximización y precisión.

La búsqueda e identificación de literatura fue efectuada con base en los trabajos revisados, supervisados y publicados por el autor del presente capítulo. La finalidad de acudir al repositorio científico manejado por el autor es integrar conocimiento altamente asimilado por él, que refleje una auténtica perspectiva desde “el agro” de la movilidad sustentable. La literatura seleccionada incluyó trabajos con alcance mundial, pero también estudios con focalización nacional o regional. Los estudios emplean diversas metodologías, algunos basados en proyecciones y simulaciones construidas a partir de grandes bancos de datos, otros generados a partir de encuestas y algunos más basados en estudios de caso. Se incluyen hallazgos de diversos países, entre estos México, Estados Unidos, China, Suecia y Dinamarca.

El análisis de la literatura fue realizado con base en los principios de la Teoría Fundamentada (Glaser & Strauss, 1967). A través de procedimientos de codificación abierta, codificación axial y codificación selectiva (Strauss & Corbin, 1998), se examinaron los contenidos para identificar categorías que aluden al concepto de movilidad sustentable dentro del sector agroalimentario. Posteriormente, las categorías fueron jerarquizadas e integradas en ejes temáticos principales que representan las vías para promover una movilidad con cualidades de sustentabilidad. A partir de estas temáticas se construyó la visión desde “el agro” que propone el trabajo.

Visión desde el agro

La investigación desarrollada en torno al sector agroalimentario sugiere dos vías para promover una movilidad con cualidades de sustentabilidad. La primera vía consiste en limitar la movilidad fundamentalmente por

medio de dos estrategias: 1. Reduciendo la distancia física entre productores y consumidores de alimentos (circuitos cortos de comercialización), y 2. Privilegiando el uso de recursos locales en las tareas de producción (relocalización de la producción). Por su parte, la segunda vía sugiere que las mejores respuestas se pueden encontrar en una movilización más inteligente de los recursos necesarios para la producción, transformación y distribución de los alimentos.

Menor movilidad para lograr la sustentabilidad

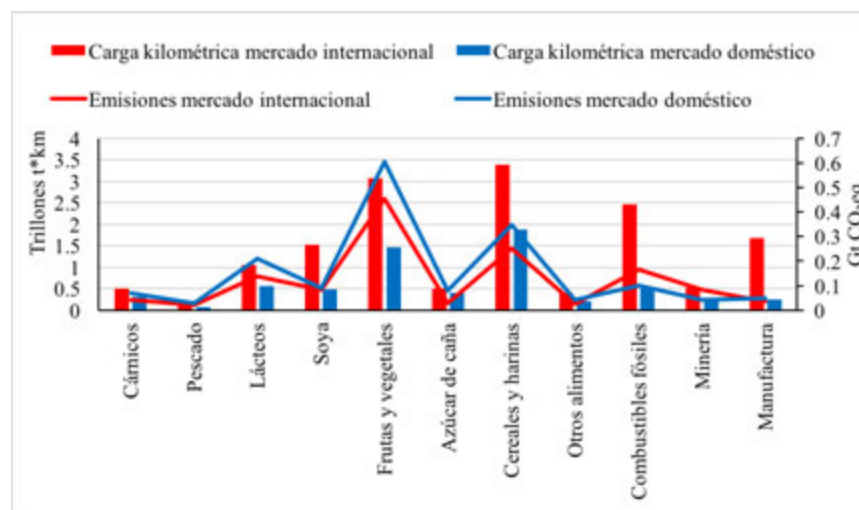
Circuitos cortos de comercialización

Entre productores y consumidores de alimentos suelen existir diversos actores y organizaciones intermediarias, y cientos, hasta miles, de kilómetros de distancia física (González-Ramírez et al., 2023). El concepto de *food miles* ha sido desarrollado para contabilizar la distancia recorrida por los alimentos, desde su producción hasta su consumo, y es medido a través del producto del número de toneladas transportadas y los kilómetros recorridos (t^*km). Un estudio reciente publicado por la revista *Nature Food* revela que, al considerar las cadenas agroalimentarias globales de manera entera, el *food miles* contabiliza 21.7 trillones de t^*km , de lo que 70.5 por ciento es atribuible al comercio internacional (Li et al., 2022). Como se aprecia en la figura 1, las frutas y vegetales, y los cereales y harinas, son los grupos de alimentos que más contribuyen al recorrido alimentario.

El distanciamiento entre las actividades de producción y las de consumo afecta al medio ambiente por el gasto de energía y la generación de emisiones contaminantes que implica el transporte de los alimentos. El *food miles* tiene como propósito central estimar este impacto ambiental.

Se estima que al ser producidos, transformados y distribuidos los alimentos generan una huella de carbono de 15.8 Gt de CO_2 equivalentes y, de esta cantidad, 3 Gt (19 por ciento) son atribuibles al transporte (Li et al., 2022). Como se observa en la figura 1, las frutas y vegetales son el grupo de alimentos mayormente responsable de las emisiones por transporte con alrededor de 35 por ciento de estas. En términos de emisiones, el comercio internacional de alimentos contribuye con 44 por ciento y el comercio doméstico con 56 por ciento.

Figura 1 Impacto ambiental del *food miles*



Fuente: elaborado a partir de los datos publicados por Li et al. (2022).

Ya sea a nivel internacional o nacional, el distanciamiento entre productores y consumidores de alimentos genera una serie de problemáticas económicas, ambientales y sociales. Los circuitos cortos de comercialización surgen como respuesta a dichos inconvenientes, hacen alusión al acortamiento de las cadenas alimentarias realizado en términos de proximidad geográfica, reducción de actores intermediarios o ambas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016). Para efectos de sustentabilidad y sus tres dimensiones, ambos tipos de acortamiento resultan relevantes.

El aspecto económico suele ser uno de los principales impulsores para integrar circuitos cortos de comercialización. La feroz competencia presente en los mercados internacionales suele deprimir las utilidades de los participantes en las cadenas agroalimentarias globales, especialmente las de los agricultores (Dias et al., 2019). Por este motivo, los agricultores con mayor espíritu emprendedor desarrollan e implementan estrategias de venta directa (Islas-Moreno et al., 2023). Al entregar su producto directamente al consumidor, los agricultores que desarrollan circuitos cortos incrementan sus ganancias al capturar los márgenes de utilidad que en las cadenas convencionales pertenecen a actores intermediarios como acopiadores, procesadores, distribuidores mayoristas y vendedores minoristas (Tsakiridis et al., 2021). Asimismo, la relación directa con los consumidores permite entender mejor sus necesidades, generar productos acordes y lograr la fidelización de los clientes y la estabilidad de las ventas (Sadovska et al., 2023).

Recortar el circuito comercial a través de la eliminación de actores intermediarios tiene evidentes ventajas económicas. No obstante, realizar el recorte en términos de distancia física entre productor y consumidor también las tiene. En la actualidad, el atributo de *localmente cultivado, o localmente elaborado*, es bien valorado por consumidores que prefieren los alimentos frescos, desean reducir la huella de carbono de su consumo y gustan de relacionarse estrechamente con los productores (García de la Cadena et al., 2017). Por lo tanto, el atributo de *hecho en la localidad* también retribuye en lo económico gracias a las preferencias de los consumidores modernos. En su estudio, realizado en Suecia, Sadovska et al. (2023) registran el testimonio de un productor de cerdos que ilustra el valor de lo local:

“Ahora nosotros tenemos nuestros propios clientes (consumidores). Ellos son más conscientes de lo que comen. También entregamos directamente a pequeñas tiendas minoristas y algunos restaurantes. Nosotros ganamos más al procesar nuestros propios productos. Las tiendas y restaurantes quieren carne de alta calidad y se preocupan menos por el precio que pagan”.

Para algunos investigadores (Syróvátková et al., 2015) el origen local es el alma de los circuitos cortos de comercialización. La definición de lo local se suele establecer mediante límites de distancia entre el lugar de producción o elaboración y el lugar de consumo. Por ejemplo, García de la Cadena et al. (2017) proponen la distancia de 150 kilómetros como umbral en la definición de alimento local.

Lo local, como atributo, es de especial interés en el sector agroalimentario, en el que predominan empresas de propiedad, administración y operación familiar, cuyos miembros se identifican fuertemente por generaciones con las comunidades en las que viven y trabajan (Stenholm & Hytti, 2014). Además, las familias empresarias del sector agroalimentario se distinguen por buscar la generación de beneficios sociales y ambientales para sus comunidades, incluso por encima de la generación de rentabilidad económica para su organización (Barth et al., 2021). Es así como la combinación del sector agroalimentario y el carácter local se erige como fuente de beneficios ambientales, sociales y, por tanto, de sustentabilidad.

En el aspecto ambiental es evidente que los circuitos cortos de comercialización resultan benéficos, debido a la reducción de distancias de transporte y la consecuente disminución de contaminación y gasto de energía (Li et al., 2022). En su estudio sobre mercados de productores [espacios de comercialización y encuentro entre agricultores y pequeños transformadores de alimentos locales con consumidores preferentemente urbanos (García de la Cadena et al., 2017)], Zavaleta-González et al. (2022) encontraron que la contribución a la conservación del medio ambiente fue uno de los principales motivos por los cuales productores y consumidores participan en este tipo de esquemas. Entre los agricultores y transformadores de alimentos, 28 por ciento manifestaron participar motivados por cuidar al medio ambiente y, entre los consumidores, 24 por ciento lo mencionaron.

Otra contribución de los circuitos cortos en materia ambiental es que permiten verificar la realización de prácticas asociadas a la agricultura orgánica, agroecología y bienestar animal (FAO, 2015). Los consumidores lo constatan a través del estrecho contacto con los productores.

En su estudio sobre modelos de negocio que logran transitar de la convencionalidad a la sustentabilidad, Sadovska et al. (2023) expone el caso de un ganadero que integró prácticas de cuidado al medio ambiente y bienestar animal como la incorporación del libre pastoreo, camas de descanso para los animales, y alimentación basada en forrajes orgánicos locales. Al comienzo, el ganadero utilizó etiquetas, certificaciones y anuncios para comunicar tales atributos. Posteriormente, bastó con el contacto directo con los consumidores para lograr transmitir las cualidades ecológicas de sus productos.

Es importante señalar que el hecho de que un producto agropecuario sea local no necesariamente significa que fue producido sustentablemente por medio de prácticas como la agricultura orgánica, la agroecología o la agricultura regenerativa (Remar et al., 2016). Sin embargo, como ya ha sido mencionado, el hecho de que sea local asegura que no se genera contaminación y gasto de energía adicional por traslados más largos, lo cual no se asegura, por ejemplo, a través de la agricultura orgánica. Un productor jalisciense de arándanos orgánicos dio cuenta de esto al compartir su testimonio en octubre de 2019:

“Si me preguntas a mí, pienso que lo orgánico no es sustentable. Un producto orgánico contamina más que un producto convencional. La huella de carbono en orgánico es más alta porque se ocupan insumos que es necesario traer desde más lejos. Por ejemplo, yo traigo proteína de pescado desde California”.

Finalmente, los circuitos cortos de comercialización cumplen con el criterio de sustentabilidad al generar también beneficios sociales. Los casos analizados en Suecia, en el estudio de Sadovska, Fernqvist y Barth (2023) ejemplifican varios de los beneficios sociales que derivan de la integración de circuitos cortos. En primer lugar, los agricultores ganan control sobre su producto y sus procesos, esto les permite ser creativos, experimentar e incluso desarrollar marcas propias, aspectos que no son posibles cuando los agricultores dependen de los estándares establecidos por los acopiadores, procesadores y distribuidores de las cadenas convencionales.

En segundo lugar, cuando los agricultores establecen circuitos cortos de comercialización contribuyen al desarrollo de su comunidad a través de diferentes vías como: 1. La activación de la mano de obra y el conocimiento local (incluyendo el de universidades y profesionales); 2. La integración del cliente en dinámicas de cocreación de productos y procesos; 3. La colaboración con otras empresas locales; 4. El fortalecimiento de la identidad de la comunidad al desarrollar productos vinculados con su origen territorial; 5. La inversión en activos tangibles que expanden la capacidad de producción dentro del territorio; 6. El desarrollo de productos

con características particulares demandadas por los miembros de la localidad; y 7. Un mayor involucramiento de los agricultores con las personas y dinámicas pertenecientes al lugar donde viven (Sadovska et al., 2023).

Cabe señalar que los consumidores también valoran los beneficios sociales que genera el consumo de alimentos locales. Esto queda manifiesto en el estudio de Zavaleta-González et al. (2022), en el que se encuestó a clientes habituales en mercados de productores. De acuerdo con los autores, 32 por ciento de los consumidores dice adquirir sus alimentos directamente de los productores, aunque no sean más baratos, porque lo ven como una manera de contribuir al desarrollo de su región. Asimismo, según el estudio, los consumidores perciben como actividad recreativa poder conversar y mantener relación con las personas que directamente producen o elaboran los alimentos.

Relocalización de la producción

La relocalización de la producción es otro medio para favorecer la sustentabilidad a partir de la reducción de la movilidad. En términos económicos, la relocalización se define como el retorno a las localidades de origen de las operaciones de manufactura y servicio previamente deslocalizadas (llevadas hacia el exterior) (Gupta et al., 2023).

En la esfera agroalimentaria, la relocalización de la producción surge por la preferencia hacia el uso de recursos locales debido a los beneficios que esto genera en los aspectos económico, ambiental y social. Conceptos como agricultura regenerativa, bricolaje espacial y emprendedores retornantes ilustran exhaustivamente el valor de los recursos encontrados en el contexto inmediato.

La agricultura regenerativa es una filosofía de raíz indígena con base en la cual se cultivan alimentos y fibras de manera armoniosa con los ciclos naturales y las personas que se inscriben dentro de un territorio, de manera que los recursos naturales y sociales persisten y conservan su potencial a lo largo del tiempo (Sharma et al., 2022). En su reporte “Agricultura Regenerativa: Política Agropecuaria para el Siglo XXI”, el Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (NRDC por sus siglas en inglés) expone cinco principios y 18 prácticas de agricultura regenerativa que enfatizan en preservar la salud del suelo y aprovechar de manera armoniosa y equilibrada los recursos locales. El reporte presenta los resultados de las entrevistas realizadas a 113 agricultores y ganaderos regenerativos de Estados Unidos.

En términos de movilidad, fundamentalmente, la agricultura regenerativa contribuye a la sustentabilidad mediante la reducción o eliminación del uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas de síntesis química, los cuales son producidos y distribuidos desde lugares distantes. Los agricultores regenerativos entrevistados por el NRDC mencionaron diversas prácticas para reducir o eliminar la dependencia hacia agroquímicos externos. Para fertilizar emplean estiércol, compostas y residuos vegetales de cosechas anteriores; para controlar plagas diversifican los cultivos y así favorecen la proliferación de insectos benéficos, e inhiben las malezas por medio de cultivos de cobertura (por ejemplo: frijol, garbanzo o chicharos) que impiden que germinen las semillas de las hierbas indeseables (Sharma et al., 2022).

La reducción o eliminación del uso de agroquímicos conduce a diversos beneficios económicos, ambientales y sociales. En principio, representa un ahorro para los agricultores y una estrategia para no depender de los altamente fluctuantes precios de los insumos químicos, los cuales se fijan en función de la oferta y la demanda internacionales, y con base en el valor del dólar estadounidense. Por otro lado, la ausencia de componentes químicos permite preservar la sanidad de suelo y agua, así como reestablecer la biodiversidad microbiana, de insectos y de fauna silvestre. “Durante este tiempo (practicando agricultura regenerativa) algunas plantas

nativas volvieron a crecer, he visto crecer orquídeas que no había visto antes y han regresado aves que tenía mucho que no veía”, manifiesta un agricultor y ganadero entrevistado por NRDC. Asimismo, el no utilizar insumos químicos evita que los trabajadores del campo se expongan a componentes nocivos para su salud, y ayuda a que los agricultores cultiven alimentos nutricionalmente ricos y sin riesgos para la salud de los consumidores.

Los beneficios de la agricultura regenerativa son verdaderamente importantes. Se estima que, si la agricultura comercial migrara al esquema regenerativo, tan sólo en Estados Unidos, las tierras agrícolas serían capaces de capturar 250 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalentes por año (Sharma et al., 2022). Esta cantidad representa 86 por ciento del total de emisiones generadas anualmente por la agricultura estadounidense.

El bricolaje espacial es otro concepto que promueve el empleo de los recursos encontrados en el contexto inmediato. En su sentido más clásico, el bricolaje hace referencia al aprovechamiento de los recursos “a la mano” (Levi-Strauss, 1966). Dentro del campo empresarial, el bricolaje se concibe como la generación de oportunidades de negocio a partir de recursos que ya se poseen y que tienen un bajo o nulo valor de intercambio (Baker & Nelson, 2005). Por su parte, el bricolaje espacial se define como “hacer las cosas combinando creativamente los recursos a la mano en el lugar para generar nuevas oportunidades” (Korsgaard et al., 2021).

El bricolaje espacial es particularmente importante cuando se tiene como objetivo promover el desarrollo de áreas periféricas; es decir, aquellas áreas con restringido acceso al conocimiento, tecnología, capital humano, financiamiento, clientes, servicios, instituciones e infraestructuras (Tödtling et al., 2011). En su investigación, basada en 28 casos de estudio en Dinamarca, Korsgaard et al. (2021) hallaron tres mecanismos para hacer frente a la escasez en áreas desfavorecidas: 1. El abastecimiento local; 2. La integración de historias locales en los productos o servicios para volverlos más atractivos, y 3. El involucramiento de la comunidad local en las tareas de producción y venta. Los tres mecanismos se asocian con el mayor y mejor aprovechamiento de lo local.

La perspectiva del bricolaje espacial, aplicada al sector agroalimentario y a las áreas rurales, suma al significado de aprovechar lo local y los beneficios que de ello se desprenden (suma a lo visto bajo la guía del concepto de agricultura regenerativa). Por ejemplo, los tres mecanismos identificados por Korsgaard et al. (2021) revelan que la producción focalizada en lo local desarrolla la creatividad de los habitantes de un lugar para encontrar nuevos usos en sus recursos, moviliza recursos intangibles como el patrimonio histórico y los símbolos culturales, y afianza el arraigo, el apego emocional y el espíritu de colaboración de las personas que conforman las comunidades.

Un hallazgo por demás interesante del estudio de Korsgaard et al. (2021) es que existe un mayor deseo de aprovechar lo local y contribuir al desarrollo de la comunidad cuanto más remotos, de difícil acceso y poco poblados son los lugares: “Juntos somos mejores, juntos podemos hacer de este un mejor lugar”, expresa uno de los 28 emprendedores abordados en el estudio.

Retener a la población en los territorios, especialmente a personas que se distinguen por su espíritu emprendedor y su apego emocional con el lugar, es esencial para impulsar el desarrollo. Personas con tales características despliegan actividad empresarial en el lugar, aun cuando tienen a su alcance oportunidades económicamente más rentables (Kibler et al., 2015), y es más probable que establezcan empresas que procuran la protección ambiental y la justicia social (Shrivastava & Kennelly, 2013). Por eso, los emprendedores retornantes son el tercer componente utilizado para exponer los aportes a la sustentabilidad de reducir la movilidad, esta vez haciendo énfasis en la movilidad del recurso humano.

Primero es importante resaltar algunos de los perjuicios sufridos por las personas que no encuentran

oportunidades de sustento para ellas y su familia en sus territorios de origen. En el ámbito agroalimentario mexicano se estima que existen alrededor de 1.2 millones de trabajadores (comúnmente llamados jornaleros) que migran, generalmente, desde estados del sureste (Oaxaca, Guerrero, Veracruz y Chiapas, principalmente) con destino a las regiones del país (bajío, occidente y norte) que concentran la agricultura intensiva y exportadora (Rangel Zaragoza et al., 2021). Si bien la entrada en vigor, en 2020, del nuevo tratado comercial con Estados Unidos y Canadá (TMEC) ha presionado a México para garantizar el trabajo digno entre los trabajadores agrícolas, la realidad es que los migrantes, especialmente, trabajan bajo condiciones laborales deplorables.

La condición de migrantes coloca a los trabajadores del campo en situaciones de alta vulnerabilidad laboral. De entrada, no gozan de estabilidad en el empleo, pues generalmente carecen de un contrato laboral que los vincule con el empleador, y cuando el contrato existe suele ser temporal, porque la demanda de trabajo depende de la temporalidad de los cultivos, sobre todo de las cosechas cuya durabilidad oscila entre tres y cuatro meses (Rangel-Zaragoza et al., 2022). La temporalidad del empleo obliga a los jornaleros a migrar constantemente y les impide gozar de una residencia (Garrapa, 2019) y de los beneficios de generar antigüedad laboral (Barrón Pérez, 2019).

En su estudio, basado en una encuesta aplicada a 124 trabajadores agrícolas en el Valle de San Quintín, Rangel-Zaragoza et al. (2022) hallaron una antigüedad laboral promedio de 23 meses. Este dato evidencia la inestabilidad laboral sufrida por los jornaleros migrantes.

Frecuentemente, los trabajadores agrícolas, en especial los migrantes, no cuentan con las prestaciones y condiciones mínimas de trabajo digno (OIT, 2018). La gran mayoría no recibe las prestaciones de salud y seguridad social que ofrece el IMSS, apenas 275 mil jornaleros cuentan con la afiliación, cifra que representa tan sólo 8.6 por ciento de la totalidad de trabajadores agrícolas en México (Rangel Zaragoza et al., 2021).

En cuanto a vivienda, a menudo, los jornaleros son instalados en cuarterías o campamentos, estos últimos en condiciones de hacinamiento e higiene deplorable (Rangel-Zaragoza et al., 2022). Además, de acuerdo con la última Encuesta Nacional de Jornaleros (SEDESOL, 2009), 91 por ciento de los trabajadores migrantes manifestó laborar bajo condiciones inapropiadas; 22 por ciento aseguró haber sido víctima de acoso, violencia o discriminación, y 34 por ciento dijo haber sufrido un accidente mientras trabajaba. Cabe destacar que las mujeres jornaleras son las más perjudicadas debido al salario desigual que reciben: en promedio, tres dólares menos que los hombres, por jornada (Rangel-Zaragoza et al., 2022), y son las víctimas más frecuentes del acoso laboral, la desprotección social y la discriminación (Posadas Segura, 2018).

La migración masiva por la búsqueda de empleo no sólo afecta a las comunidades expulsoras que pierden valioso capital humano, sino también a las comunidades receptoras que enfrentan desafíos importantes asociados con la alta demanda de vivienda y servicios públicos esenciales. Por eso, diversos esfuerzos de política pública son desplegados a lo largo y ancho del planeta, con el fin de reducir la expulsión masiva de capital humano y promover la relocalización de las actividades productivas en las áreas que más lo necesitan. En la esfera agroalimentaria mexicana, programas públicos como Producción para el Bienestar, Sembrando Vida y Precios de Garantía persiguen este objetivo.

En otras partes del mundo, por ejemplo, en China, el gobierno ha promovido el regreso de los migrantes a su lugar de origen para que desarrollen negocios y funjan como líderes del desarrollo. El trabajo de Zhang et al. (2023) expone los resultados de los esfuerzos desplegados, encontrando que los migrantes convertidos en emprendedores retornantes mejoraron las condiciones de su lugar de origen en términos de empleo, seguridad social, infraestructuras, preservación del medio ecológico, desarrollo industrial y estatus económico colectivo.

Además, el estudio resalta que los emprendedores que regresan tienen un fuerte apego emocional con su lugar de origen y, por tanto, difícilmente encuentran motivos para trasladar sus negocios y su talento a otra parte.

El estudio de Zhang et al. (2023) se basa en tres casos de éxito en las provincias chinas de Shanxi, Qinghai y Jiangsu. En Shanxi se estableció una cooperativa para la producción, procesamiento y comercialización de jujube, un fruto local dulce y rico en vitamina C. En Qinghai se creó una empresa que combina la producción de una baya china, la elaboración de té y el turismo. Por su parte, en Jiangsu se innovó con la generación de contenido en redes sociales y el comercio electrónico de productos gastronómicos. Los casos coinciden en tres puntos: primero, se encontró que los trabajadores agrícolas migrantes acumulan capital humano y económico durante sus travesías, mismo que resulta valioso combinar con los lazos familiares y conexiones geográficas que tienen en sus lugares de origen; segundo, el gobierno permitió que el liderazgo fuera asumido por los emprendedores retornantes y su contribución fue importante en asuntos auxiliares como la introducción de tecnologías de telecomunicación, inversión en infraestructuras estratégicas asociadas con logística y cadena de frío, y acompañamiento para la certificación de calidad de los alimentos y para la celebración de contratos de compra-venta con corporativos.

Finalmente, coincide que en las tres provincias chinas el retorno de los agricultores migrantes ha generado beneficios que van más allá del sentido económico y que, por tanto, son ejemplo de sustentabilidad. En los casos se reestablecieron plantaciones de árboles locales, se formalizaron cooperativas para promover el esfuerzo colectivo, se instauró una planta de fertilizante orgánico, se mejoraron los ingresos de los lugareños hasta superar la línea de pobreza relativa, se establecieron comedores que brindan alimentos gratuitos a personas mayores de 70 años, se restauraron caminos, se desarrollaron áreas verdes y parques recreativos y de descanso, se diversificó la economía al impulsar el turismo, se incluyó a minorías étnicas, se desarrollaron parques científico-tecnológicos en los que participan jóvenes universitarios, se implantaron calles culturales, se instalaron faros solares de alumbrado público, se reubicaron hogares ubicados en zonas altamente propensas a desastres naturales, y, en general, se motivó a decenas de emprendedores para que comenzaran sus propios negocios.

Movilidad más inteligente para lograr la sustentabilidad

La movilización estratégica de recursos puede conducir a los resultados necesarios para conformar un sistema agroalimentario sustentable. Los sistemas agrícolas actuales han sido localizados en función de variables socioeconómicas y no con base en aptitudes ecológicas de los lugares. Es decir, las decisiones sobre qué producir y en dónde producir se han basado en criterios como los precios de la tierra cultivable y la mano de obra, el acceso a mercados y la existencia de incentivos institucionales (Islam et al., 2020). Y, en menor medida, las decisiones de producción han sido basadas en las cualidades naturales que ofrece cada lugar, como el tipo de suelo, temperatura y temporalidad de las lluvias. Como consecuencia, la humanidad se ha visto en la necesidad de convertir casi la mitad del suelo libre de hielo del planeta en tierras de cultivo para asegurar el abasto de alimentos (Ellis et al., 2010).

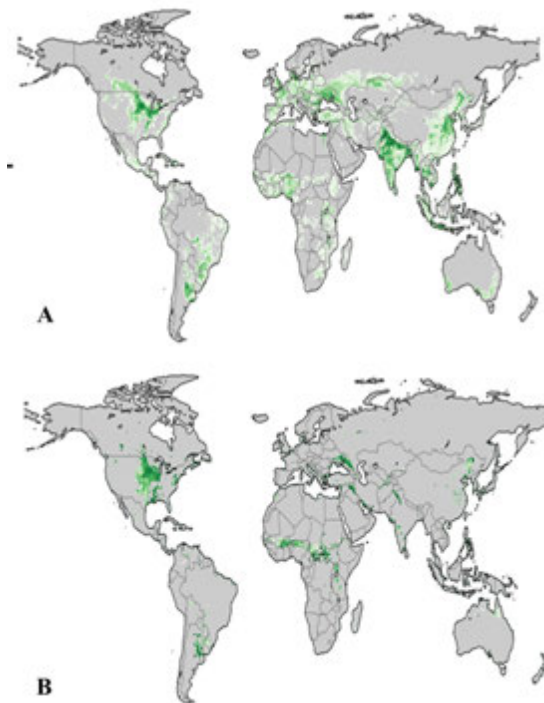
La subóptima localización de los sistemas productivos agrícolas ha colocado a la agricultura como una de las principales fuentes de impacto ambiental antropogénico. La expansión de la agricultura, y su daño a los suelos y a la vegetación natural de los sitios, ha conducido a una liberación elevada de carbono a la atmósfera (Sanderman et al., 2017) y a la pérdida masiva de hábitats y su biodiversidad (Dudley & Alexander, 2017).

Además, los sistemas agrícolas actuales son responsables del 70 por ciento del consumo humano de agua dulce (Gleick et al., 2012). Frente al impacto que produce la agricultura en su configuración actual, se han estudiado nuevas formas de distribución de la producción agrícola.

El estudio de Beyer et al. (2022) publicado en la revista *Communications Earth and Environment de Nature Portfolio*, analiza una distribución óptima que maximiza los rendimientos de la agricultura, al mismo tiempo que minimiza la huella de carbono, la pérdida de biodiversidad y las necesidades de riego. El análisis se basa en un modelo de optimización lineal de un millón de dimensiones que considera las condiciones climáticas presentes e incluye los 25 cultivos más importantes a nivel mundial (bananas, algodón, palma de aceite, arroz, camote, chicharos, mijo, soya, hierbas aromáticas para té, yuca, ejote, plátano, remolacha azucarera, tabaco, coco, maní, papa, caña de azúcar, trigo, café, maíz, canola, girasol y batata), mismos que concentran 77 por ciento de las tierras cultivadas en el planeta.

De acuerdo con el estudio de Beyer et al. (2022), la agricultura altamente mecanizada e intensiva en el uso de insumos como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas, podría ser redistribuida mundialmente en áreas óptimas que incluyen el medio oeste de Estados Unidos, la banda longitudinal al sur de la zona del Sahel en el África subsahariana, el noreste de Argentina y el noreste de China (figura 2). El estudio estima que, si esta redistribución se efectuara, la liberación de carbono a la atmosfera se reduciría 71 por ciento con respecto de las emisiones actuales, la pérdida de biodiversidad disminuiría 87 por ciento y los cultivos no requerirían de riego, pues bastaría con las lluvias del temporal. Además, el área necesaria sería el 48 por ciento de la actualmente cubierta por los cultivos.

Figura 2. Distribución actual (A) y redistribución óptima (B) de la producción agrícola



Fuente: extraído del estudio de Beyer et al. (2022).

Relocalizar la agricultura mundialmente requeriría de una orquestación global que no se percibe posible, al menos en el corto y mediano plazo. Existen desafíos comerciales, políticos y sociales que lo dificultan. Frente a esta realidad, Beyer et al. (2022) proponen también una redistribución nacional de la agricultura, es decir, que cada país realice la redistribución óptima al interior de sus fronteras. Con esta relocalización se estima que la liberación de carbono se reduciría 59 por ciento y la pérdida de biodiversidad 77 por ciento, mientras que solamente 0.6 por ciento de las áreas requerirían riego para mantener los niveles de producción actual. Sin duda, una relocalización de la agricultura, calculada a partir de información ecológica de los sitios, beneficiaría enormemente al planeta y a quienes lo habitamos.

La movilización óptima de recursos para contribuir a la sustentabilidad del sector agroalimentario no puede provenir únicamente de esfuerzos de orquestación mundial o nacional, también las organizaciones pueden contribuir desde lo individual. Las llamadas empresas AgriTech son agroalimentarias adheridas al paradigma 4.0 que incorpora tecnologías digitales, la búsqueda de la máxima eficiencia, el foco en el cliente, el acortamiento de las cadenas de suministro y la atención en la sustentabilidad (Rialti et al., 2022), ejemplifican cómo las tecnologías de vanguardia pueden conciliar los objetivos económicos, sociales y ambientales dentro del sector agroalimentario. En términos de movilidad inteligente que promueve la sustentabilidad, existe una empresa que destaca con claridad, se trata de Indigo Agriculture (en adelante Indigo Ag).

Indigo Ag fue fundada en 2014 y tres años después, en 2017, alcanzó la denominación de empresa unicornio, es decir, que alcanza un valor de mil millones de dólares en menos de diez años sin tener presencia en la bolsa de valores (Lee, 2013). Se trata de la primera empresa agroalimentaria que alcanza tal distinción. Además, Consumer News and Business Channel (CNBC) listó en 2019 a Indigo Ag como la empresa más disruptiva a nivel mundial.

El negocio de Indigo Ag consiste en generar soluciones con base en el microbioma vegetal, definido como el conjunto de microorganismos que influyen en la nutrición, crecimiento y sanidad de los cultivos agrícolas (Loeza Joachin, 2022). Las soluciones basadas en el microbioma vegetal contribuyen a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible promovidos por Naciones Unidas, porque disminuyen los requerimientos de fertilizantes y plaguicidas en los cultivos (Santos et al., 2021).

En la tesis de Loeza Joachin (2022), en la cual participé como revisor, se estudia el modelo de negocios de Indigo Ag. La empresa genera sus soluciones basadas en microbioma vegetal mediante un proceso que integra diferentes tecnologías de vanguardia. Primero, un grupo de científicos recorre diversas áreas de cultivo con el fin de identificar plantas con desarrollo sobresaliente, para llevarlas a laboratorio y realizar la secuenciación genómica de los microorganismos asociados a ellas. En segundo lugar, se aplica biología computacional y aprendizaje automático para modelar los ambientes y los cultivos en los que los microorganismos pueden expresar mejor su potencial. Después, los consorcios microbianos son reproducidos mediante fermentación de precisión y se prueba su efecto en invernaderos. Luego, se realizan pruebas a escala comercial con el apoyo de agricultores asociados. Una vez validado el efecto, se acuerda con los fabricantes de semillas la aplicación del tratamiento microbiano a estas, antes de su envío a los agricultores. Finalmente, Indigo Ag monitorea los cultivos por medio de imágenes satelitales y la colecta en campo de datos como rendimientos, estado fenológico de las plantas y presencia de plagas y enfermedades. Toda esta información es integrada en un atlas con base en el cual se realizan pronósticos y ayuda para la mejora continua de los productos microbianos.

A través de su compleja red de dinámicas potenciadas con tecnologías de vanguardia, Indigo Ag moviliza inteligentemente los recursos que ofrece el microbioma vegetal para aplicar los consorcios microbianos en los cultivos correctos y los lugares adecuados.

El modelo de negocio de la empresa contribuye a la sustentabilidad por otras dos vías: una es por medio de los bonos de carbono que son vendidos a empresas contaminantes y, con el dinero recibido, se premia a los agricultores que realizan prácticas regenerativas y secuestran carbono en el suelo. La segunda vía es la plataforma de Marketplace de la empresa, por medio de la cual logra gestionar ventas sin intermediarios y con identidad preservada. Esto quiere decir que las transacciones de compra-venta se realizan directamente entre agricultores y la industria alimentaria, y que el agricultor obtiene el mayor precio posible por su producción, y la empresa alimentaria, la calidad y garantías de trazabilidad deseadas. Al conectar de manera directa las mejores alternativas de compra y venta de productos agrícolas, Indigo Ag elimina todas las operaciones que intermedian normalmente las transacciones y sus respectivas emisiones contaminantes.

Claramente, el modelo de negocios de Indigo Ag genera importantes beneficios que recaen en la dimensión social. A través de sus procesos de innovación, la empresa favorece, al menos, a dos grupos sociales relevantes: el primero está conformado por los consumidores, porque para ellos se producen alimentos ambientalmente amigables y con mucho menor riesgo de presencia de moléculas y componentes nocivos para su salud; el segundo grupo es el de los agricultores, quienes se benefician al encontrar al mejor cliente para su producción y vender al mayor precio posible.

Los productos de Indigo Ag también reducen su vulnerabilidad frente a la alta fluctuación de precios de agroinsumos como los fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y estimulantes. El menor empleo de estos insumos de síntesis química reduce el riesgo al que están expuestos los agricultores cuando los aplican. Finalmente, los agricultores se benefician del esquema de riesgo compartido de Indigo Ag. Al momento de introducir los productos de la empresa, los agricultores sólo los pagan si ven mejorada su productividad.

Conclusiones

Son evidentes los beneficios que para la humanidad ha generado la movilidad de capitales, personas y mercancías. En general, la movilidad ha traído riqueza, desarrollo tecnológico y mejores condiciones de vida para la mayoría de quienes habitamos el planeta. No obstante, la propia evolución del pensamiento y la consciencia humana nos conducen a reflexionar si es apropiada la manera en que movilizamos los recursos disponibles para generar los bienes y servicios que necesitamos.

En el ámbito del sector agroalimentario, sector que nos proporciona bienes de primera necesidad, existen perspectivas que alientan el desarrollo de sistemas alimentarios basados en la consciencia, la eficiencia y la armonía con los ciclos de la naturaleza. Se ha probado que existen, al menos, dos vías para conciliar los anhelos actuales de crecimiento económico, progreso social y restauración ambiental: la primera nos invita a movernos menos y mover menos. Los circuitos cortos de comercialización promueven que productores y consumidores interactuemos de forma directa, de manera que la compra-venta de alimentos se realice minimizando los requerimientos de transporte y gasto de energía, y se impulse el desarrollo económico y social de las regiones que habitamos.

Por su parte, la relocalización de las tareas de producción estimula el aprovechamiento de los recursos materiales y humanos que ofrece el contexto inmediato. Lo hecho localmente parece estar ganando preferencia entre consumidores cada vez más atentos al origen y repercusiones de la composición y la elaboración de sus alimentos. En sentido amplio, moverse menos y mover menos significa para los agricultores producir aprovechando los recursos disponibles dentro de su territorio, dependiendo menos de recursos externos, y,

en el mismo sentido, priorizar la satisfacción de necesidades de consumo local al orientar sus esfuerzos de comercialización a clientes resididos en el contexto inmediato.

La segunda vía para lograr una movilidad sustentable en la esfera agroalimentaria nos sugiere movernos más inteligentemente. Los asombrosos avances científicos y tecnológicos amplían las posibilidades con las que cuenta la humanidad para optimizar procesos de todo tipo, incluidos los implicados en la producción, transformación y distribución de alimentos. Hoy en día es posible identificar las zonas más apropiadas para producir nuestros alimentos de manera suficiente, con mínimo impacto ambiental y, prácticamente, sin necesidad de incorporar riego. El desafío se encuentra en orquestar, global o nacionalmente, la reubicación de los cultivos a las zonas con condiciones ecológicas más favorables.

Por otro lado, desde el plano individual, las empresas denominadas AgroTech innovan sus modelos de negocio, de manera que, a partir de la convergencia de diversas tecnologías de vanguardia, optimizan recursos y maximizan los beneficios generados en materia económica, social y ambiental.

En relación con el liberalismo clásico, la movilidad sustentable puede ser vista como un enfoque que coloca restricciones a la libertad individual y a su sentido más puro de libre elección. Por ejemplo, dentro del ámbito del sector agroalimentario, pudiera percibirse que se vulnera la libertad de consumir alimentos producidos a kilómetros de distancia, de emplear insumos especializados de procedencia externa para la producción agrícola, o de elegir el cultivo a producir y la tecnología a implementar con base en convicciones personales. Sin embargo, es importante considerar a la movilidad sustentable como resultado de una libertad más consciente, más moderna y con mejores herramientas para auxiliar las elecciones individuales. Esta libertad logra un significado más auténtico al contribuir notablemente a alcanzar permanentemente el bien vivir de la especie humana.

Referencias

- Baker, T., y Nelson, R. E. (2005). Creating Something from Nothing: Resource Construction through Entrepreneurial Bricolage. *Administrative Science Quarterly*, 50(3), 329-366. <https://doi.org/10.2189/asqu.2005.50.3.329>.
- Barrón Pérez, M. A. (2019). Migración y salarios, efectos contradictorios entre los jornaleros agrícolas de San Quintín, Baja California. *Textual*, 74, 353-390. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2019.74.11>.
- Barth, H., Ulvenblad, P., Ulvenblad, P. O., y Hoveskog, M. (2021). Unpacking sustainable business models in the Swedish agricultural sector-the challenges of technological, social and organisational innovation. *Journal of Cleaner Production*, 304, 127004. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127004>.
- Beyer, R. M., Hua, F., Martin, P. A., Manica, A., y Rademacher, T. (2022). Relocating croplands could drastically reduce the environmental impacts of global food production. *Communications Earth and Environment*, 3(49), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00360-6>.
- Consumer News and Business Channel. (2019). *Disruptor 50 companies 2019*. <https://www.cnbc.com/2019/05/15/meet-the-2019-cnbc-disruptor-50-companies.html>.
- Dias, C. S. L., Gouveia Rodrigues, R., y Ferreira, J. J. (2019). What's new in the research on agricultural entrepreneurship? *Journal of Rural Studies*, 65(September), 99-115. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.11.003>.
- Dudley, N., y Alexander, S. (2017). Agriculture and biodiversity: a review. *Biodiversity*, 18, 45-49. <https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892>.

- Ellis, E. C., Goldewijk, K. K., Siebert, S., Lightman, D., y Ramankutty, N. (2010). Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 589-606. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x>.
- Endregat, N., y Pennink, B. (2021). Exploring the Coevolution of Traditional and Sustainable Business Models: A Paradox Perspective. *Journal of Business Models*, 9(2), 1-21. <https://doi.org/10.5278/jbm.v9i2.6088>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *The State of Agricultural Commodity Markets 2015-16. Trade and food security: achieving a better balance between national priorities and the collective good*. Food and Agriculture Organization of the United Nations; Rome.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Memoria del taller de intercambio de experiencias en Cadenas Cortas Agroalimentarias (Primera)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Roma.
- García de la Cadena, M., Saltijeral Giles, J. L., y Sosa Clavijo, S. M. (2017). *Guía para el desarrollo de mercados de productores*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Roma.
- Garrapa, A. M. (2019). Jornaleros agrícolas y corporaciones transnacionales en el Valle de San Quintín. *Frontera Norte*, 31(6), 1-24. <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2018>.
- Giddens, A. (2000). *The Third Way and its Critics*. Polity.
- Glaser, B., y Strauss, A. (1967). *The discovery of ground theory: strategies for qualitative research*. Aldine Transaction.
- Gleick, P. H., Allen, L., Christian-Smith, J., Cohen, M. J., Cooley, H., Heberger, M., Morrison, J., Palaniappan, M., y Schulte, P. (2012). *The World's Water Volume 7*. Island Press; Washington.
- Gobierno de México. (2018). *¿Qué es la movilidad sustentable?* <https://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/que-es-la-movilidad-sustentable?idiom>.
- González-Ramírez, M. G., Santoyo-Cortés, V. H., Arana-Coronado, J. J., Muñoz-Rodríguez, M., y Albis-Salas, N. (2023). Global traders and the integration of Chile and Mexico into the configuration of the global value chain of berries. *International Food and Agribusiness Management Review*, 26(2), 225-241. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2021.0152>.
- Gupta, S., Wang, Y., y Czinkota, M. (2023). Reshoring: A Road to Industry 4.0 Transformation. *British Journal of Management*, 34, 1081-1099. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12731>.
- Islam, M., Jannat, A., Ratan Dhar, A., y Ahamed, T. (2020). Factors determining conversion of agricultural land use in Bangladesh: farmers' perceptions and perspectives of climate change. *GeoJournal*, 85(2), 343-362. <https://doi.org/10.1007/s10708-018-09966-w>.
- Islas-Moreno, A., Muñoz-Rodríguez, M., Santoyo-Cortés, V. H., Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., y Morris, W. (2023). Understanding the process of agricultural entrepreneurship: perspective from strategic movements and entrepreneurial families. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 13(2), 323-341. <https://doi.org/10.1108/jadee-08-2021-0202>.
- Kibler, E., Fink, M., Lang, R., y Muñoz, P. (2015). Place attachment and social legitimacy: Revisiting the sustainable entrepreneurship journey. *Journal of Business Venturing Insights*, 3, 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2015.04.001>.
- Kiely, R. (2007). Poverty reduction through liberalisation? Neoliberalism and the myth of global convergence. *Review of International Studies*, 33, 415-434. <https://doi.org/10.1017/S0260210507007589>.

- Korsgaard, S., Müller, S., y Welter, F. (2021). It's right nearby: how entrepreneurs use spatial bricolage to overcome resource constraints. *Entrepreneurship and Regional Development*, 33(1-2), 147-173. <https://doi.org/10.1080/08985626.2020.1855479>.
- Lee, A. (2013). *Welcome To The Unicorn Club: Learning From Billion-Dollar Startups*. <https://techcrunch.com/2013/11/02/welcome-to-the-unicorn-club>.
- Levi-Strauss, C. (1966). *The Savage Mind*. University of Chicago Press.
- Li, M., Jia, N., Lenzen, M., Malik, A., Wei, L., Jin, Y., y Raubenheimer, D. (2022). Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions. *Nature Food*, 3(6), 445-453. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00531-w>.
- Loeza Joachin, J. (2022). *Estrategia y modelo de negocios de empresas del microbioma vegetal* (tesis de maestría). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Palmer, T. G. (2010). Classical Liberalism, Poverty, and Morality. En W. Galston y P. Hoffenberg (Eds.), *Poverty and Morality: Religious and Secular Perspectives* (pp. 83-114). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511779084.006>
- Posadas Segura, F. (2018). Mercado de trabajo de los jornaleros agrícolas en México. *Región y Sociedad*, XXX(72), 1-25. <https://doi.org/10.22198/rys.2018.72.a885>.
- Rangel-Zaragoza, J. L., Fuentes-Flores, N. A., Aguilar-Ávila, J., Valdivia-Alcalá, R., y Leos-Rodríguez, J. A. (2022). Preferencias laborales en un enclave agroexportador hortofrutícola de Baja California, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 19(3), 331-349. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i3.1377>.
- Rangel Zaragoza, J. L., Aguilar Ávila, J., Valdivia Alcalá, R., y Leos Rodríguez, J. A. (2021). Jornaleros agrícolas migrantes y su permanencia laboral en los campos agrícolas de México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 18, 635-661. <https://doi.org/10.22231/asyd.v18i4.1548>.
- Remar, D., Campbell, J., y Dipietro, R. B. (2016). The impact of local food marketing on purchase decision and willingness to pay in a foodservice setting. *Journal of Foodservice Business Research*, 19(1), 89-108. <https://doi.org/10.1080/15378020.2016.1129224>.
- Rialti, R., Marrucci, A., Zollo, L., y Ciappei, C. (2022). Digital technologies, sustainable open innovation and shared value creation: evidence from an Italian agritech business. *British Food Journal*, 124(6), 1838-1856. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2021-0327>.
- Sadovska, V., Fernqvist, F., y Barth, H. (2023). We do it our way-small scale farms in business model transformation for sustainability. *Journal of Rural Studies*, 102(August), 103090. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103090>.
- Sanderman, J., Hengl, T., y Fiske, G. J. (2017). Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(36), 9575-9580. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706103114>.
- Santos, M. S., Rodrigues, T. F., Nogueira, M. A., y Hungria, M. (2021). The challenge of combining high yields with environmentally friendly bioproducts: A review on the compatibility of pesticides with microbial inoculants. *Agronomy*, 11(870), 1-20. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050870>.
- Sarpong, C. K., Zhang, X., Wang, Q., Wang, W., Jamali, Z. H., Yong, T., Chang, W., Wang, Y., y Song, C. (2021). Improvement of Plant Microbiome using Inoculants for Agricultural Production: A Sustainable

- Approach for Reducing Fertilizer Application. *Canadian Journal of Soil Science*, 101(1), 1-31. <https://doi.org/10.1139/cjss-2019-0146>.
- Saunders, M., Lewis, P., y Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students*. Pearson.
- Secretaría de Desarrollo Social. (2009). *Resultados de la Encuesta nacional de jornaleros agrícolas*. Gobierno de México.
- Sharma, A., Bryant, L., y Lee, E. (2022). *Regenerative Agriculture: Farm Policy for the 21st Century*. Natural Resources Defense Council.
- Shrivastava, P., y Kennelly, J. J. (2013). Sustainability and Place-Based Enterprise. *Organization and Environment*, 26(1), 83-101. <https://doi.org/10.1177/1086026612475068>.
- Stenholm, P., y Hytti, U. (2014). In search of legitimacy under institutional pressures: A case study of producer and entrepreneur farmer identities. *Journal of Rural Studies*, 35, 133-142. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2014.05.001>.
- Strauss, A., y Corbin, J. (1998). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. SAGE publications.
- Syrovátková, M., Hrabák, J., y Spilková, J. (2015). Farmers' markets' locavore challenge: The potential of local food production for newly emerged farmers' markets in Czechia. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(4), 305-317. <https://doi.org/10.1017/S1742170514000064>.
- Tödtling, F., Lengauer, L., y Höglinger, C. (2011). Knowledge Sourcing and Innovation in "Thick" and "Thin" Regional Innovation Systems-Comparing ICT Firms in Two Austrian Regions. *European Planning Studies*, 19(7), 1245-1276. <https://doi.org/10.1080/09654313.2011.573135>.
- Tsakiridis, A., Wallace, M., Breen, J., O' Donoghue, C., y Hanrahan, K. (2021). Beef quality assurance schemes: Can they improve farm economic performance? *Agribusiness*, 37(3), 451-471. <https://doi.org/10.1002/agr.21689>.
- United Nations. (2022). *The Global Food Security Index*. <https://www.unccd.int/resources/knowledge-sharing-system/global-food-security-index>.
- Vandor, P. (2021). Research: Why Immigrants Are More Likely to Become Entrepreneurs. *Harvard Business Review*, August. <https://hbr.org/2021/08/research-why-immigrants-are-more-likely-to-become-entrepreneurs>.
- World Bank. (2002). *Globalization, Growth and Poverty*. Oxford University Press.
- World Bank. (2021). *World Integrated Trade Solution*. <https://wits.worldbank.org>.
- Zavaleta-González, Y., Ocampo-Ledesma, J. G., Palacios-Rangel, M. I., y Aguilar-Ávila, J. (2022). Pequeños productores y consumidores urbanos: el caso de los mercados de productores de la Ciudad de México. *Estudios Sociales*, 32(59), 1-32. <https://doi.org/10.24836/es.v32i59.1122>.
- Zhang, Y., Yang, C., Yan, S., Wang, W., y Xue, Y. (2023). Alleviating Relative Poverty in Rural China through a Diffusion Schema of Returning Farmer Entrepreneurship. *Sustainability*, 15(2), 1380. <https://doi.org/10.3390/su15021380>.

El comercio internacional de cereales frente al reto de la movilidad sustentable: perspectivas y desafíos

María del Rosario Granados Sánchez

Resumen

La movilidad de mercancías ha sido un constante desafío para la humanidad. El traslado de bienes es mayor en una economía globalizada en la que el comercio ha expandido sus fronteras; ante esto, lograr una movilidad baja en emisión de contaminantes es fundamental. El objetivo del presente capítulo es describir el traslado de mercancías agrícolas con enfoque en el comercio internacional de cereales, a través de revisión documental y estadística, con la finalidad de clasificar los efectos positivos, negativos y los retos a los que se enfrenta la movilidad sustentable internacional de cereales. Entre los resultados, se encontró que en la movilidad de mercancías existen vacíos de política pública para regular su traslado, así como la generación de incentivos que permitan a la iniciativa privada disminuir costos de envío, no obstante, esta última es la que implementa más acciones para reducir costos de manera directa, e indirectamente hacer eficiente la movilidad de productos, influyendo sobre la reducción de huella de carbono.

Introducción

La Revolución Industrial significó para el ser humano una modificación en casi todas las áreas de su vida, a través de procesos mecanizados en las fábricas, abaratamiento de costos de producción, acceso a más y mejores productos o servicios, así como un desplazamiento más rápido, seguro y barato para la población. Conectó a pueblos, ciudades y países; recortó tiempos, distancias y costos de movilidad.

La invención del ferrocarril, durante la segunda Revolución Industrial, típicamente ha sido señal manifiesta de avance en los medios de transporte, aumento en el volumen de comercio, mayor tráfico de personas, y un parteaguas en el desarrollo económico. Si bien el ferrocarril implicó una mayor movilidad por tierra, históricamente, el ser humano ha buscado alternativas de transporte para llevar las mercancías a otras latitudes. En este sentido, hay una relación directa entre el comercio y la evolución de los medios de transporte; el deseo o la necesidad de expandir el comercio propició la creación de nuevas rutas para hacerlo posible, pero, al mismo tiempo, impulsó la innovación de medios de transporte más eficientes que permitieran el traslado de volúmenes amplios de mercancías a distintos puntos del planeta.

Ante la necesidad de expandir el comercio y movilizar mercancías, el ser humano fue diseñando y adaptando medios de transporte más eficientes, que fueron posibles debido al avance tecnológico, tanto en medios terrestres como en aéreos y fluviales. Asimismo, el crecimiento económico del siglo XX, que se tradujo en migración del campo a la ciudad, crecimiento de los

centros urbanos y demanda de medios de transporte, impulsaron que la naciente industria automotriz viera un área de oportunidad a través de la cual abastecer y proveer de un medio de transporte a las familias para facilitar la movilidad en las ciudades y la conectividad entre localidades.

En este sentido, la invención del automotor, en sus diferentes tamaños, hizo posible que tanto personas como mercancías se trasladaran entre localidades cercanas, pero también cada vez más entre regiones e incluso países. El aumento de la población y la necesidad de viajar a puntos más lejanos motivaron la creación de medios de transporte de mayor tamaño para trasladar a un mayor número de personas y mercancías. Sin embargo, si bien el tamaño de las unidades de transporte aumentó y permitió la movilidad de más personas y volúmenes grandes, la tecnología combustible para moverlos sigue siendo preponderantemente a base de energía fósil.

Asimismo, el flujo de mercancías de todo tipo, incluyendo los productos agrícolas, ha aumentado considerablemente. En 2021, el volumen exportado de cereales a nivel mundial fue de aproximadamente 514000 toneladas, seguido del comercio de frutas que alcanzó un nivel de 117000 toneladas. Es importante señalar que a medida que aumentan, en un sentido favorable, las condiciones económicas de una región, también lo hará la demanda de productos alimenticios que se producen en otras latitudes; esto requiere mayor volumen de alimentos de más valor o alimentos para producir otros alimentos, como el caso de los cereales y leguminosas para producir carne.

La movilidad de mercaderías y los grandes volúmenes que actualmente se comercializan alrededor del mundo conllevan a retos y desafíos mayores en su traslado, manejo de producto, limpieza, abaratamiento de costos, tiempos, y el compromiso ambiental de reducción de emisiones contaminantes aéreas, así como de mares y océanos a través de los cuales se trasladan las mercancías entre continentes.

Es así, que, con base en los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), hay un compromiso por reducir dichas emisiones, por lo que se requiere replantear la movilidad de mercancías desde ámbitos más eficientes y sustentables.

El objetivo del presente capítulo es describir el traslado de mercancías agrícolas, haciendo énfasis en el comercio internacional de cereales, a través de revisión documental y estadística, con la finalidad de clasificar los efectos positivos, negativos y los retos a los que se enfrenta la movilidad sustentable internacional de cereales.

Como hipótesis, hablar de movilidad sustentable en el comercio de cereales es utópico, los retos son distantes y las acciones realizadas hasta el momento son marginales, comparado con lo que implica la movilidad sustentable.

En la primera sección se abordará la revisión de literatura; en la segunda parte se hará una revisión teórica sobre las causas que motivan el traslado de cereales; en el tercer apartado se desarrolla una revisión estadística de flujos de comercio de cereales y distancias en su traslado; finalmente, se desarrolla un apartado de conclusiones.

Estado del arte

La movilidad para el ser humano siempre ha sido una necesidad. La agrupación, conglomeración y densidad de las ciudades conllevan el reto de buscar maneras eficientes de traslado intra, e inter, ciudades, así como entre localidades, regiones, países y continentes.

El concepto movilidad está generalmente asociado a temáticas de ingeniería, y pareciera que es un problema exclusivo de urbanistas, arquitectos, ingenieros y actores vinculados con la industria del transporte. La realidad es que es un tema incluyente, puesto que todos los agentes sociales se mueven y trasladan, pero también lo hacen las mercancías.

Es así como la movilidad, para algunos estudiosos, se asocia a problemas de congestión, pero también implica estancamiento y pérdida de movimiento, por lo que los agentes enfrentan problemas de accesibilidad al quedar marginados de empleos, servicios de salud e incluso de acceso a alimentos frescos, sanos y diversos.

La raíz de movilidad lleva a la definición de la acción de moverse, sin embargo, factores sociales, urbanos, económicos, ambientales, entre otros, que entran dentro de la movilidad hacen compleja su definición.

Gutiérrez (2012) realiza una disertación sobre el binomio movilidad-transporte, señala que la movilidad pensada, la cierta y la ejecutada, remite a universos relativos de viajes. La diferencia está mediada por condiciones relativas, endógenas a la corporalidad del sujeto o de la esfera privada, y por condiciones precisas, o de la esfera pública. Asimismo, clasifica la movilidad de acuerdo con satisfactores y objetivos cumplidos, propone cuatro tipos de movilidad: insatisfecha, insatisfactoria, insuficiente y asociada.

En los estudios revisados se observa que la movilidad está intrínsecamente asociada a problemas de capacidad de movimiento en las ciudades. Los estudios plantean el análisis de la movilidad desde un enfoque territorial y relacionado con la dimensión urbana. Herce, M., & Vallejo, M. H. (2009) plantean a la movilidad como un derecho a desplazarse a todas partes; asimismo, exponen las posibilidades de alternativas de transporte para trasladarse, sin dejar a un lado la posibilidad real de que estos medios puedan ser adaptados y adoptados.

Montezuma (2003) señala que en América Latina las políticas de infraestructura y movilidad han priorizado el transporte público basado en autobuses, así como el privado que se sustenta en el uso del automóvil, los cuales acentúan los problemas de infraestructura llevando a una fragmentación del territorio, la insostenibilidad y la descohesión social, además de los efectos que generan al medio ambiente y a las personas como consecuencia de la contaminación ambiental, daño auditivo, desigualdades sociales, entre otros.

Mientras que Alcântara de Vasconcellos (2010) expone que las condiciones de urbanización de las últimas décadas son evidencia de la urgencia de cuidar y planear el crecimiento y el desarrollo de las ciudades, con la finalidad de preservar la calidad de vida de las personas, lo que incluye una movilidad adecuada de personas y mercancías. Lo anterior es importante porque las ciudades, en especial las grandes metrópolis, presentan graves problemas sociales, económicos y ambientales, por el desplazamiento de la población.

Entre los factores que suman a la congestión de las ciudades se encuentran: 1. El entramado político y económico, ya que, al tratarse de sistemas políticos democráticos y económicamente capitalistas, existe una libre circulación de agentes económicos, en donde las empresas, generalmente de capital privado, encuentran el medio idóneo para realizar su actividad económica. El reto para el Estado consiste en dar las facilidades de conectividad, entre otras, para que las empresas y los agentes económicos desarrollen sus actividades de la mejor manera. 2. Individuos con necesidades individuales y colectivas que demandan y ofrecen servicios o bienes, por lo que requieren usar medios de transporte para trasladarse. 3. Procesos migratorios que pueden aumentar considerablemente la densidad de la ciudad, tanto por la demanda de bienes y servicios, como por la movilidad de un conjunto más amplio de personas. 4. Valor de la tierra, que determinará la ubicación de las empresas y personas y, con esto, condicionará la oferta de servicios, pero también los medios de transporte y las rutas de conectividad. 5. Dinámica de la economía, en particular porque economías pujantes ofrecerán empleos de mayor calidad, mejor pagados y, en consecuencia, requerirán más y mejores servicios (Alcântara de Vasconcellos, 2010).

Con base en los factores que Alcântara de Vasconcellos señala, se observa un entramado multifactorial que determina la movilidad en las ciudades; se trata de relaciones complejas que avanzan más rápido que los cambios o propuestas dentro de las políticas públicas para hacer frente a los retos que implica desplazar y

movilizar millones de toneladas de mercancías y de personas en una urbe. Sin embargo, se han hecho esfuerzos por reducir los impactos negativos que ocasiona un crecimiento acelerado de la vida urbana. Una de las vías por las que se ha transitado es a través de políticas públicas que priorizan una movilidad sustentable.

Dada la complejidad en el traslado de mercancías, parece que hablar de movilidad sustentable es una utopía por dos razones: ante el crecimiento de la población, las ciudades enfrentan mayor concentración de personas, pero también requieren más productos que al ser movilizados demandan espacios. Además, la literatura sobre movilidad sustentable de productos es reducida, aun cuando su traslado es fundamental para las ciudades, pero también generan congestión y demandan una gran cantidad de servicios. A esto hay que agregar todos los retos en logística que enfrenta la movilidad de productos desde su origen hasta su destino.

Para el Gobierno de México (2018) la movilidad sustentable implica traslados de bajo consumo de carbono, con la finalidad de ser un medio saludable en donde se privilegie elevar la calidad de vida urbana y el bienestar de la población en conjunto, al tiempo que se crean espacios públicos placenteros que ayuden en la convivencia humana.

A pesar de los retos en movilidad, se han realizado esfuerzos por hacerla más eficiente en las urbes, se buscan desplazamientos más amigables con el medioambiente, como los traslados a pie, bicicleta, monopatín, autos eléctricos; haciendo énfasis en el uso y masificación de medios de transporte público, como autobuses eléctricos, teleféricos y trenes urbanos como el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México. Sin embargo, no se observa que dentro de los planteamientos se integre el traslado de mercaderías y se amplíe el debate a territorios más allá de los límites urbanos. Por esto, es necesario replantearse qué ocurre con el traslado de productos alimentarios que provienen de otros territorios, regiones dentro del mismo país, e incluso de otros países. Es decir, es un problema que involucra a países de manera individual o tendría que haber soluciones integrales entre países.

Respecto al traslado de mercancías, hay un factor fundamental que incide en su traslado: la logística sustentable, en términos del presente capítulo. Conceptualmente la logística involucra de manera completa a todas las actividades necesarias para trasladar productos dentro de una cadena de suministro, de acuerdo con Carrillo Herrera (2017), para quien la logística puede producir hasta un 75 por ciento de la huella de carbono de una empresa. En consecuencia, y ante una tendencia a favor del medio ambiente, las empresas han innovado en técnicas de embalaje más amigables, así como en las maneras de optimizar los tiempos de traslado y reducir la emisión de contaminantes. Con base en lo anterior, se observa un trinomio entre los agentes principales que entran dentro del traslado de mercancías: transporte-logística-territorialidad y movilidad.

Antecedentes teóricos en el traslado de mercancías

A lo largo del capítulo se ha señalado que los medios de transporte están ligados a la dinámica económica y a la evolución del comercio, este último es una de las actividades más antiguas de la humanidad, por lo que ha sido necesario perfeccionar y delimitar quién produce qué y por qué lo debe producir. La base de toda teoría económica toma como soporte el planteamiento realizado por Smith (1994) en su obra *La Riqueza de las Naciones* (1776), en donde consideró que las naciones poseen ventajas dominantes en la producción de algunos bienes, es decir, para elaborar un producto se requiere de menos horas, por lo que un país deberá especializarse en bienes que le demanden menos horas de trabajo o bien una menor cantidad de recursos.

Si el argumento se traslada a la producción de cereales, la obtención tradicional de alimentos está basada en la premisa de Smith (1994), ya que los países ricos en extensas llanuras, con grandes suministros de agua o

con climas propicios para la agricultura, dependerá de la fecundidad de sus tierras, por lo que los territorios se convierten en productores con ventaja absoluta, siendo una de las principales causas que ha determinado la producción de los cereales alrededor del mundo. Es decir, en América se cultiva, básicamente, maíz amarillo y blanco, trigo, soya, caña de azúcar; en África la digitaria, los cereales n.c.p. y el sorgo. No implica que otros territorios no puedan producir los mismos cereales, sólo que, por las ventajas naturales, aunadas con las tecnológicas, estarán en condiciones de producir un mayor volumen, ya sea por expansión de tierra o por mayores rendimientos.

Por otra parte, la teoría de ventaja comparativa planteada por David Ricardo en 1817, señala que los países producirán aquel bien en el que tengan menor costo de oportunidad, es decir, lo que deja de producir de otros bienes por producir el bien elegido (Ricardo, 2005). Por ejemplo, si un país tiene capacidad para producir maíz y sorgo, pero pierde menos unidades de maíz al producir una unidad de sorgo, el país elegirá producir maíz en lugar de sorgo.

Con el tiempo, han surgido otras teorías de comercio que estudian las relaciones entre países y agentes económicos de acuerdo con la evolución de la dinámica económica, como la teoría de proporciones factoriales o modelo Heckscher-Ollin, teoría de precios relativos, de costos de transacción, entre otras.

Del conjunto de teorías, una de las más recientes es la de ventaja competitiva de Michael Porter (2016), quien pone como pilares tres aspectos fundamentales: liderazgo en costos, diferenciación de producto y focalización del producto y del mercado. Esta teoría fue disruptiva porque no depende o está ligada a teorías que sujetan la competitividad de las empresas a condiciones naturales. La potencialidad de la empresa está relacionada con elementos de innovación y creación de valor, es decir, para producir algún cultivo agrícola como maíz no es determinante contar con grandes extensiones de superficie, puesto que los rendimientos y la productividad estarán condicionadas, en gran parte, por la innovación y la tecnología empleadas como el uso de semillas, entre otros.

Al analizar la movilidad sustentable de cereales es pertinente retomar las teorías mencionadas, puesto que un gran número de países determina su producción en función de las ventajas absolutas y comparativas que poseen; otros, a través de innovaciones tecnológicas como las que se observan en los Países Bajos en la floricultura, o en ciertas regiones altamente productoras de vegetales y legumbres, tomando como base la innovación tecnológica disponible. Dicho de otra manera, para comprender la razón que determina que exista una movilidad de cereales entre regiones distantes es importante justificar teóricamente por qué los cereales se cultivan en ciertas regiones, así como los factores que determinan el aumento de su oferta.

Respecto de su dinámica de mercado, es necesario considerar que oferta y demanda implican causalidad bidireccional: ante cambios en la oferta, la demanda responderá, y viceversa, determinadas por la estructura de precios que impere en el mercado.

Parkin y Loria (2010) señalan que dentro de los elementos que establecen la demanda se encuentran los siguientes: cambios en la población, ingreso del consumidor, cambio en gustos y preferencias, preferencia por bienes complementarios y bienes sustitutos; estos factores provocarán desplazamientos de la curva de demanda. Mientras que las variaciones en el precio estimularán movimientos a lo largo de la curva de demanda, por lo que ante un precio más alto la demanda de maíz tenderá a disminuir, pero ante un precio más alto en trigo que en maíz la población preferirá consumir maíz, aun cuando el precio también haya aumentado, en este caso se observará un desplazamiento de la curva de demanda.

Por otro lado, entre los elementos que determinan la oferta se encuentran: el precio de los factores de la producción, la tecnología involucrada en la elaboración del artículo, las expectativas de los oferentes frente a

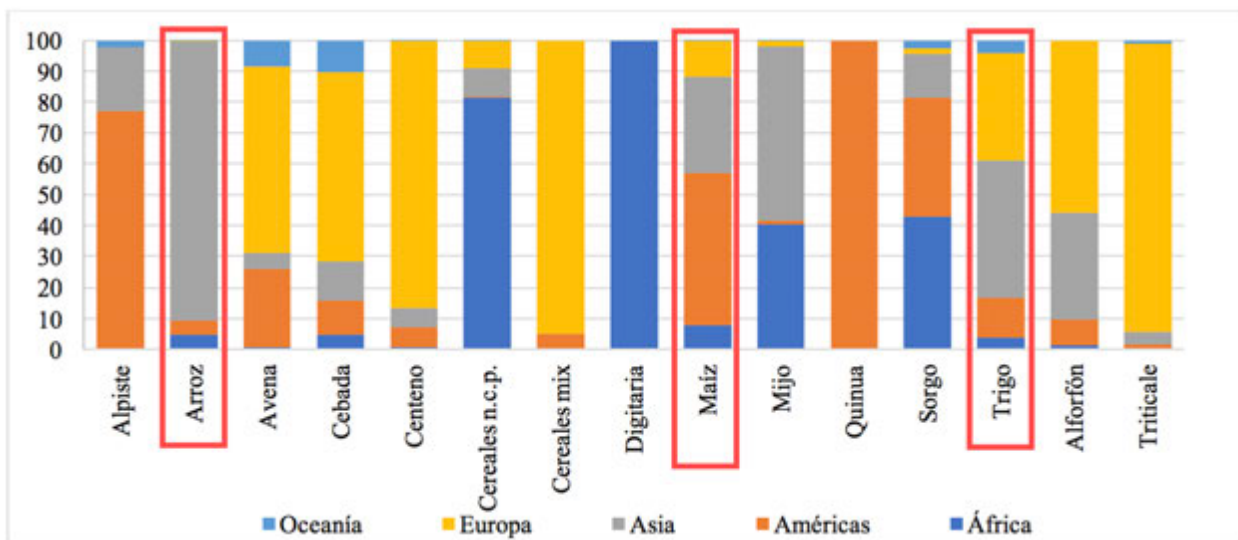
precios futuros, el número de productores existentes en el mercado, regulaciones gubernamentales, precio de bienes relacionados. Estos elementos provocarán desplazamientos de la curva de oferta (Mankiw, 2020). Mientras que las variaciones en el precio del producto estimularán movimientos a lo largo de la curva de oferta, es decir, ante un precio más alto, los productores tendrán más incentivos para ofertar una mayor cantidad de bienes, mientras que, ante cambios en las regulaciones gubernamentales, por ejemplo, mayores impuestos, los productores no encontrarán estímulos para aumentar su producción, ya que se verán obligados a pagar más impuestos.

Evaluación estadística del mercado de cereales

En este apartado se abordará el mercado de cereales, así como los flujos de comercio que se presentan en los principales cereales de consumo mundial. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2023) se contabilizan 16 cereales: alpiste, arroz, avena, cebada, centeno, cereales n.c.p (de uso forrajero o no clasificados), mezcla de cereales, digitaria, maíz, mijo, quinua, sorgo, trigo, trigo sarraceno (alforfón) y triticale. La mayoría son de consumo humano, como el maíz que, en sus variedades blanco y criollos o nativos, son destinados al consumo humano, en particular, en países latinoamericanos o en Sudáfrica; no obstante, la producción mundial descansa en la variedad de maíz amarillo que se destina a la industria alimentaria, o como insumo para la alimentación de ganado, en especial, reses, aves y cerdos.

Los principales cereales de consumo humano son: arroz, maíz y trigo; las preferencias en su consumo se pueden ubicar por continentes: en Asia existe una alimentación sustentada en la ingesta de arroz, debido a que es el cereal en el que por excelencia tienen ventajas climáticas sobre cualquier otra región del planeta; en América y en partes de África está extendido el consumo de maíz, mientras que en Europa y Oceanía la población tiene una dieta más sustentada en el consumo de trigo (figura 1).

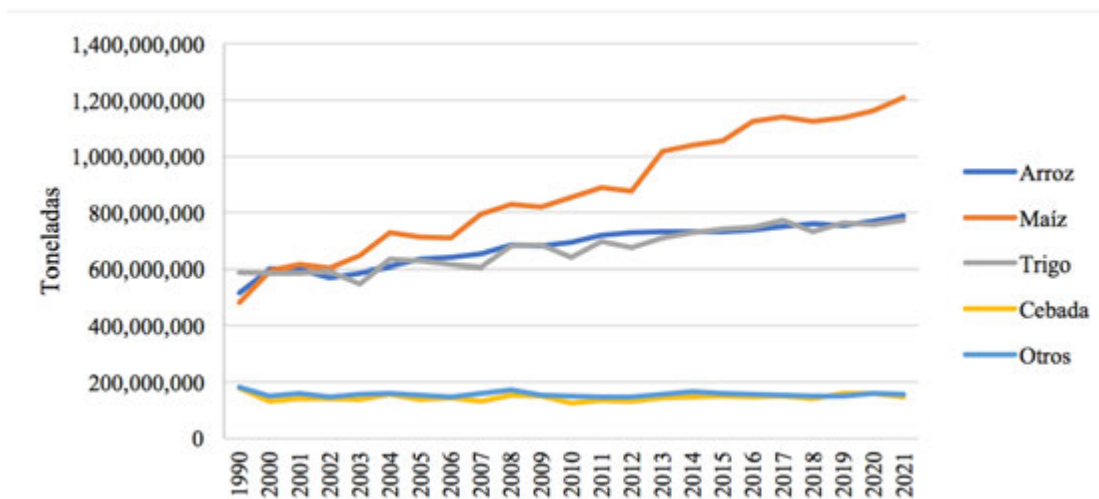
Figura 1. Participación porcentual por continente en la producción de cereales, 2022



Fuente: elaborado con datos de FAOSTAT (2023).

Respecto de la evolución en la producción de los tres principales cereales, se tomó como punto de partida el año 1990. Durante esa década, la producción de trigo en el mundo se mantuvo en alrededor de seiscientos millones de toneladas, mientras que la producción de maíz y arroz aumentó aproximadamente en cien millones de toneladas en cada uno de los cereales. No obstante, a partir del año 2000, la producción de los tres cultivos creció con más dinamismo. Mientras que el arroz y el trigo subieron al mismo ritmo (1.3 por ciento, medio anual), el maíz lo hizo a una tasa de 3.5 por ciento, en promedio al año, en el periodo 2000-2021 (figura 2).

Figura 2. Evolución de la producción de arroz, maíz y trigo en el mundo, 1990-2021



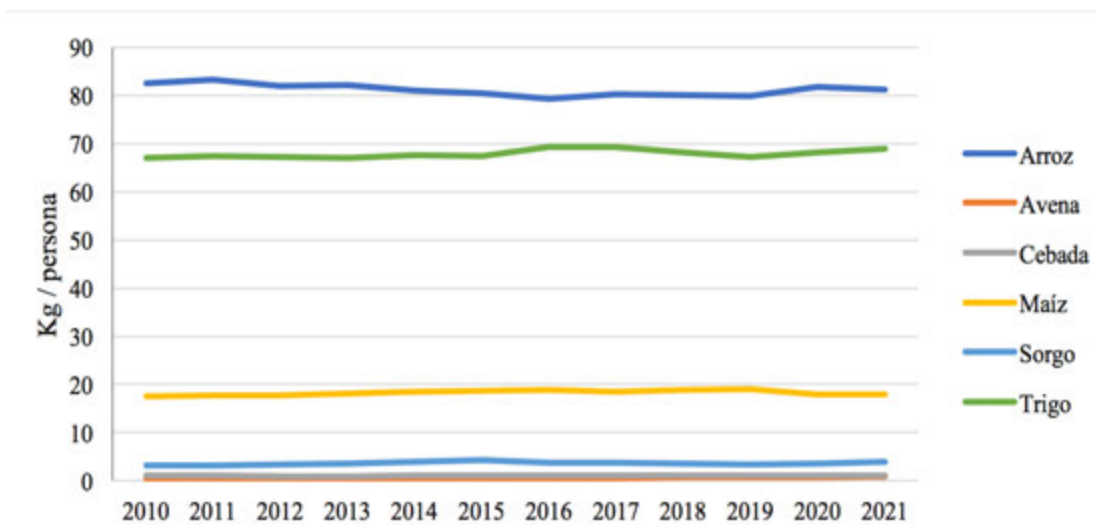
Fuente: elaborado con datos de FAOSTAT (2023).

El aumento de la producción de arroz fue resultado de los rendimientos más que de la superficie, ya que la primera creció a un ritmo de 0.97 por ciento, promedio anual, mientras que la segunda lo hizo a una tasa de 0.33 por ciento, media anual. En cuanto al trigo, el incremento fue consecuencia del aumento en rendimientos (1.17 por ciento, en promedio al año) y sólo de 0.12 por ciento en superficie. Mientras que, en maíz, fue resultado del aumento en la superficie (1.96 por ciento) y de 1.47 por ciento, en los rendimientos. A diferencia del arroz y trigo, que presentaron incrementos más moderados, en maíz se aprecia un impulso en la oferta como respuesta a mejores precios, dado que la superficie aumentó a un ritmo mayor que los rendimientos. Lo anterior es relevante porque, generalmente, ante mejores precios, los productores tienden a incrementar su oferta; en este caso, sobresale el aumento de la superficie, lo que permite inferir que los oferentes tuvieron incentivos para expandir la frontera agrícola destinada al maíz.

En párrafos anteriores, se mencionó que, dentro de la estructura de mercado, la oferta y la demanda se mueven simultáneamente, es decir, ante cambios en una se generan cambios en otra. En relación con esto, uno de los factores que ha condicionado el cambio en la oferta de maíz es el crecimiento económico de algunas economías como China, India, Brasil y Rusia, que al tener un mayor nivel de ingresos modifican sus tendencias de consumo. En esta situación, se justifica una mayor demanda de cereales para alimentación animal, puesto que su dieta está transitando a un consumo de proteína animal más alto.

Así, la demanda per cápita de cereales se ha mantenido estable, la mayor oferta es resultado del aumento en la población, del incremento en el nivel de ingresos y que algunos de estos cereales se destinan a la producción de piensos o mezclas para alimentación de ganado. Sin embargo, como se ha mencionado, los cereales de más consumo per cápita son arroz, trigo y maíz, esto reafirma la aceptación de dichos cereales en el mercado como fuente primaria de energía en la población de menores recursos. Respecto al consumo, este se mantuvo en una demanda promedio de 80 kilogramos (kg) de arroz por persona; en trigo, la ingesta promedio fue de 70 kg, mientras que la de maíz, alrededor de los 19 kg (figura 3). Cabe señalar que los datos mostrados corresponden a un promedio mundial, la dinámica entre regiones es distinta y varía su preferencia entre granos.

Figura 3. Consumo per cápita de cereales en el mundo 2010, 2021



Fuente: elaborado con datos de FAOSTAT (2023).

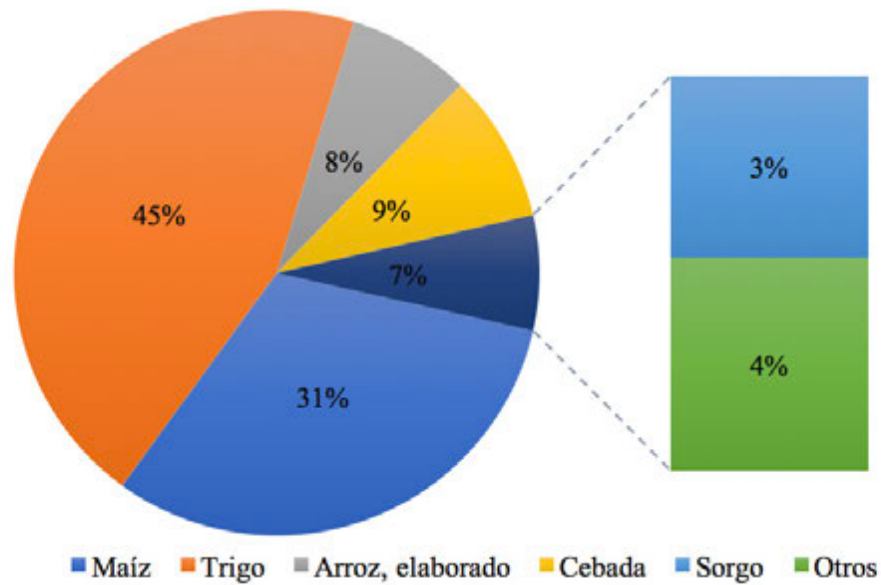
Ante una mayor demanda global, se generó más movimiento en el comercio mundial de cereales, la estructura de exportación se modificó en el tiempo. Mientras que, en 2000, del total de la producción, aproximadamente dos mil millones de toneladas, se exportaron a nivel mundial, poco más de 12 por ciento (261.7 millones); para 2022, del total de la producción, poco más de tres mil millones de toneladas, se exportaron cerca de 17 por ciento (504.2 millones). En la figura 4 se observa que, en 2000, 75 por ciento de las exportaciones mundiales descansaban en trigo y maíz, seguido de arroz y cebada.

Para el año 2022, la participación de los cereales en el volumen de exportación se modificó, puesto que se amplió la participación del volumen de arroz y maíz exportado, mientras que el trigo descendió ocho por ciento. Es decir, la relación entre trigo y maíz se revirtió, es decir, el maíz tuvo una participación de diez por ciento más; el volumen de exportación pasó, aproximadamente, de 82 a 209 millones de toneladas, ante lo cual se observa que las exportaciones en este cereal se duplicaron, creció 4.55 por ciento en promedio al año.

El cambio de porcentajes en la participación de maíz y trigo no implicó que el volumen de trigo disminuyera, por el contrario, en todos los cereales el volumen exportado aumentó, pero el maíz tomó cada vez más importancia. En cuanto al trigo, este pasó de 117 a 186 millones de toneladas, es decir, las exportaciones

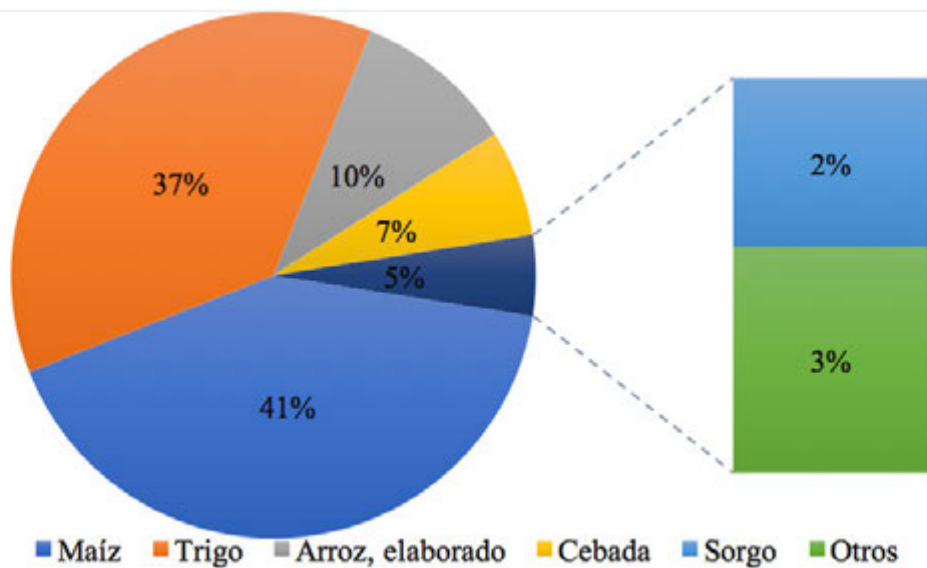
crecieron a un ritmo de 2.24 por ciento; en tanto que, en arroz, el volumen de ventas transitó de casi 20 a 41 millones de toneladas, creció, en promedio, 3.5 por ciento al año (figura 5).

Figura 4. Participación de las exportaciones de cereales en el mundo 2000



Fuente: elaborado con datos de FAOSTAT (2023).

Figura 5. Participación de las exportaciones de cereales en el mundo, 2022



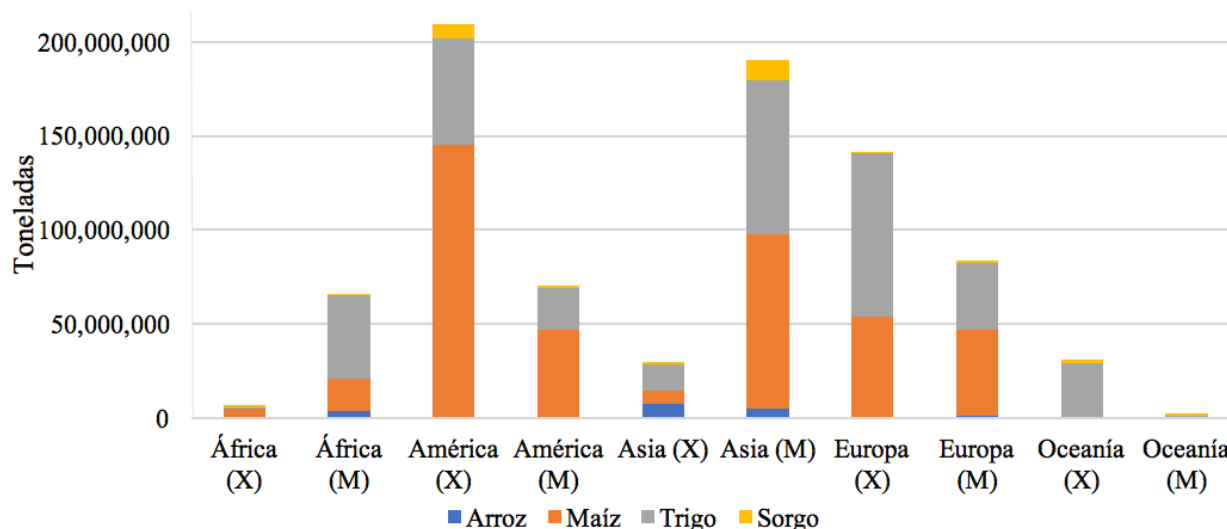
Fuente: elaborado con datos de FAOSTAT (2023).

Con base en la información expuesta, se muestra que el comercio de cereales se ha duplicado en los últimos veinte años. La pregunta a responder sería: ¿quiénes son los principales exportadores e importadores de cereales? La respuesta permitirá también explorar cuáles son los países que conforman el mercado de cereales.

Cada continente se caracteriza por exportar en mayor medida un producto, el principal exportador de arroz es Asia, seguido de América; este último es el exportador por excelencia de maíz amarillo, seguido de Europa que sobresale en trigo, seguido de América. Es relevante señalar que tanto América como Europa tienen una balanza comercial positiva en la comercialización de estos cereales, en contraste con África y Asia quienes enfrentan una balanza comercial deficitaria (figura 6). No obstante, es un comportamiento esperado, porque son países cuya capacidad productiva, sus ventajas absolutas, la innovación que han implementado y la expansión de su frontera agrícola, ha permitido que tengan un volumen de producción con excedentes para la exportación y así abastecer un mercado que les paga mejores precios, pero que, además, dado su nivel de ingresos y crecimiento económico, en este caso Asia, demanda mayores volúmenes de cereales para la agroindustria o para la alimentación pecuaria.

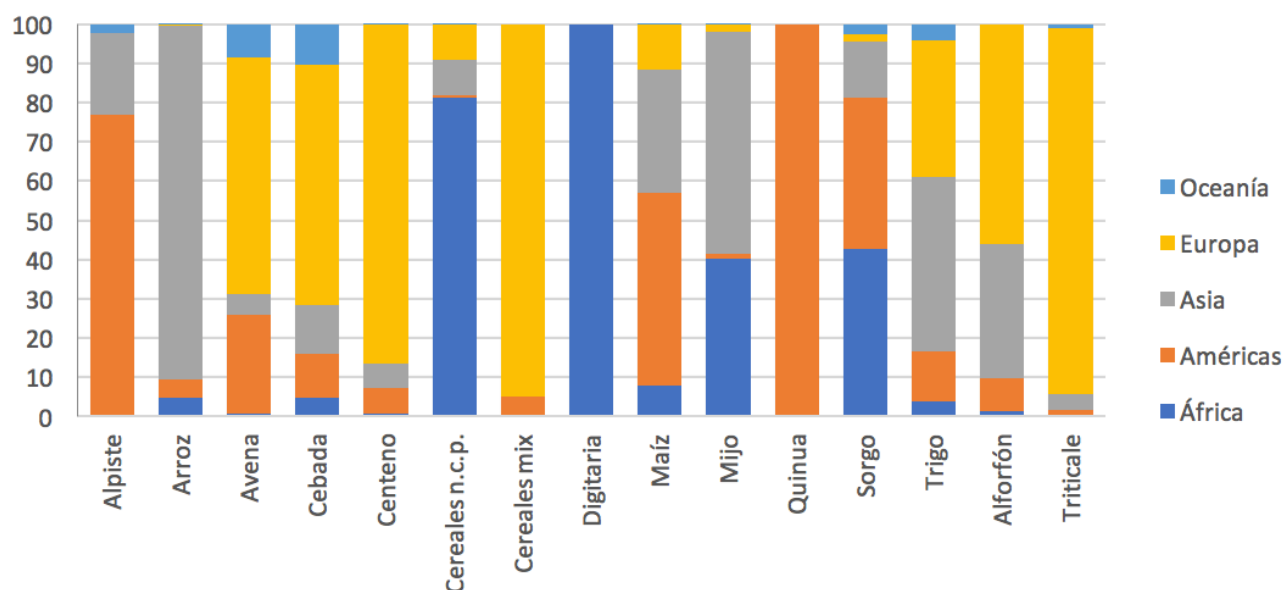
En cuanto a la participación de las exportaciones por continente, de cien por ciento de las exportaciones de arroz en el mundo, 90 por ciento son de países de Asia; en maíz, 49 por ciento de América, y 31 por ciento de Asia; en trigo, 44 por ciento corresponde a Asia, y 35 por ciento, Europa. Asimismo, se observa que, en cereales como el alpiste, la digitaria o la quinua, el volumen exportado e importado se centra en el mismo continente, puesto que son productos de consumo regional, por lo que su traslado es dentro del mismo continente (figura 7).

Figura 6. Volumen de exportaciones e importaciones por producto y continente, 2022



Fuente: elaborado con datos de FAOSTAT (2023).

Figura 7. Participación de las exportaciones de cereales por continente, 2022



Fuente: elaborado con datos de FAOSTAT (2023).

En líneas anteriores, se señaló que algunos de los cereales son más de consumo regional, por lo que el volumen comercializado entre continentes es reducido, la manera en que se trasladan es diferente a los que cruzan océanos para llegar a su destino, puesto que estos últimos involucran a un mayor número de agentes comercializadores y medios de transporte. En las siguientes tablas se analizará a los cinco principales cereales comercializados en el mundo, tomando en cuenta distancias promedio y porcentaje de participación dentro del comercio para, posteriormente, indicar de manera hipotética el traslado de algún cereal desde su centro de origen hasta su punto de destino.

Respecto del comercio internacional de arroz, 92.3 por ciento es exportado por diez naciones, seis de ellas asiáticas, tres americanas y una europea. Por el volumen de exportaciones, se infiere que los principales países productores tienen poder de mercado y capacidad de fijación de precios, en la mayoría de estos la distancia recorrida es mayor a los cuatro mil kilómetros (km). Por ejemplo, Tailandia es el que registra las distancias promedio más grandes (7632 km), no obstante, puede llegar a distancias superiores a los diez mil kilómetros. Las distancias recorridas son relevantes porque implica la movilidad de grandes volúmenes de toneladas, sobre todo, un mayor número de medios de transporte.

En cuanto a los países importadores, se observa una concentración menor de volumen comercializado, sin embargo, entre los primeros diez importan alrededor de 41 por ciento; las distancias recorridas por sus principales proveedores, en la mayoría de estos, son superiores a los cuatro mil kilómetros; destaca la proveeduría de Estados Unidos y Costa de Marfil, cuyas distancias para abastecer a estos mercados superan los diez mil y trece mil kilómetros (tabla 1).

Tabla 1. Los diez principales países exportadores e importadores de arroz y distancias de traslado promedio, 2022

Volumen exportado total: 41.23 mdt*			Volumen importado total: 39.05 mdt		
Valor a precios de 2022: 22466 mdd**			Valor a precios de 2022: 23763 mdd		
País exportador	Participación	Distancia media recorrida	País importador	Participación	Distancia media recorrida
India	43.33	5192	Filipinas	7.84	2047
Tailandia	16.46	7632	China	7.69	3332
Vietnam	11.58	4093	Iraq	5.40	5409
Pakistán	7.57	4200	Benín	3.88	8504
China	5.02	5858	Mozambique	3.31	7495
Estados Unidos de América	3.15	5722	Arabia Saudita	3.28	4426
Italia	1.55	1484	Irán	3.22	2552
Camboya	1.53	5909	Costa de Marfil	3.12	10559
Uruguay	1.28	6530	Malasia	3.08	2615
Paraguay	0.85	2275	Estados Unidos de América	3.02	12989

* Millones de toneladas. **Millones de dólares.

Fuente: elaborada con datos de FAOSTAT (2023) y TRADEMAP (2023).

En cebada, el volumen comercializado es menor al de arroz y, considerablemente, menor que el de maíz y trigo. Es un cereal predominantemente europeo, tanto en su producción como en su exportación. Los diez principales exportadores concentran 87.59 por ciento del comercio internacional; destacan las exportaciones de Australia y Argentina, ya que sus países de destino se encuentran, en promedio, a una distancia de entre once mil y quince mil kilómetros, además de que el volumen de exportaciones entre las dos naciones supera un tercio del comercio. Por el lado de las importaciones, los primeros diez países importadores concentraron poco más de 65 por ciento, sus proveedores más importantes desplazan la cebada desde distancias de entre 600 y 13600 kilómetros de distancia, tal es el caso de China, Arabia Saudita o Japón (tabla 2).

Tabla 2. Los diez principales países exportadores e importadores de cebada y distancias de traslado promedio, 2022

Volumen exportado: 33.49 mdt*			Volumen importado: 33.03 mdt		
Valor a precios de 2022: 10182 mdd**			Valor a precios de 2022: 11670 mdd		
País exportador	Participación	Distancia media recorrida	País importador	Participación	Distancia media recorrida
Australia	24.22	11042	China	17.30	13533
Francia	16.87	2587	Arabia Saudita	11.32	9014

Canadá	6.45	8492	Países Bajos	7.50	929
Rusia	3.77	2824	Irán	6.17	2211
Argentina	11.15	14493	Bélgica	5.66	841
Ucrania	6.49	2206	Alemania	4.67	591
Kazajistán	2.53	2429	España	3.97	1914
Alemania	9.27	1772	Japón	3.69	7946
Rumania	4.09	2038	Jordania	2.47	6950
Reino Unido	2.72	913	Marruecos	2.44	3044

* Millones de toneladas. **Millones de dólares.

Fuente: elaborada con datos de FAOSTAT (2023) y TRADEMAP (2023).

En cuanto al comercio internacional de maíz, su volumen de exportación es el más alto de todos los cereales, la relación ha cambiado en los últimos años si se compara con el año 2000. El aumento de exportaciones fue de 123 millones de toneladas, y fue el cereal el que registró mayor dinamismo, dada la alta demanda para la agroindustria y la alimentación pecuaria. Del total de exportaciones, 91 por ciento se concentra en diez países, y sólo 66 por ciento corresponde a tres países: Estados Unidos, Argentina y Brasil. Las distancias medias de recorrido para llegar a sus destinos van de los 800 a los trece mil kilómetros, Argentina, Brasil y Sudáfrica son los países que abastecen territorios más distantes. Los diez principales países importadores concentran 55.4 por ciento de las compras internacionales, China, Japón, Corea y Egipto tienen a los proveedores más alejados, con desplazamientos de hasta quince mil kilómetros (tabla 3).

Tabla 3. Los diez principales países exportadores e importadores de maíz y distancias de traslado promedio, 2022

Volumen exportado: 209.46 mdt*			Volumen importado: 201.77 mdt		
Valor a precios de 2022: 63327 mdd**			Valor a precios de 2022: 70846 mdd		
País exportador	Participación	Distancia media recorrida	País importador	Participación	Distancia media recorrida
Estados Unidos de América	27.97	6598	China	12.15	9924
Francia	2.46	899	México	8.06	1856
Argentina	16.90	12704	Japón	7.57	12679
Ucrania	12.02	2704	Corea	5.85	15024
Rumania	2.64	2268	España	5.59	4648
Polonia	1.85	833	Irán	3.75	1941
Brasil	20.71	11237	Italia	3.42	2345
África	2.34		Colombia	3.24	4181
Sudáfrica	1.87	9569	Egipto	3.16	8727
Paraguay	2.20	4005	Países Bajos	2.61	2299

* Millones de toneladas. **Millones de dólares.

Fuente: elaborada con datos de FAOSTAT (2023) y TRADEMAP (2023).

Respecto de las exportaciones de trigo, su comercio es relativamente más diversificado, los diez principales exportadores abastecen 80 por ciento del comercio internacional; Australia, Estados Unidos, Canadá y Argentina son los proveedores con las distancias promedio más grandes para su desplazamiento, superan los cinco mil kilómetros. Los países importadores con los volúmenes más grandes de compra son asiáticos y europeos, realizan compras a países ubicados a una distancia promedio mayor a los nueve mil kilómetros, tal es el caso de China, Indonesia, Filipinas y Japón (tabla 4).

Tabla 4. Los diez principales países exportadores e importadores de trigo y distancias de traslado promedio, 2022

Volumen exportado: 186.68 mdt Valor a precios de 2022: 66353 mdd**			Volumen importado: 184.80 mdt Valor a precios de 2022: 70846 mdd		
País exportador	Participación	Distancia media recorrida	País importador	Participación	Distancia media recorrida
Australia	15.42	7499	China	6.04	8953
Estados Unidos de América	11.21	8183	Indonesia	5.12	9285
Francia	10.79	2243	Egipto	4.33	2988
Canadá	9.94	8025	Argelia	3.80	3361
Rusia	9.55	3155	Italia	3.74	2773
Argentina	6.93	5890	Filipinas	3.38	9236
Ucrania	6.01	2420	Marruecos	3.25	3916
India	3.64	2770	Brasil	3.09	2944
Kazajistán	3.40	1381	Japón	2.89	9455
Alemania	3.33	2692	España	2.67	2345

* Millones de toneladas. **Millones de dólares.

Fuente: elaborada con datos de FAOSTAT (2023) y TRADEMAP (2023).

Finalmente, el sorgo es el quinto cereal con mayor volumen de comercio en el mundo, su uso, principalmente, es para la alimentación de animales, su producción se encuentra diversificada esencialmente en América, Europa y Asia. Estados Unidos, Australia y Argentina concentran poco más de 94 por ciento de las exportaciones en el mundo. Destacan las grandes distancias que estos países tienen respecto de sus compradores; en el caso de Argentina, el sorgo recorre una distancia de hasta diecinueve mil kilómetros. Respecto a los clientes, son países asiáticos los principales importadores del cereal: China y Japón compran alrededor de 87 por ciento del sorgo comercializado en el mundo (tabla 5).

Tabla 5. Los diez principales países exportadores e importadores de sorgo y distancias de traslado promedio, 2022

Volumen exportado: 10.68 mdt*			Volumen importado: 12 mdt		
Valor a precios de 2022: 3590 mdd**			Valor a precios de 2022: 4477 mdd		
País exportador	Participación	Distancia media recorrida	País importador	Participación	Distancia media recorrida
Estados Unidos de América	58.09	10442	China	84.87	12072
Australia	20.70	8141	Japón	2.21	8386
Argentina	15.81	18930	México	1.92	1624
Francia	1.40	838	España	1.86	4743
Ucrania	0.68	2113	Sudán	1.02	
India	0.37	3057	Eritrea	0.77	12131
Hungría	0.30	634	Kenia	0.77	10771
Tanzania	0.30	847	Sudán del Sur	0.51	
Sudán	0.30		Italia	0.50	1557
Rusia	0.29	3117	Taiwán	0.43	
Paraguay	0.26	1234			

* Millones de toneladas. **Millones de dólares.

Fuente: elaborada con datos de FAOSTAT (2023) y TRADEMAP (2023).

Los datos señalados en líneas anteriores dan evidencia de que el traslado de cereales a nivel internacional implica la movilidad de mercancías a través de diversos medios de transporte; al considerar que los transportes empleados usan energía fósil para movilizar los productos y que la distancia involucra, en muchos casos, miles de kilómetros, la movilidad dista de ser sustentable. Por ejemplo, en el traslado de arroz de Tailandia a Estados Unidos hay una distancia cercana a los trece mil kilómetros, según datos de TRADEMAP, el porcentaje de concentración de las exportaciones entre estos países es relativamente alto, entre diez y veinte por ciento (figura 1). Sin embargo, los medios de transporte para movilizar las casi 700000 toneladas son diversos.

En la figura 1 se plantea de forma hipotética la movilidad de arroz, desde Tailandia a Estados Unidos. Estos son los posibles traslados:

1. El primer traslado implica mover el arroz desde el campo de cultivo, o desde el beneficio, hasta una parada de carga; suponiendo que se trata de una producción eficiente, bajo otro contexto, se debe acopiar la producción a un punto de almacenamiento. Aquí, el traslado generalmente se hará mediante camionetas o camiones de carga que usan energía fósil, ya sea gasolina o diésel. Un aspecto por considerar es que, si se cuenta con el transporte adecuado a la carga, no existirá subocupación; por el contrario, si la cosecha es menor o se trata de un transporte grande, existe la posibilidad de aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero por subocupación.
2. Una vez acopiado el producto, se traslada mediante camiones a una estación de ferrocarril cercana a la región productora. En este punto, es importante que los camiones salgan al cien

por ciento de carga para optimizar el traslado y reducir los viajes, así se trataría de mitigar la emisión de partículas contaminantes, puesto que el traslado continúa siendo a través de motores con funcionamiento diésel o gasolina.

3. Al llegar a la estación del ferrocarril se movilizará la carga hasta el puerto de salida, es mediante este medio de transporte que la movilidad comienza a ser más eficiente, tanto ambiental como económica y socialmente; ambientalmente, porque dependiendo de la carga serán las locomotoras empleadas para el arrastre de la carga. El combustible usado es principalmente diésel que, aunque es de origen fósil, por el número de vagones que arrastra y las toneladas de traslado, la huella de carbono disminuye en comparación con el traslado de un contenedor por vía terrestre. Económicamente, porque se reducen los costos de transporte, puesto que el ferrocarril es uno de los medios más baratos para la movilidad de mercancías. Socialmente, porque disminuye el impacto en el uso de vías de comunicación, contaminación auditiva y congestión vial.
4. Al llegar la carga al puerto de salida, generalmente, el cereal se embarca en buques cargueros cerealeros, en donde la mercancía se manda a granel. Dependiendo de los puertos a los que llegará, y los tipos de carga que transporte, corresponderá el tamaño del carguero, algunos llegan a medir hasta 300 metros de eslora y navegan a una velocidad baja; por su tamaño, pueden transportar cerca de 200 mil toneladas de peso muerto (tpm). A diferencia de los buques que trasladan contenedores, estos se caracterizan por tener una cubierta con varias escotillas. La evolución de estos medios de transporte está ligada a la infraestructura y al tamaño de los canales por los que pasa. Entre los graneleros habituales se encuentran, de acuerdo con el portal SafeLink (2023):
 - Handy Size: peso muerto en tonelaje entre 10000 y 39999.
 - Handy Max: peso muerto en tonelaje entre 40000 y 59,999.
 - Panamax: peso muerto en tonelaje entre 60000 y 99,999.
 - Capesize: peso muerto en tonelaje superior a 100000.

El tipo de carguero que traslade los cereales estará en función de la infraestructura del puerto, puesto que su manejo tiene que ser adecuado y cumplir con los protocolos de traslado de productos alimentarios. Al igual que el ferrocarril, el traslado marítimo es uno de los más eficientes y amigables con el ambiente, esto no implica que sea totalmente sustentable, sin embargo, es un medio de transporte eficiente ambiental y económicamente; el combustible utilizado es gasóleo, debido a que tienen motores diésel; son sustentables porque trasladan grandes volúmenes de mercancías y, generalmente, van a su máxima capacidad.

5. Al llegar la carga al puerto, el cereal puede ser transportado a los centros de embalaje por vía terrestre o ferrocarril; si es bajo la primera alternativa, su traslado será lento y se requerirán muchas unidades para movilizar la carga mediante las redes de carreteras, una característica importante es que usualmente las bodegas para el empaquetado se encuentran en las periferias de la ciudad o bien al interior de ellas; si es a través de ferrocarril, el traslado será más rápido y eficiente porque los costos se abaratarán, en un solo embarque se transportará la carga al centro de empaquetado y así la emisión de gases de efecto invernadero se reducirán.

6. Posterior al empaquetado del cereal, o a su transformación, será necesario trasladarlo a los puntos de venta, ya sea dentro de las mismas ciudades o al interior de los países. En este sentido, se movilizarán las mercancías nuevamente, con mayor frecuencia, mediante transporte carretero, hasta llegar a su destino, ya sean centrales de abasto, tiendas de autoservicios, estancillos, entre otros.
7. Finalmente, existe el traslado del centro de venta al hogar del consumidor; en este caso, si el consumidor realiza sus compras de forma sustentable las hará caminando o en medios de transporte amigables como la bicicleta o el transporte público; por el contrario, si el centro de abasto es distante al lugar de residencia, tendrá la alternativa de usar transporte público o automóvil propio, lo que aumenta la contaminación ambiental, el congestionamiento vial y el retraso en el traslado de todos los ciudadanos que conforman una comunidad.

Figura 1. Mapa de los países importadores para la exportación de arroz de Tailandia en 2022 y los posibles transportes utilizados para su traslado



Fuente: elaborada con datos de TRADEMAP (2023).

Nota: las imágenes secundarias fueron tomadas del buscador de Bing de Microsoft, autor desconocido bajo licencia de CC BY-NC (2023).

Conclusiones

A lo largo del capítulo, se ha demostrado teórica y estadísticamente que la movilidad de cereales dista de ser sustentable. Si bien hay medios de transporte que posibilitan traslados más eficientes, no cumplen con las características de emisión de contaminantes que contempla el uso de transportes amigables con el medio ambiente. El modelo económico predominante propicia un modelo de movilidad complejo e insostenible, ya que los centros de producción se encuentran a cientos y miles de kilómetros de los puntos de consumo. Ante esto, las distancias recorridas son mayores y los desplazamientos distantes; a la vez, motivado por la competitividad de las naciones y el incremento del ingreso, se genera un incremento en el volumen de mercancías comercializadas.

Como argumenta García Palomares (2008), la movilidad crece y se diversifica, al tiempo que los flujos son mayores en el espacio y el tiempo. Al llevar el razonamiento a la movilidad de cereales, el mayor flujo de mercancías demanda más rutas de transporte en todas sus formas, y una mayor afluencia de medios de transporte por tierra, mar y aire, por lo que se genera una mayor congestión de transportes y los traslados se vuelven más lentos, esto genera más emisiones de efecto invernadero, contaminación auditiva y visual.

Asimismo, la competitividad de las economías ha permitido que las personas accedan a más productos a menores precios; no obstante, la separación espacial y las cadenas de suministro distantes abren una mayor red de flujos en el traslado de mercancías. Aunque el objetivo de los gobiernos y de las Naciones Unidas es reducir la emisión de contaminantes mediante la movilidad sustentable, la realidad es que las propuestas de política pública y los avances en movilidad son incipientes y marginales: por un lado, son políticas enfocadas a la movilidad urbana; por otro, los cambios propuestos no son compatibles con la movilidad de mercancías. No es comparable moverse a pie dentro de la ciudad que trasladar treinta toneladas de cereal en un camión de carga.

Es necesario que, dentro de la política pública, se integren los ejes sobre los que tendría que transitar la movilidad de mercancías, y si será una tarea que involucre sólo a la iniciativa privada, o el Estado intervendrá a través de la creación de infraestructura. Si la iniciativa privada, compuesta por los productores, los comercializadores y las agencias logísticas, puede realizar acciones para reducir el impacto de emisiones de contaminantes, es necesario que los Estados, o gobiernos de los países, generen los mecanismos y provean de infraestructura adecuada para el traslado rápido y a menor costo de mercancías, con la finalidad de reducir emisiones de contaminantes por congestión vial.

Al comercializar un porcentaje de los cereales entre continentes, se requiere de servicios de transporte de recorridos largos, lo que involucra empresas ferroviarias y navieras; respecto a esto, las empresas comercializadoras y transportadoras requieren de mejores vías de ferrocarril, ampliación en puertos, reducción en los tiempos de carga y descarga. Para esto es necesario incrementar las partidas presupuestarias destinadas al mantenimiento y ampliación de estos puntos de conexión de mercancías, además de generar incentivos para que las empresas cambien su flota de transporte con combustible fósil por camiones híbridos o con tecnologías más amigables, puesto que uno de los problemas principales son los crecientes costos de transporte, una ineficiente integración en el transporte multimodal de carga derivado de las fallas propias del transporte, pero también la saturación en las ciudades y periferias.

Aun cuando, en la iniciativa privada, un gran número de empresas tiene el distintivo de socialmente responsable, o han incluido prácticas amigables con el medioambiente, el gran reto lo tiene el Estado, ya que no basta con generar reglamentos, sino que debe proveer las condiciones para que las empresas puedan operar dichos cambios.

Como bien menciona Martínez (2009), la infraestructura de transporte en muchos países no está suficientemente desarrollada, ni la conectividad entre carreteras, puertos, aeropuertos y ferrocarriles; a esto, habría que sumar el deterioro y bajo mantenimiento que se les da, así como la baja sistematización en el transporte de carga.

Los problemas mayores se encuentran al interior de las ciudades, debido a toda la problemática vial que se enfrenta: baja velocidad en los horarios máximos de movilidad, sincronización ineficiente de semáforos, colocación de topes, invasión de carriles, así como la mala coordinación en los niveles de gobierno y la instrumentación de programas que reduzcan los costos elevados en la movilidad de mercancías (Martínez, 2009).

Los retos para movilizar mercancías, en este caso cereales, son amplios y profundos; las empresas comercializadoras tratan de optimizar tiempos y capacidades de carga para mejorar el traslado, reducir costos y además disminuir las emisiones contaminantes, contribuyendo a una movilidad sustentable.

A lo largo del capítulo se mostró, con datos estadísticos y teóricos, la conveniencia de producir en un punto y comprar en otro, las distancias recorridas y las posibles rutas de traslado de un cereal. Sin embargo, queda como tarea pendiente para futuras investigaciones profundizar en la estimación cuantitativa de las emisiones de carbono que se generan al trasladar las mercancías entre continentes, estimar costos y realizar análisis de política pública que integre la movilidad de mercancías al interior de los países y ciudades; qué acciones corresponderán al Estado realizar, y qué a la iniciativa privada, para mejorar la movilidad, no sólo de los cereales sino de las mercancías en general.

Referencias

- Alcántara de Vasconcellos, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad*. Bogotá: CAF. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/414>.
- Bing Microsoft. (2023). *Imágenes ilustrativas de autor desconocido*. Recuperadas el 30 de diciembre 2023 del portal con licencia CC BY-NC.
- Carrillo Herrera, K. (2017). Estrategias Sustentables en Logística y Cadenas de Suministro. *LOGINN Investigación Científica y Tecnológica*, 1(1). <https://revistas.sena.edu.co/index.php/LOG/article/view/1021>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (30 de noviembre de 2023). *Estadísticas de producción y comercio de cereales*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL>.
- García Palomares, J. C. (2008). Incidencia en la movilidad de los principales factores de un modelo metropolitano cambiante. *EURE (Santiago)*, 34(101), 5-24.
- Gobierno de México. (24 de septiembre 2018). *¿Qué es la movilidad sustentable?* <https://www.gob.mx/comisionambiental/es/articulos/que-es-la-movilidad-sustentable?idiom=es>.
- Herce, M., & Vallejo, M. H. (2009). *Sobre la movilidad en la ciudad: propuestas para recuperar un derecho ciudadano* (Vol. 18). Reverté.
- Mankiw, N. G. (2020). *Principles of economics*. Cengage Learning.
- Martínez, F. R. (2009). El sistema de transporte de carga en la Ciudad de México. Factores a considerar en el análisis del transporte de carga y la movilidad de mercancías. *Territorios*, (20-21).
- Montezuma, R. (2003). Ciudad y transporte: la movilidad urbana. *Cuadernos de la CEPAL*.
- Parkin, M. (2019). *Microeconomía*. Pearson.
- Porter, M. E. (2016). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Grupo editorial Patria.

- Ricardo, D. (2005). From the principles of political economy and taxation. In *Readings in the economics of the division of labor: The classical tradition* (pp. 127-130).
- SafeLink. (23 de octubre 2023). *¿Qué son los buques graneleros, cuántos tipos hay y qué mercancías movilizan?* <https://www.safelinkmexico.com/que-son-los-buques-graneleros-cuantos-tipos-hay-y-que-mercancias-movilizan>.
- Smith, A. (1994). *Riqueza de las naciones* (1776). Madrid: Alianza, 37, 67-72.
- Tapia Álvarez, M., & Ruiz Rivera, N. (2022). Jane's Walk Ciudad de México 2022: los retos de la movilidad sustentable. *Investigaciones geoFiguras*, (108).
- TRADEMAP. (2023). *Trade statistics for international business development*. <https://www.trademap.org/Index.aspx>.

Acompañando la transición socioecológica en entornos laborales: propuesta de un programa de movilidad sustentable para el sector público y privado

Ruth Pérez López

Resumen

En este capítulo se presenta una iniciativa basada en la colaboración entre la academia y la sociedad civil, que busca contribuir a la mitigación del cambio climático y a la transición socioecológica. Se explican y detallan las diferentes fases de un programa de movilidad sustentable, que permiten realizar un diagnóstico de movilidad del personal de instituciones públicas y privadas, así como formular un plan de movilidad para mejorar las condiciones de los viajes pendulares al trabajo y disminuir las emisiones de CO² producidas por estos. Este programa aporta soluciones concretas para reducir el consumo de energía, impulsando las buenas prácticas institucionales en materia de movilidad sustentable y promoviendo cambios en los hábitos de movilidad de las personas.

Introducción

La transición socioecológica es un proceso complejo que requiere un cambio en la forma en que se organiza la vida económica y social (Carpintero & Riechman, 2013). Este paradigma científico emergente constituye la nueva agenda urbana y ambiental de un número cada vez mayor de países en el mundo e implica, entre otras acciones, una transición energética que permita la disminución de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Díaz Marielle, 2023). Frente al cambio climático y el agotamiento de combustibles fósiles, se pueden identificar cuatro grandes retos a los que se deben de enfrentar los diferentes gobiernos y países del mundo hoy en día. El primer reto está relacionado con la resiliencia y adaptación ante el cambio climático. Cada año, las consecuencias de las catástrofes naturales llevan a 26 millones de personas a la pobreza, según un reporte del Banco Mundial (Hallegatte et al., 2016). Bajo los efectos del cambio climático, se espera que el impacto de las catástrofes siga una tendencia creciente, por lo que los países deben hacer frente a estos cambios mediante el desarrollo de una mayor capacidad de respuesta de las comunidades y poblaciones en las regiones proclives a experimentar catástrofes. El segundo hace referencia a la necesidad de transitar hacia energías renovables, pero también de mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía, elementos clave para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y limitar los efectos potenciales del calentamiento global. El tercer reto tiene que ver con una transición institucional hacia la sustentabilidad. Las instituciones y empresas deben participar en la reducción de las emisiones contaminantes y en la

disminución de sus residuos, así como en la protección del medio ambiente a través de patrones de producción menos dañinos. Por otra parte, es necesario que los diferentes niveles de gobierno diseñen políticas públicas efectivas de mitigación del cambio climático y se centren en reformar la normatividad ambiental y fortalecer su cumplimiento. El cuarto y último reto se relaciona con el cambio en los modos de vida de la ciudadanía. Aquí, se trata de impulsar cambios en los hábitos de las personas, movilizándolas para adquieran comportamientos más responsables con el medioambiente.

La investigación que se presenta en este capítulo, y que dio pie a la formulación y diseño de un plan de movilidad para instituciones públicas y privadas, se inscribe dentro de los puntos 2, 3 y 4, sobre mitigación del cambio climático y transición energética. Se trata de una investigación principalmente aplicada, puesto que está dirigida a promover un cambio en los hábitos de movilidad del personal del sector público y privado, mediante una colaboración con las empresas, organizaciones e instituciones públicas.

Este estudio pretende, además, orientar las políticas de transporte y mitigación del cambio climático, a través de una propuesta que busca aportar soluciones concretas y novedosas para impulsar buenas prácticas institucionales en materia de movilidad sustentable. Mientras que los planes de movilidad en entornos laborales son una práctica común, incluso, obligatoria en algunos países europeos (Francia, por ejemplo) en México no se había desarrollado este tipo de estrategias.

A nivel mundial, el sector transporte contribuye con 14 por ciento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) y el transporte terrestre representa el principal emisor (UNEP, 2023). En la región de América Latina y el Caribe, este sector es responsable de 36 por ciento de las emisiones de GEI (Martínez Salgado, 2018) y los automóviles contribuyen significativamente a las emisiones urbanas, con la mayor cantidad de emisiones de CO² por pasajero. Sin embargo, algunas medidas aplicadas al sector transporte tienen el potencial de reducir significativamente las emisiones y contribuir en gran medida a la mitigación. En un estudio prospectivo publicado por la revista *Science* (Creutzig et al., 2015), los autores afirman que, si los políticos utilizaran todo el conjunto de políticas a su disposición para disminuir las emisiones del transporte por carretera, estas podrían disminuir más de lo que sugieren los estudios de escenarios globales compilados en los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Estas medidas se inscriben dentro de tres estrategias principales: incrementar la eficiencia del transporte por carretera, descarbonizar el transporte por carretera mediante vehículos de propulsión eléctrica y frenar el crecimiento de la demanda en entornos urbanos (Creutzig et al., 2015).

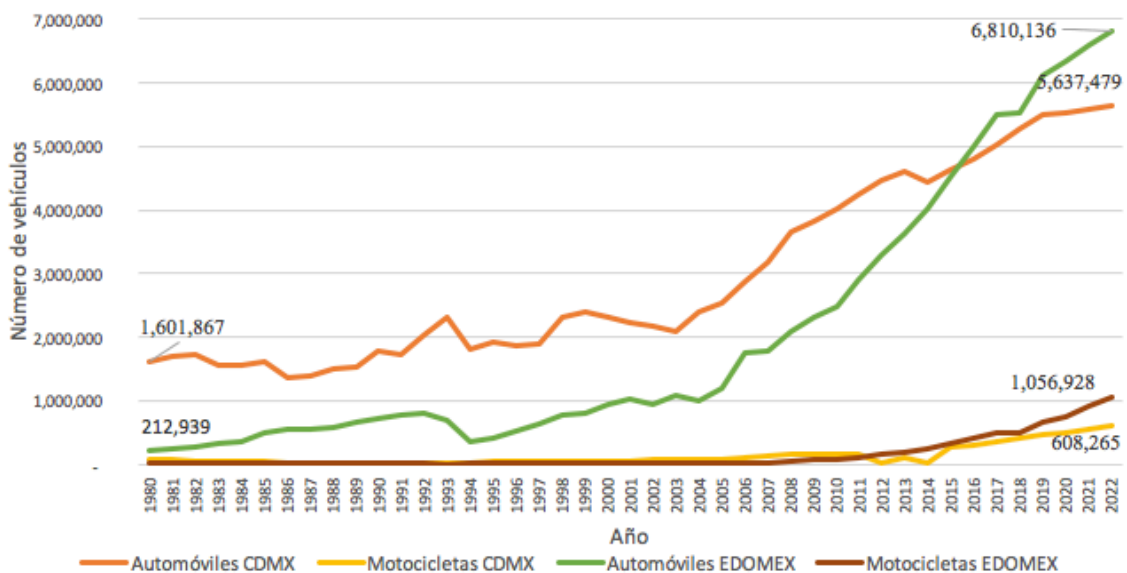
Este proyecto se enfoca en fomentar cambios de comportamiento de movilidad en entornos laborales, proponiendo alternativas de viaje que tengan un efecto directo en la disminución de las emisiones de gases contaminantes generadas por los traslados diarios realizados para ir al trabajo.

El presente capítulo se centra, en primer lugar, en mostrar la relación entre el modelo de desarrollo urbano expansivo y el uso de modos de transporte motorizados, en particular el automóvil. En segundo lugar, expongo los motivos para desarrollar un programa de desincentivación del uso del coche particular dirigido a los centros de trabajo. En tercer y último lugar, presento de forma sintetizada el programa de movilidad sustentable “Avanza”, desarrollado en colaboración con la asociación civil Bicitekas, A. C., especificando las diferentes etapas del programa y los indicadores cuantitativos y cualitativos que considero de mayor importancia para medir los cambios en los hábitos de movilidad, en la calidad de los viajes y en la cantidad de emisiones generadas por las personas trabajadoras.

Urbanismo expansivo: modelo de desarrollo urbano y de movilidad poco sustentable

El modelo de desarrollo urbano expansivo, también conocido como urbanismo expansivo, o sprawl urbano, se refiere a un patrón de asentamiento de baja densidad que ha predominado en algunas aglomeraciones urbanas. Se caracteriza por la dispersión de las áreas urbanas, lo que ha conllevado a una mayor inversión en la construcción de infraestructura vial, un incremento de la demanda de transporte, un mayor consumo energético y, en consecuencia, un incremento de las emisiones contaminantes. Este modelo de ciudad dispersa, de baja densidad y de separación de los usos de suelo (trabajo, esparcimiento, compras, etcétera) ha incentivado el uso del automóvil cuya adquisición en la Ciudad de México y el Estado de México ha incrementado de forma constante en las últimas décadas, alcanzando más de 6.8 millones y 5.6 millones de unidades, respectivamente, en estas dos entidades federativas (gráfica 1).

Gráfica 1. Automóviles y motocicletas registrados en circulación, Ciudad de México y Estado de México, 1980-2022



Fuente: elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

La dependencia al automóvil también se puede entender por la falta de una oferta de transporte colectivo masivo y de buena calidad en zonas remotas (González-Arellano, 2013), por el incremento del poder adquisitivo de los hogares y por la individualización del consumo.

A la par del crecimiento del parque vehicular de automóviles, también se observa un incremento exponencial en la adquisición de motonetas y motocicletas, tanto en la Ciudad de México como en el Estado de México (gráfica 1). Entre los años 2007 y 2017, el uso de la motocicleta ha incrementado más que el del automóvil: 297.6 por ciento y 4.5 por ciento, respectivamente (tabla 1).

Tabla 1. Incremento del número de viajes en la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM) por modo de transporte, 2007 y 2017

	2007	2017	% de diferencia
Motocicleta	92283	366951	297.6%
Metrobús o Mexibús	122238	340920	178.9%
Bicicleta	435696	704180	61.6%
Colectivo/Micro	9461443	11480804	21.3%
Automóvil	6320972	6606983	4.5%
Taxi (sitio, calle u otro)	1495006	1276381	-14.6%
Metro	1930730	1331979	-31.0%
Trolebús	133776	67722	-49.4%
Autobús RTP o M1	375150	159596	-57.5%
Tren ligero	31299	8984	-71.3%
Autobús	1326366	359274	-72.9%
Otro	229198	29659	-87.1%

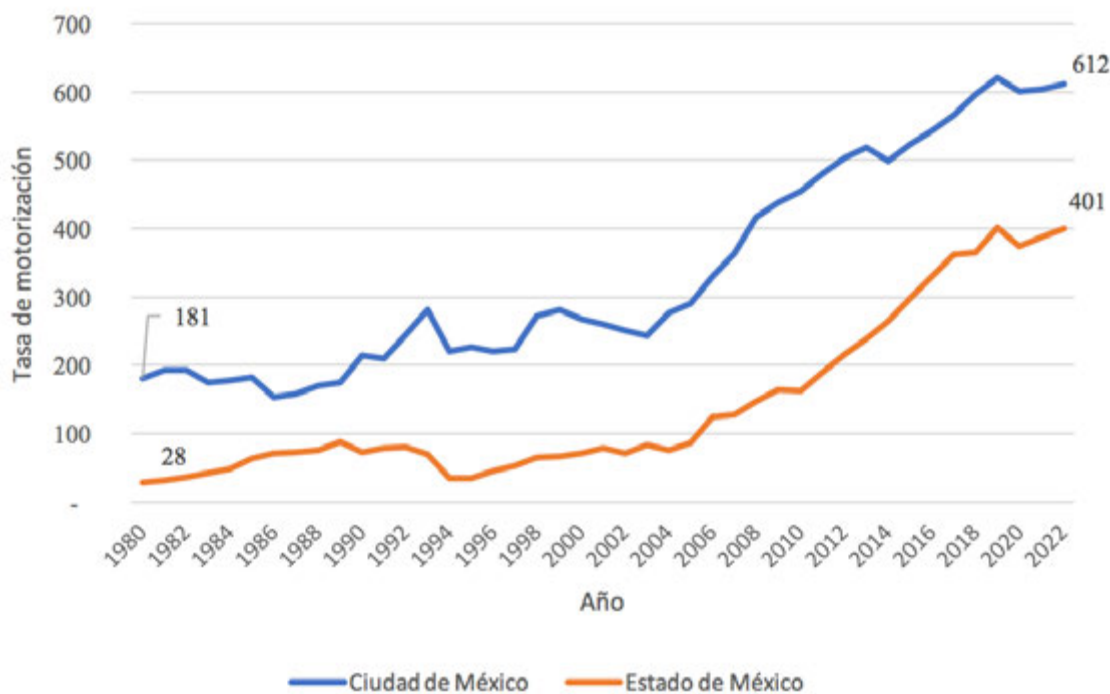
Fuente: elaboración propia a partir de las Encuestas de Origen y Destino (INEGI, 2007 y 2017).

Este modelo de desarrollo urbano ha provocado el incremento, año tras año, de las tasas de motorización en estas dos entidades federativas (gráfica 2), por lo que, hoy en día, en la ZMVM, las fuentes móviles contribuyen con 53.2 por ciento de las emisiones totales de gases y compuestos de efecto invernadero (GEI), y con 71.6 por ciento de los contaminantes criterio (SEDEMA, 2023 p. 81 y p.41). El 92.2% de la flota vehicular de la metrópoli está compuesta por vehículos particulares (automóviles, camionetas SUV y motocicletas) (SEDEMA, 2023, pp.136-137), por lo que estos vehículos son los mayores responsables de los gases contaminantes y, en consecuencia, de la mala calidad del aire que tienen los habitantes. Este modelo de desarrollo ha generado problemas de congestión del tráfico y de la calidad del aire, así como una disminución de la calidad de vida en las ciudades, por lo que plantea desafíos en términos de sustentabilidad urbana y ambiental.

En las últimas décadas, también se han realizado esfuerzos para reducir la contaminación del aire mediante políticas ambientales aplicadas a la ZMVM, como el programa de restricción de circulación de automóviles “Hoy no circula”, implementado de forma obligatoria en 1989 y permanente en 1990; la reformulación de las gasolinas para disminuir sus componentes más contaminantes; la incentivación de la importación de vehículos que cumplieran con normas estrictas internacionales de niveles de emisiones contaminantes (1999); la introducción de la gasolina oxigenada y sin plomo; la implementación de convertidores catalíticos en los vehículos automotor, entre otras (Riveros, 2016; Vera et al., 2015).

A pesar de los esfuerzos, los programas no han tenido los resultados esperados: el programa “Hoy no circula”, por ejemplo, incentivó la compra de nuevos vehículos (Vera et al., 2015). Como ya los vimos en la gráfica 1, a lo largo de las décadas, el parque vehicular incrementó de manera constante, a la par de los contaminantes criterio y de efecto invernadero, lo que nos muestra la necesidad de desarrollar estrategias más eficientes para disminuir las emisiones provenientes del sector transporte de pasajeros.

Gráfica 2. Evolución de la tasa de motorización* en la Ciudad de México y Estado de México, 1980-2022



*Número de automóviles en circulación, por 1000 habitantes.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INEGI (número de vehículos en circulación y Censos de Población y Vivienda).

Los centros de trabajo como lugares estratégicos para desincentivar el uso del automóvil

Los datos presentados anteriormente, sobre las emisiones generadas por las fuentes móviles, y sobre el incremento de la adquisición y uso del automóvil particular, muestran claramente que para transitar hacia una movilidad sustentable es necesario disminuir el uso del automóvil particular.

Existen diferentes estrategias efectivas para desincentivar el uso del coche, como las medidas coercitivas de gestión de la demanda (Gärling & Schuitema, 2007), principalmente de corte económico, como la implementación de parquímetros, impuestos y tasas a la propiedad o al uso de vehículos; la implementación de una tarifa para los empleados por estacionar el coche en su lugar de trabajo (Rye & Ison, 2005); los cobros por congestión (Beever & Carlaw, 2005; Tuerk et al., 2012), entre otras.

También hay estrategias que buscan fomentar cambios en la elección modal de los individuos, de forma voluntaria y no coercitiva, como la promoción de modos sustentables de transporte a través de los sistemas de bicicletas públicas, la implementación de ciclovías o el préstamo gratuito de bicicletas, los subsidios al transporte público, los programas para compartir el coche o la implementación de incentivos directos como la oferta de un abono gratuito de transporte a los empleados que decidan utilizar el transporte público, o bien el pago a los empleados por kilómetros recorridos en bicicleta para ir al trabajo, entre otras.

En Francia, en el año 2018 se implementó una ley que obliga a las empresas de más de cien asalariados a desarrollar e implementar un Plan de Movilidad (PDM), con la finalidad de mejorar las condiciones de desplazamiento de los empleados y reducir la huella de carbono de sus viajes (ADEME, 2018). Esta ley parece especialmente interesante porque busca un mayor impacto mediante cambios de comportamiento colectivo en los lugares de trabajo, y ya no tanto familiares o individuales en los hogares.

En el caso de este estudio, decidí enfocarme en los entornos laborales por diferentes causas: primero, porque los traslados de trabajo representan el motivo de viaje más frecuente entre los habitantes de la ZMVM, y representan 41.7 por ciento del total de los viajes realizados, a diario y entre semana, en la metrópoli (INEGI, 2017); segundo, porque la distancia promedio de los traslados realizados por razón de trabajo (9 km) es significativamente mayor que la distancia promedio de los viajes realizados por otras actividades como recibir atención médica (6.8 km), ir a estudiar (3.9 km) o ir de compras (2.5 km), por mencionar algunos (tabla 2).

Tabla 2. Distancia promedio recorrida durante los traslados en la ZMVM por motivo de viaje

Motivo de viaje	Distancia promedio (en km)
Ir al trabajo.	9.0
Hacer un trámite.	6.8
Ir al médico o recibir atención de salud.	6.8
Convivir (amigos o familiares), deportes o recreación.	5.1
Ir a estudiar.	3.9
Ir a acto religioso.	3.6
Ir de compras (bienes y servicios).	2.5
Llevar o recoger a alguien.	2.1

Fuente: elaboración propia con base en datos de la Encuesta de Origen y Destino 2017 (INEGI, 2017).

El tercer motivo del enfoque en los entornos laborales es porque el automóvil es el segundo modo de transporte más utilizado para ir al trabajo: 24.3 por ciento de los viajes realizados a diario para ir al trabajo se hacen en coche (tabla 3); y porque 51.9 por ciento de todos los viajes realizados a diario en automóvil se hacen por motivo laboral (tabla 4); porcentaje muy por encima de otros motivos, como llevar o recoger a alguien (14.1 por ciento), ir a estudiar (14 por ciento), convivir (7.2 por ciento) o ir de compras (6.9 por ciento), entre otros (tabla 4).

Tabla 3. Porcentaje de viajes para ir al trabajo y de viajes totales en la ZMVM, por modo de transporte*

Modo de transporte	Viajes para ir al trabajo	Viajes totales
Transporte colectivo concesionado (colectivo/micro).	32.7%	25.8%
Automóvil.	24.3%	18.9%
Transporte colectivo gubernamental de mediana y alta capacidad**	18.0%	11.2%

Caminar en la calle.	13.9%	33.6%
Autobús foráneo.	3.1%	2.1%
Bicicleta.	2.7%	2.0%
Taxi (sitio, calle u otro).	2.9%	3.7%
Motocicleta.	1.5%	0.6%
Transporte privado escolar o de personal.	0.2%	0.8%
Otros.	0.7%	1.3%
Total.	100.0%	100.0%

*Total de viajes entre semana, considerando el modo de transporte en el que pasó más tiempo.

** (Metro, Metrobús/Mexibús, autobús RTP o M1, trolebús, tren suburbano y tren ligero).

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta de Origen y Destino 2007 (INEGI, 2007).

Tabla 4. Porcentaje de viajes en automóvil en la ZMVM, por motivo de viaje*

Motivo de viaje	Porcentaje
Ir al trabajo.	51.9%
Llevar o recoger a alguien.	14.1%
Ir a estudiar.	14.0%
Convivir (amigos o familiares), deportes o recreación.	7.2%
Ir de compras (bienes y servicios).	6.9%
Ir al médico o recibir atención de salud.	2.9%
Hacer un trámite.	1.6%
Otro.	1.1%
Ir a acto religioso.	0.3%
Total.	100.0%

*Total de viajes entre semana, sin tomar en cuenta “regresar a casa”, y considerando el modo de transporte en el que pasó más tiempo.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Encuesta de Origen y Destino 2007 (INEGI, 2007).

Otro de los motivos es porque el tiempo promedio de viaje incrementó significativamente en diez años (entre 2007 y 2017) y el tiempo de los viajes pendulares es el que más ha aumentado, en particular aquellos realizados por motivos laborales (más de ocho minutos, en promedio, en 2017, en relación con 2007).

Estos datos muestran que, para transitar hacia una movilidad sustentable, es necesario disminuir el uso del automóvil particular. Parece evidente, pero esto significa que hay que promover de forma prioritaria el cambio modal entre automovilistas y, en este sentido, que las empresas y otros centros de trabajo representan una gran oportunidad para impulsar estos cambios.

Tabla 5. Tiempo promedio de viaje (en minutos), por propósito de viaje 2007 y 2017, ZMVM

Propósito de viaje	Tiempo promedio de viaje		Incremento
	2007	2017	
Ir al trabajo.	55	63	+ 8 minutos
Ir a estudiar.	41	46	+ 5 minutos
Ir de compras.	39	39	
Convivir, deportes, recreación.	51	51	
Llevar o recoger a alguien.	30	31	+ 2 minutos
Hacer un trámite.	50	52	+ 2 minutos

Fuente: elaboración propia a partir de las Encuestas de Origen y Destino (INEGI, 2007 y 2017).

Programa de movilidad sustentable basado en la colaboración entre la academia y la sociedad civil

La herramienta de diagnóstico que constituye la primera fase del programa de movilidad sustentable, y que permite su desarrollo e implementación posterior, fue desarrollado por mí, con apoyo de una cátedra CONACYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías) en el Laboratorio de Ciudades en Transición de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Cuajimalpa¹, y utilizada en México por la sociedad civil para diseñar y ejecutar Planes de Movilidad al Trabajo.

Por una parte, el Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP, por sus siglas en inglés) creó su propia Plataforma de Diagnóstico de Movilidad y, posteriormente, desarrolló y aplicó el Plan de Movilidad Institucional, *Movin Reforma* (2022).² Además, publicó una guía dirigida a gobiernos, empresas, consultorías u organizaciones, interesadas en desarrollar e implementar planes de movilidad al trabajo (ITDP, 2023). Por otra parte, desarrollé con Bicitekas, A. C., asociación civil que promueve el uso de la bicicleta en la Ciudad de México, el Programa de Movilidad Responsable *Avanza*³.

Este programa, basado en la investigación aplicada, desarrollado durante una estancia en el Laboratorio de Ciudades en Transición (LabCit) de la Universidad Autónoma Metropolitana, UAM Cuajimalpa, está compuesto por cuatro fases: la primera se enfoca en la realización de un diagnóstico de movilidad pendular del personal de la empresa o institución y de la medición de las emisiones generadas por sus desplazamientos; durante la segunda fase, se diseñan propuestas alternativas de movilidad que permitan reducir emisiones, disminuir los tiempos de traslado y mejorar las condiciones laborales de los trabajadores; la tercera etapa tiene como objetivo implementar y acompañar los cambios en materia de movilidad, y la cuarta, de evaluar y dar seguimiento a estos cambios.

1 Cuenta con el número de registro ante Indautor: 03-2018-111511303600-01.

2 <http://movin-reforma.ideamos.mx>.

3 <https://avanza.bicitekas.org>.

Fase 1. Diagnóstico de movilidad

En un primer momento se aplica un cuestionario dirigido al personal de la empresa o institución, cuyo objetivo es recolectar datos sobre las características de los desplazamientos pendulares domicilio-trabajo, calcular las emisiones de dióxido de carbono generadas por estos traslados y contar con información fidedigna para elaborar el plan de movilidad al trabajo. El diagnóstico incluye variables cuantitativas y cualitativas que permiten el cálculo de los indicadores mínimos para la elaboración posterior del plan de movilidad y del diseño de propuestas alternativas de movilidad.

Las variables cuantitativas permiten caracterizar los viajes realizados por el personal y cuantificar las emisiones de CO², mientras que las variables cualitativas ayudan a identificar las barreras que pudieran frenar cambios de comportamiento en materia de movilidad (sentimiento de seguridad y representaciones negativas acerca de los diferentes modos de transporte) o, al revés, los factores que podrían impulsar estos cambios (representaciones positivas, disposición al cambio, acceso a una bicicleta en el hogar, etcétera). Las variables mínimas para poder realizar un diagnóstico completo y elaborar un plan de movilidad son:

- Modos de transporte utilizados para ir al trabajo.
- Tiempos de traslado del domicilio al trabajo.
- Horarios de entrada y salida del trabajo.
- Días de la semana en los que trabaja de forma presencial.
- Lugar de origen del viaje.
- Cantidad y motivo de las paradas intermedias entre el domicilio y el trabajo.
- Aspectos positivos y negativos del modo de transporte principal.
- Representaciones acerca de los diferentes modos de transporte.
- Percepción de seguridad en el transporte.
- Cambios en la forma de transportarse en los últimos años.
- Disposición de una bicicleta en la vivienda.
- Disposición de un automóvil en el hogar.

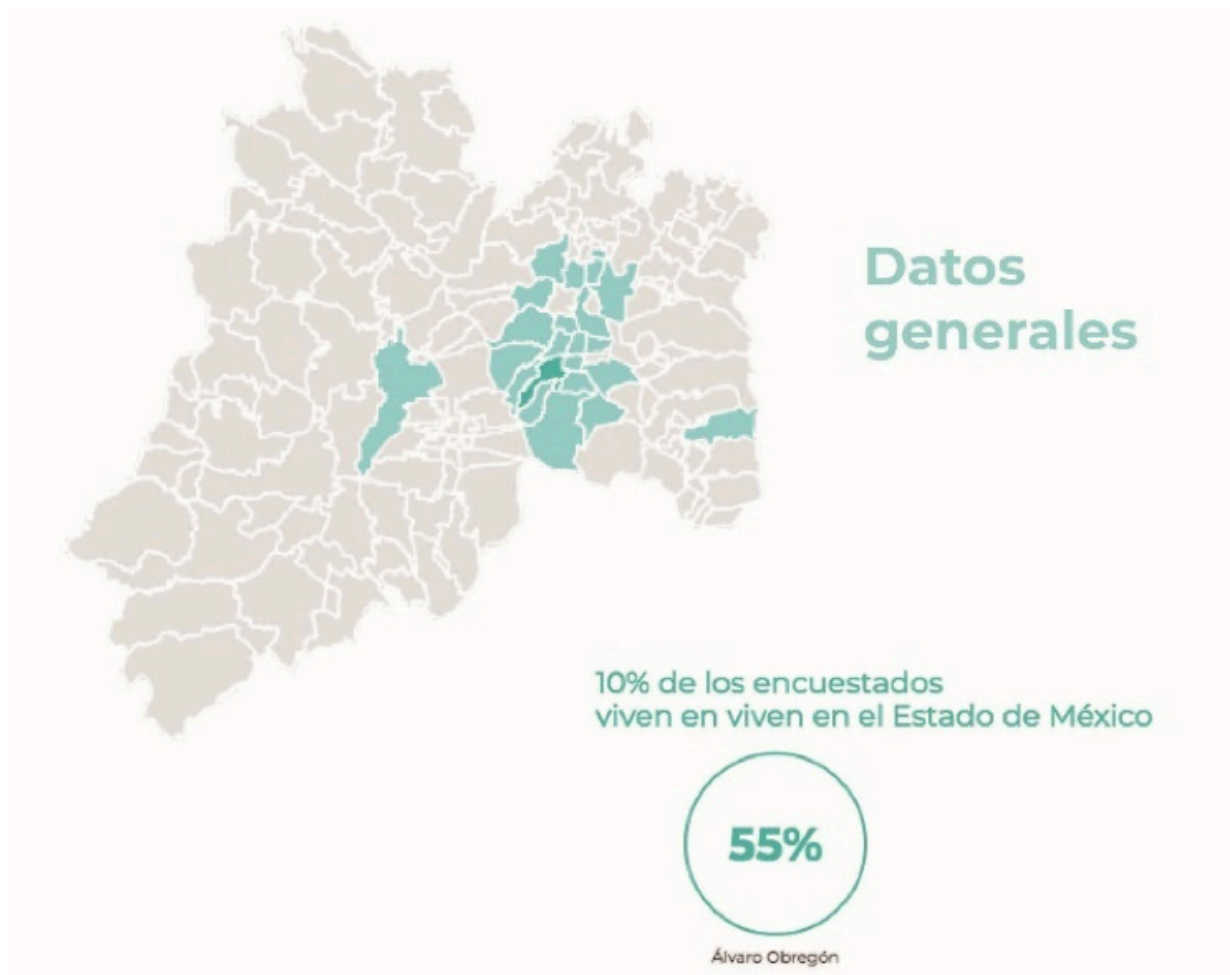
A partir de estas variables, se construyen los cinco indicadores mínimos siguientes a los que se les dará seguimiento de forma periódica:

- Porcentaje de viajes, por modo de transporte (reparto modal).
- Costos de viaje por modo de transporte.
- Emisiones de dióxido de carbono totales, per cápita y por modo de transporte. Calculadas a partir de la información auto reportada sobre los modos de transporte utilizados y las emisiones de CO² por kilómetro, basada en información de la Secretaría de Medioambiente.
- Distancia promedio recorrida, calculada por la plataforma Google, con base en la ubicación geográfica de los lugares de origen y destino de los viajes.
- Velocidad por viaje y modo de transporte, calculadas con base en el tiempo de viaje y los modos de transporte reportados por las personas encuestadas, y en la distancia calculada previamente.

Plataforma de visualización de datos en tiempo real

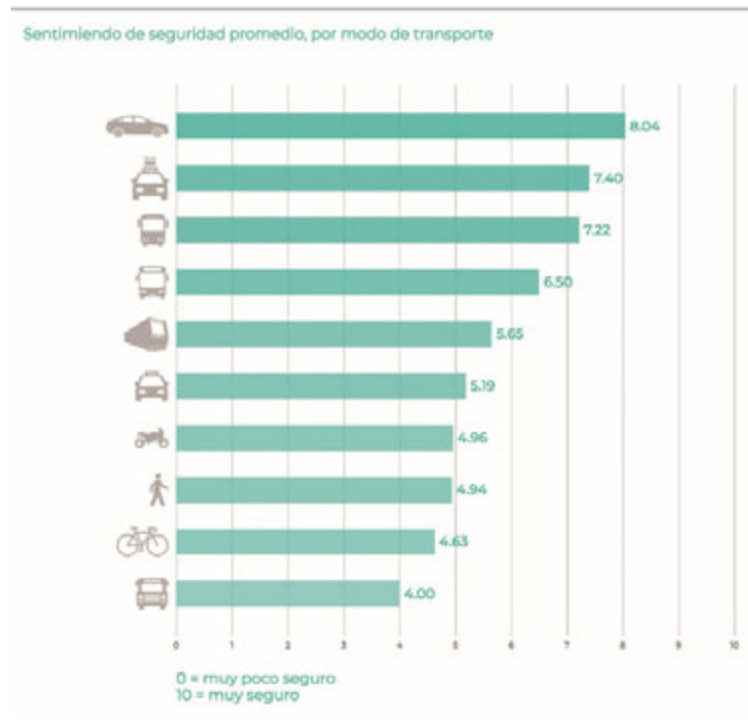
El diagnóstico de movilidad comprende una plataforma de visualización de datos en tiempo real dirigida al área encargada de desarrollar el plan de movilidad dentro del centro de trabajo. Los datos se presentan de diferentes formas, mediante mapas interactivos, gráficas y tablas con información cualitativa y cuantitativa, nubes de palabras, íconos y dibujos con porcentajes (figuras de la 1 a la 6). Una vez concluida la aplicación de la encuesta, se genera automáticamente una base de datos en formato Excel y el reporte de resultados en formato pdf, que pueden ser descargados por el personal de la empresa o institución.

Figura 1. Porcentaje de viajes, por lugar de origen (mapa interactivo)



Nota: Los resultados arrojados por el sistema y mostrados en esta gráfica, fueron capturados directamente por las personas encuestadas, por lo que se muestran íntegros en la misma. Fuente: <https://avanza.bicitekas.org>.

Figura 2. Sentimiento de seguridad promedio, por modo de transporte














Fuente: <https://avanza.bicitekas.org>.

Figura 3. Paradas intermedias entre el domicilio y el trabajo



Fuente: <https://avanza.bicitekas.org>.

Figura 4. Aspectos positivos y negativos de cada modo de transporte

Medio de transporte principal	Aspectos positivos	Aspectos negativos
	Se puede desahogar Económico	Peligroso Caro Tráfico
	Comodidad Seguridad Rapidez	Tráfico Contaminación Stress
	Tiempo Salud Rápido	Contaminación Luvia Peligro
	Salud Tiempo Rápido	Ninguno Luvia Contaminación
	No uso el carro	Ninguno No está regulado No hay opciones en el estado de Mexico...
	Barato Rápido Deporte	Peligroso La lluvia Temporada de lluvia
	Costo Rapidez Duración	Sucio Robos Inseguro
	Rapidez Confort Tiempo	Se llena Olor Luvia
	Rapidez Oversize No hace ruido	Peligroso Difícil si llueve No apto para viajes largos
	Seguro Rápido Práctico	Ninguno
	Seguridad Rápido Cómodo	Costo Precio Tráfico

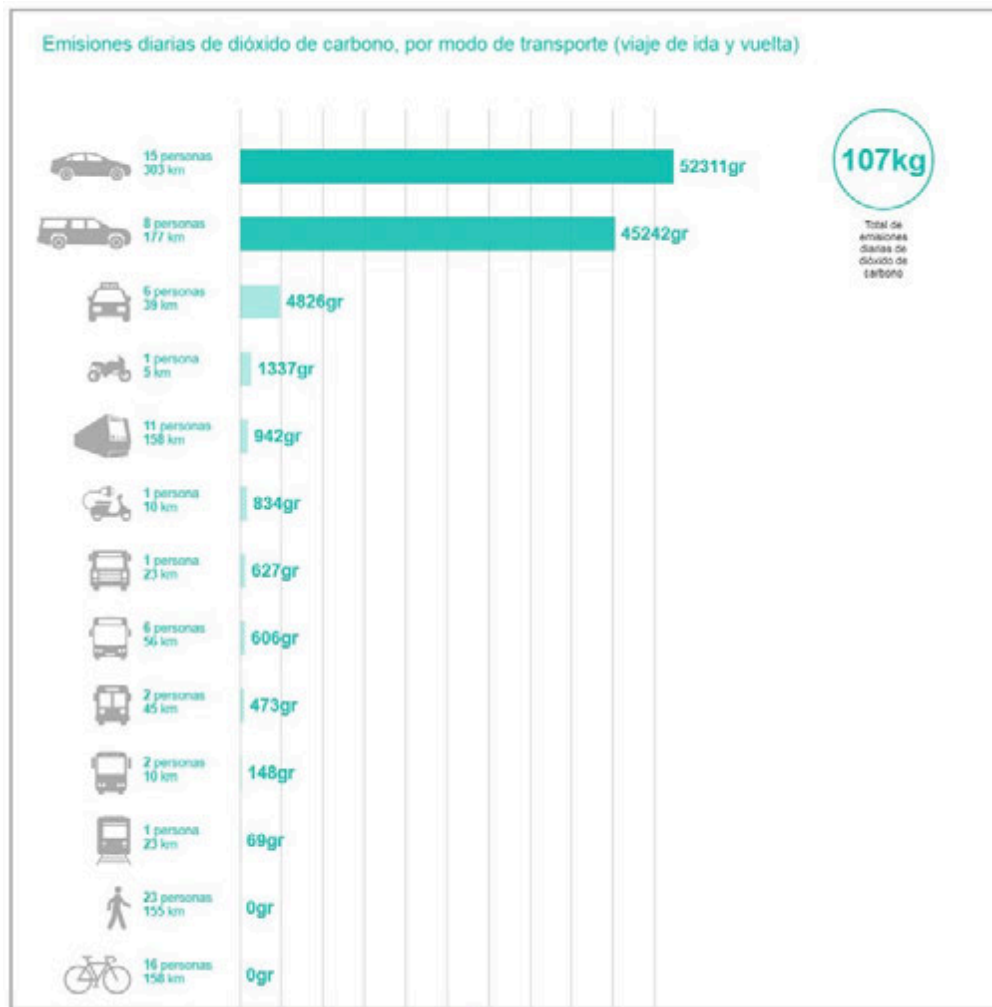
Nota: Los resultados arrojados por el sistema y mostrados en esta gráfica, fueron capturados directamente por las personas encuestadas, por lo que se muestran íntegros en la misma. Fuente: <https://avanza.bicitekas.org>.

Figura 5. Nubes de palabras con las representaciones acerca de los diferentes modos de transporte



Nota: Los resultados arrojados por el sistema y mostrados en esta gráfica, fueron capturados directamente por las personas encuestadas, por lo que se muestran íntegros en la misma. Fuente: <https://avanza.bicitekas.org>.

Figura 6. Emisiones diarias de dióxido de carbono totales y por modo de transporte



Fuente: <https://avanza.bicitekas.org>.

Fase 2. Diseño del plan de movilidad

En un segundo momento, se buscan soluciones concretas para reducir las emisiones de dióxido de carbono producidas por los viajes laborales del personal. En esta etapa, se diseñan alternativas de movilidad, individuales y colectivas, basadas en el diagnóstico y enfocadas en optimizar los desplazamientos laborales, así como favorecer el uso de transportes no motorizados y de bajo consumo de energía. Entre las estrategias desarrolladas para promover un cambio de comportamiento en materia de movilidad, destacan:

- La promoción del uso de la bicicleta entre el personal que vive a una distancia no mayor a cinco kilómetros de su lugar de trabajo, y usan modos de transporte motorizados, individuales o colectivos.
- La promoción del uso de la bicicleta en distancias cortas, en combinación con modos de transporte colectivo (primer o último tramo de viaje).
- La promoción del uso individual de vehículos eléctricos (motocicletas, bicicletas, patinetas).

- El diseño de rutas para la implementación de transporte de personal.
- El desarrollo de una estrategia para viajar en automóvil compartido.
- El diseño de un programa para implementar el teletrabajo y horarios escalonados de entrada y salida del trabajo, para las horas pico y el tráfico vehicular.
- El diseño de una propuesta para implementar incentivos al uso de la bicicleta, mediante la construcción de infraestructura dentro de la empresa o institución (biciestacionamientos, regaderas, etcétera) y la implementación de estímulos al personal (incentivo económico por kilómetro recorrido en bicicleta, por ejemplo).
- El diseño de una propuesta para desincentivar el uso individual del automóvil (cobro por estacionamiento en el lugar de trabajo, por ejemplo).
- La oferta de información sobre rutas de transporte público de mediana y alta capacidad, actualizada y adaptada a las necesidades individuales.

Fase 3. Implementación del plan de movilidad y estrategias de acompañamiento

En un tercer momento, se trata de implementar las diferentes estrategias y acompañar los cambios de movilidad. En esta etapa, no se trata únicamente de entregar una serie de soluciones pragmáticas a las empresas e instituciones, sino también de poner en práctica las estrategias diseñadas.

Con respecto de la promoción del uso de la bicicleta, por ejemplo, se propone la impartición de un curso de ciclismo urbano dentro de la empresa o institución, dirigido al personal interesado en probar esta alternativa de transporte. El curso está enfocado en que el personal adquiera las habilidades suficientes para transportarse en bicicleta por la ciudad de forma eficiente y segura. También se ofrece la organización de rutas en bicicleta o bicibuses que permiten a un grupo de personas trasladarse juntas en bicicleta, escoltadas por al menos dos instructores, siguiendo una ruta predeterminada y horarios preestablecidos que facilitan la incorporación de las personas en diferentes puntos de la ciudad. Esta etapa de acompañamiento es necesaria, no solamente para romper con hábitos de movilidad arraigados, sino también para incrementar las probabilidades de que estos cambios se mantengan en el tiempo (De Ferran et al., 2023).

Para Rocci (2015), las rutinas de movilidad son “generadoras de inercia” porque tienden a favorecer el modo de transporte al que las personas están acostumbradas, es decir aquel que les resulta más fácil de utilizar. Actuar por inercia o de forma automatizada permite evitar el esfuerzo de buscar nueva información y utilizar alternativas diferentes de transporte. En este sentido, las rutinas representan el principal obstáculo para dejar de utilizar el automóvil. En cambio, afirma Rocci (2015), la experiencia representa una palanca para romper con las rutinas y los hábitos arraigados.

Al ampliar el abanico de oportunidades y experimentar otra forma de transportarse, las personas optan por un cambio y se dan la oportunidad de adoptar nuevos hábitos de movilidad, siempre y cuando, enfatiza Rocci (2015), la experiencia resulte positiva. Acompañar estos nuevos hábitos de movilidad es importante para que se mantengan con el tiempo. Partiendo de esto, se apuesta por un cambio duradero en las prácticas de movilidad mediante el desarrollo de estrategias que animen a la gente a experimentar otras alternativas de transporte, mediante cursos de ciclismo urbano, por ejemplo, y hacer que estos cambios sean duraderos con el apoyo de diferentes incentivos y estrategias de acompañamiento.

Fase 4. Seguimiento y evaluación

Por último, es necesario evaluar la efectividad de las estrategias y acciones implementadas, midiendo los cambios a lo largo del tiempo. Para esto, se recomienda aplicar al menos una vez al año un cuestionario simplificado al conjunto del personal de la empresa o institución, que permita recolectar datos de forma regular sobre el lugar de origen de los viajes y los modos de transporte utilizados para ir al trabajo. Ambos datos son suficientes para medir la evolución de las emisiones de CO₂ (disminución o incremento) y los cambios en el reparto modal de los viajes. Como medida complementaria, también se podrá dar seguimiento a otros indicadores relacionados con las características de los viajes, principalmente tiempos y velocidades, con la finalidad de medir la eficiencia de los traslados.

Conclusiones

El papel que juegan los cambios de comportamiento en la transición energética es importante, particularmente a corto plazo, para enfrentar los retos de la descarbonización y, a largo plazo, para reducir el consumo de energía (IEA, 2023: 193-194).

Si bien existe un consenso sobre la necesidad de generar un cambio en los modos de vida de las personas para disminuir significativamente la demanda de energía, difícilmente se va a lograr a la velocidad que requiere la emergencia climática si no se desarrollan incentivos desde las políticas públicas para impulsar los cambios comportamentales (IEA, 2023, *op. cit.*).

Para generar y acompañar los cambios de hábitos de movilidad en los individuos, es necesario desarrollar políticas urbanas y sectoriales enfocadas de forma prioritaria en el ordenamiento territorial y del uso de suelo, en la gestión del estacionamiento y en la implementación de tarifas por congestión (Creutzig et al., 2015).

Estas estrategias han sido ampliamente estudiadas y comprobadas en diferentes ciudades y metrópolis del mundo, y en México existen excelentes manuales y guías publicadas por organismos internacionales, como el Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo⁴ y el Instituto de Recursos Mundiales⁵ para apoyar a los gobiernos estatales y municipales a implementar estas medidas.

Con base en lo anterior, y con la finalidad de optimizar en México el impacto de los planes de movilidad al trabajo, consideramos indispensable impulsar una ley que establezca la obligatoriedad para las medianas y grandes empresas, así como cualquier otro centro de trabajo público o privado que contrate a más de cincuenta personas, de implementar su propio plan de movilidad y transparentar la evolución de las emisiones de dióxido de carbono emitidas por la movilidad pendular de su personal.

Asimismo, es importante la creación de alianzas intersectoriales y la participación de la sociedad civil organizada para apoyar en el cumplimiento de las metas establecidas de disminución de emisiones de CO₂, no únicamente para ejecutar los planes de movilidad, sino también para reforzar el compromiso de la empresa con la sustentabilidad.

En México, desde el año 2000, el Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI) otorga el distintivo de Empresa Socialmente Responsable a las pequeñas, medianas y grandes empresas, que desarrollan buenas prácticas en cuatro ámbitos fundamentales, uno relacionado con el cuidado y la preservación del medioambiente, lo que ha contribuido a promover el compromiso del sector empresarial con la sustentabilidad.

4 Publicaciones del ITDP México: <https://mexico.itdp.org/publicaciones>.

5 Publicaciones del WRI México: <https://es.wri.org/publicaciones>.

Iniciativas de este tipo podrían ser impulsadas para otorgar un reconocimiento a los centros de trabajo que se comprometan con la movilidad sustentable y la disminución de sus emisiones de CO² y de gases de efecto invernadero. No faltan las ideas y las estrategias para mitigar el cambio climático; falta únicamente un fuerte compromiso político y social que otorgue los recursos financieros, humanos y materiales que permitan su implementación y garanticen su buena ejecución.

Referencias

- Beevers, S. D., & Carslaw, D. C. (2005). The impact of congestion charging on vehicle emissions in London. *Atmospheric Environment*, 39(1), 1-5.
- Creutzig, F., Jochem, P., Edelenbosch, O. Y., Mattauch, L., Vuuren, D. P. V., McCollum, D., & Minx, J. (2015). Transport: A roadblock to climate change mitigation? *Science*, 350(6263), 911-912. <https://doi.org/10.1126/science.aac8033>.
- De Ferran, F., Lallement, J., & Desmaison, V. (2023). L'accompagnement au changement dans le cadre de la mise en place d'un plan de déplacement: De la théorie à la pratique. *Recherche et Cas en Sciences de Gestion*, 23(3), 61-77.
- Gärling, T., & Schuitema, G. (2007). Travel Demand Management Targeting Reduced Private Car Use: Effectiveness, Public Acceptability and Political Feasibility. *Journal of Social Issues*, 63(1), 139-153. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.2007.00500.x>.
- Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M., & Rozenberg, J. (2016). *Unbreakable: Building the resilience of the poor in the face of natural disasters*. World Bank Publications.
- IEA. (2023). *World Energy Outlook 2023*. International Energy Agency. Available online: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (accessed on 29 December 2023).
- INEGI. (2007). *Encuesta de origen y destino 2007*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2017). *Encuesta de origen y destino 2017*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- ITDP. (2023). *Guía para el desarrollo e implementación de Planes de Movilidad Institucional*. Institute for Transportation and Development Policy y Banco Interamericano de Desarrollo.
- Martínez Salgado, H. (2018). *El desafío del sector transporte en el contexto del cumplimiento de las contribuciones determinadas a nivel nacional de América Latina*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/44344>.
- Riveros, H. G. (2016). Contaminación en la Ciudad de México y los intentos para reducirla. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, 30(2), 109-120.
- Rocci, A. (2015). Comment rompre avec l'habitude? Les programmes d'accompagnement au changement de comportements de mobilité. *Espace populations sociétés. Space populations societies*, 2015/1-2. <https://eps.revues.org/6027?lang=en>.
- Rye, T., & Ison, S. (2005). Overcoming barriers to the implementation of car parking charges at UK workplaces. *Transport Policy*, 12(1), 57-64.
- Tuerk, A., MacDonald, M., Graham, D. J., & Li, H. (2012). *Impact of congestion charging on traffic volumes: Evidence from London*. <https://trid.trb.org/view/1129204>.
- UNEP. (2023). *Emissions Gap Report 2023: Broken Record - Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again)*. United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922>.
- Vera, M., Romero, D. R., & Mata, E. G. F. (2015). El programa "Hoy no circula" como política de movilidad sustentable fallida, que puede provocar migración una mirada en retrospectiva de 25 años. *Gobernanza Ambiental Origenes CS5. 1. indd*, 81, 81-99.

Movilidad no motorizada en la ciudad de Pachuca: metodología para el análisis de senderos peatonales y ciclistas

*Yoan Saidt Beltán Martínez
Jairo Armando Lozano Hernández*

Resumen

La movilidad urbana sostenible es uno de los desafíos que enfrentan las ciudades modernas. Pachuca, una ciudad en constante crecimiento, no es la excepción. La necesidad de contar con alternativas de movilidad eficientes, seguras y amigables con el medio natural, ha generado, entre otras acciones, la implementación de una red de senderos peatonales y ciclistas que, sin embargo, resulta inconexa y fragmentada. En este contexto, el presente trabajo es parte de un proyecto de investigación que aborda la situación de la movilidad no motorizada en la ciudad de Pachuca. El estudio adopta un enfoque inductivo para explorar tramos y secciones específicas de la red de senderos, antes que el conjunto entero de la infraestructura creada, buscando así conocer las situaciones particulares que privan en un entorno que se intuye heterogéneo. En tal virtud, el objetivo principal fue la propuesta, diseño y empleo de instrumentos de diagnóstico, junto con la propuesta de un método de estudio para esta infraestructura. La aplicación de dichos instrumentos permitió caracterizar las condiciones físicas y de uso de diferentes segmentos de la red de senderos peatonales y ciclistas, probar la factibilidad de uso y verificar la calidad de la información recabada.

Introducción

El crecimiento de las trazas urbanas y su expansión territorial son fenómenos presentes en las ciudades. En México, el crecimiento urbano mostró una aceleración suscitada a partir de la década de 1990, con un nuevo modelo económico enmarcado en el libre mercado del sector inmobiliario, lo que se traduce en una notoria expansión de los asentamientos urbanos en el país (Garza & Schteingart, 2010).

De acuerdo con información del Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018, el crecimiento físico de las ciudades ha rebasado su crecimiento demográfico (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, SEDATU, 2014). Como ejemplo, en el periodo de 1990 a 2015, la población que vivía en ciudades mexicanas creció al doble, mientras que la superficie de las urbes aumentó seis veces en promedio. Una parte importante de este incremento de la población urbana se ha suscitado en algunas ciudades medias alrededor del país, de acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (*Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD, 2015), lo que favorece un modelo policentrista y metropolitano (Garza, 2002) que ha privado en las últimas décadas.

Este importante crecimiento demográfico y urbano ha tenido impactos en varias facetas de las ciudades, incluida la movilidad y el traslado de personas, bienes y mercancías. Una traza urbana más lineal y dilatada presenta diversos e importantes retos para las ciudades. Tal situación requirió de la transformación y evolución del entendimiento de los movimientos que realiza la población dentro de las ciudades, de tal forma que se ha transitado de un concepto básico como el transporte, a uno propuesto en esferas internacionales: movilidad urbana sostenible, entendida por autores como Gutiérrez (2012) como un performance, un acontecimiento en el territorio, diferente de los conceptos de vialidad y transporte urbano, que se reducen al medio, o al vector, necesario para el traslado.

Para la Comisión Ambiental de la Megalópolis del Valle de México, la movilidad sostenible es “aquella capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comunicar, comercializar o establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos o ecológicos básicos actuales o del futuro” (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, 2018).

Partiendo de la base del derecho humano al libre desplazamiento, la movilidad urbana sostenible busca aminorar el impacto al medioambiente de los múltiples traslados de la población, mientras que procura espacios públicos seguros y accesibles, con el fin de aumentar la calidad de vida de la población.

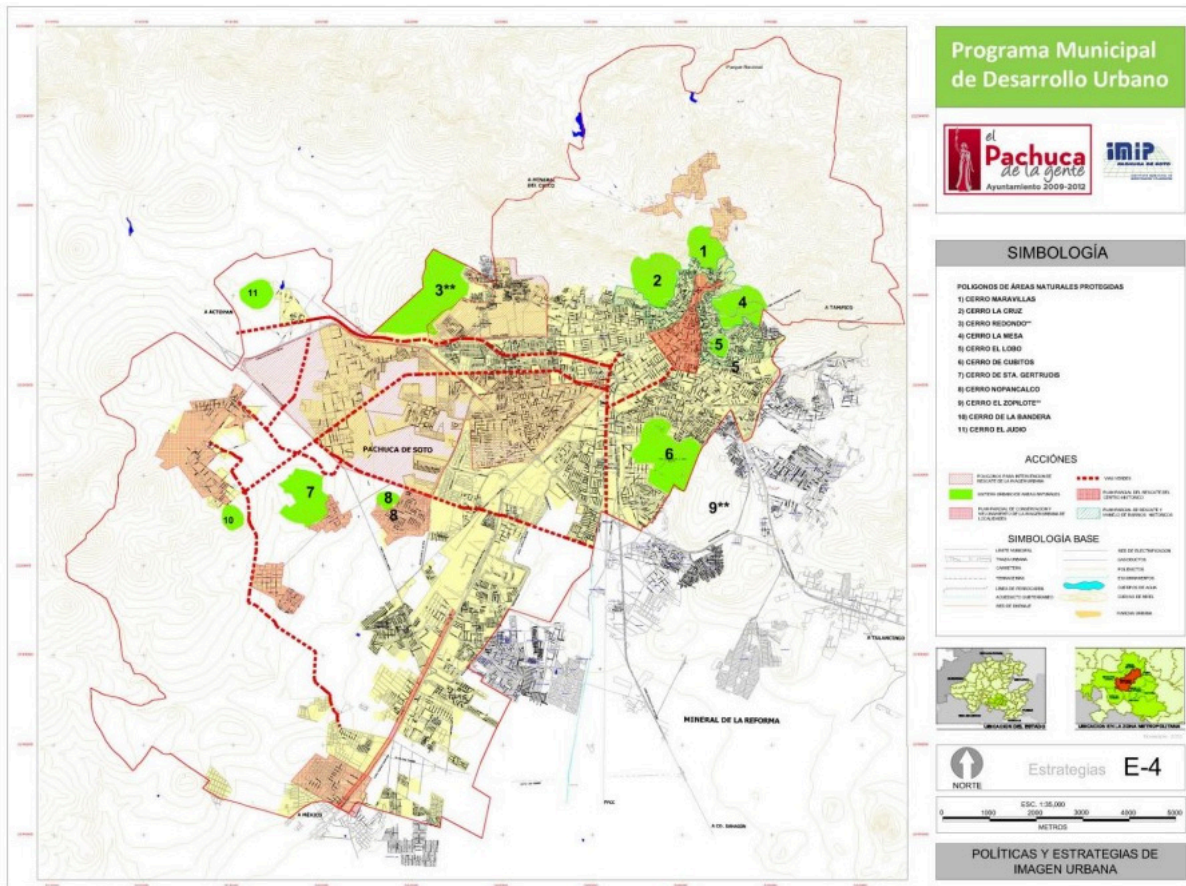
Este estudio se refiere a la ciudad de Pachuca y las condiciones de movilidad sostenible que presenta. La Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP), compuesta por los municipios de Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, Mineral del Monte, San Agustín Tlaxiaca, Zempoala, Zapotlán de Juárez y Epazoyucan, muestra las características propias de los patrones de crecimiento urbano de las ciudades medias del país. Al respecto, ha registrado un notorio crecimiento demográfico y urbano en las décadas recientes. De 1990 a 2015, la población de la ZMP se duplicó, pasó de 276000 habitantes a 557000, aproximadamente, con un aumento de más 280000 habitantes; para el año 2020 se superaron los 665000 habitantes, es decir, un incremento, en tan sólo cinco años, de más de 108000 personas (INEGI, 2021).

A partir de la primera década del siglo XXI, en la ciudad de Pachuca se realizaron esfuerzos para diagnosticar, analizar y reordenar los fenómenos urbanos, incluido el de la movilidad sostenible. En 2011, se emitió el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca (PMDU), que consideró dentro de sus objetivos específicos la consolidación de un sistema integrado de movilidad, basado en la integración del transporte público y la generación de vías verdes, como alternativa para el traslado de la población en el municipio:

Se propone desconcentrar las rutas de transporte del centro histórico y establecer en el mediano plazo un sistema integral de movilidad sustentable en el municipio, basado en vías verdes, rescatando el derecho de vía de diferentes elementos, así como en la posible inclusión de un sistema de transporte público masivo (Ayuntamiento de Pachuca, 2012, p. 293).

Dentro de sus características notables, el PMDU planteó la formulación de un plan sectorial de movilidad urbana. Para el caso de la movilidad sustentable no motorizada, este instrumento contempló una etapa inicial de intervención mediante el uso del derecho de vía, que tuviera como resultado la creación de senderos con ciclovías, andadores peatonales y franjas de vegetación en zonas urbanas y periurbanas. El listado de espacios donde se abordaría dicha intervención consideró a las líneas de alta tensión en los entornos urbanos, vías férreas, ductos de PEMEX y caminos interparcelarios (figura 1).

Figura 1. Políticas y estrategias de imagen urbana, señalización de los senderos verdes



Fuente: Programa Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Pachuca de Soto.

Durante el periodo de la administración municipal 2012-2016, se propuso la creación de hasta 40 kilómetros de senderos y ciclorutas; sin embargo, pese a lo señalado por el PMDU, las acciones realizadas en este periodo no se basaron en la previa formulación de un programa sectorial de movilidad urbana sostenible, por lo que la red resultó inconexa y parcialmente fragmentada.

En 2016, se inició el programa Bici Capital, un sistema de préstamo de bicicletas con un parque inicial de 140 equipos y seis estaciones de resguardo distribuidas en diferentes puntos del municipio. La administración municipal 2016-2020 no aumentó la longitud de la red de senderos, pero formuló un esquema llamado Plan Maestro de Movilidad Sustentable de senderos y ciclorutas (figura 2), para complementar y redirigir la red de infraestructura existente. También se retomó y relanzó el programa Bici Capital bajo el nombre Pachuca en Bici. A nivel estatal, es hasta 2021 que se emite el Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable para la Zona Metropolitana de Pachuca (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2021) y, en noviembre de 2022, se renueva el Programa Municipal de Desarrollo Urbano (Ayuntamiento de Pachuca, 2022). La red actual obedeció al aprovechamiento de espacios y secciones disponibles en la traza urbana de Pachuca, por lo que no aseguró su integración funcional.

Figura 2. Plan Maestro de Movilidad Sustentable, 2017



Fuente: Ayuntamiento del municipio de Pachuca de Soto, 2019.

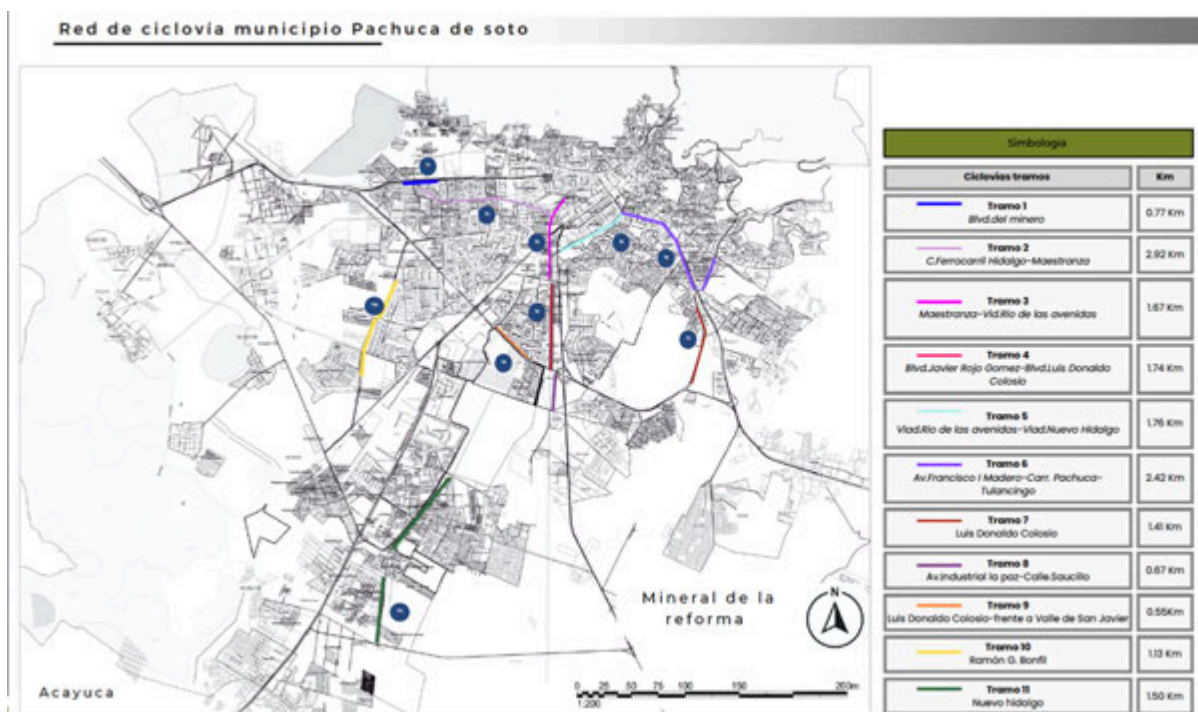
Planteamiento del problema

Para este trabajo se ha elegido realizar el diagnóstico de las condiciones y uso regular de la infraestructura destinada a la movilidad no motorizada. Dentro de Pachuca existe una red de senderos peatonales y ciclistas con una extensión actual de 16.54 kilómetros (figura 3). Determinar el nivel de integración de esta red y su funcionamiento en conjunto, es, en sí mismo, un objetivo que deriva en un estudio más amplio y de mayor alcance.

La conformación de esta red utilizó como base el PMDU 2011; sin embargo, no se tomó en cuenta algún programa sectorial de movilidad sustentable que diera respaldo y orden de prioridad en su implementación. Los primeros tramos de este tipo de infraestructura fueron construidos retomando derechos de vía de líneas férreas, así como vialidades secundarias que contaban con la sección suficiente para introducir carriles exclusivos para ciclistas. Lo anterior derivó en la falta de integración de la red de senderos y ciclovías, así como su baja correspondencia al conjunto de movimientos habituales de la población y sus desplazamientos.

Así, la incorporación posterior de otros tramos que tampoco contaron con un enfoque de conjunto e integración, ante la ausencia de un instrumento de planeación sectorial, resultó en una red que, después de más de una década, no responde cabalmente a los desplazamientos requeridos por la población. Cada tramo actúa de forma individual a su contexto urbano, más que al conjunto, generando diferentes intensidades de uso y un panorama heterogéneo y fragmentado.

Figura 3. Red actual de senderos peatonales y ciclistas de la ZMP



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo.

Frente a este escenario, el presente estudio propone un enfoque inductivo, acota el objeto de estudio a tramos y secciones de la red de senderos-ciclovías, para plantear un abordaje metodológico que permita caracterizar el uso y las condiciones que tienen los diferentes tramos de esta infraestructura. Esta información construirá un panorama más completo y detallado de la red, con la intención de sumar a un proyecto de investigación de movilidad a escala metropolitana.

Justificación y sustentación

Al no contar con un programa sectorial de movilidad integral para la ciudad de Pachuca, la estrategia careció de sustento para la implementación de la infraestructura de senderos y ciclovías durante la última década. Esto derivó en procesos y resultados diversos, de entre los que se destaca el aprovechamiento de los derechos de vía disponibles y la amplitud de sección de vías vehiculares existentes, antes que la generación de una programación con base en los traslados de la población y sus necesidades.

Sin un planteamiento general, la conformación de la red de senderos para la movilidad no motorizada atendió requerimientos particulares de cada tramo construido, considerando su contexto urbano inmediato, como la morfología urbana y las condiciones físicas del entorno, por lo que se intuye que la red presenta un escenario heterogéneo y una posible desconexión funcional, que impiden brindar a la población una alternativa real de movilidad no motorizada. Derivado de esta situación, se propone abordar el fenómeno con un método inductivo, mediante el análisis de cada ramal por separado.

Objetivos

Desarrollar e implementar un método que permita caracterizar el uso recurrente, las condiciones físicas y la percepción de los usuarios de la infraestructura física de senderos y ciclovías en la ciudad de Pachuca, para lograr una comprensión amplia y detallada del funcionamiento e impacto de esta infraestructura, así como sus posibles áreas de mejora. El método utiliza instrumentos diseñados que permiten recabar información cualitativa y cuantitativa relacionada con el uso y la percepción del usuario.

Los objetivos particulares son: diseñar una batería de instrumentos que recabe información de campo para realizar el perfil de un tramo de los senderos-ciclovías, mediante su aplicación en sitio, en horarios y días de mayor uso por la población; verificar la aplicabilidad de los instrumentos propuestos para recabar información, con la perspectiva de poder implementarlos en futuros estudios de movilidad no motorizada, mediante el pilotaje en un tramo de la red de senderos peatonales y ciclovías, así como el análisis y cruce de resultados obtenidos; por último, detectar necesidades sentidas y áreas de mejora en la infraestructura de los tramos analizados para realizar propuestas de intervención generales que puedan ser compartidas con la autoridad, mediante la entrega de un informe técnico.

Marco teórico

El término fundamental para este estudio es la movilidad urbana sustentable o movilidad sustentable. Su definición constituye una evolución sobre el entendimiento de la necesidad de traslados de la población y los bienes dentro de las zonas urbanas. Precede al concepto de transporte, el cual se interesaba más en los medios y vectores usados para la movilización (Gutiérrez, 2012). Suma y considera el total de desplazamientos individuales, tanto motorizados como no motorizados, y pone atención principal en las personas y bienes que se trasladan, posteriormente, en los medios utilizados para ello (Orellana et al., 2017). Es clara la distancia que estriba entre ambos conceptos, transporte y movilidad, la última es la que recaba los deseos de desplazamiento que tiene el ser humano para satisfacer alguna necesidad, como trabajo, educación, salud, recreación o alguno más (Beltrán et al., 2020) por lo que el objetivo final de la movilidad resulta en la accesibilidad.

La sociología urbana es uno de los campos germinales del concepto de movilidad. En los años setenta, se retoma la movilidad como un factor condicionante para la disminución de la desigualdad social y territorial que puede originar el transporte (Gutiérrez, 2012). Autores como Hägerstrand (1970) y su postulación de la geografía del tiempo, establecen que toda actividad humana, más allá de los deseos y decisiones que la originan, está acotada por una serie de limitaciones y restricciones. Este nuevo paradigma cimentó, de manera germinal, la conciencia de investigadores y servidores públicos para la atención de los problemas de desigualdad socio espacial y ambientales, por medio del estudio del comportamiento en el espacio de los ciudadanos. Para la década de los noventa, dentro de un modelo económico renovado, la movilidad no fue tomada en cuenta como concepto central en las políticas de transporte urbano. La construcción de infraestructura y las medidas introducidas en las ciudades, fueron orientadas hacia el automóvil particular y, en menor medida, al transporte público, ambos medios motorizados de traslado.

Hasta inicios del siglo actual, en la primera década, el concepto de movilidad fue retomado de los estudios de sociología urbana e impulsado para su institucionalización. Surgió así el interés de parte de organizaciones internacionales y gobiernos locales para emprender acciones basadas en un concepto generalizado, pero aún ambiguo. Miralles-Guasch (2002) propone una relación dialéctica entre el espacio urbano y el transporte; hace

hincapié en la accesibilidad como punto neurálgico para las necesidades de diferentes grupos de población, y supera los únicos temas tratados de forma pública en ese momento, la velocidad, la distancia y el medio de traslado. Por otro lado, una constante revisión a la implementación de políticas de movilidad, así como al entendimiento de otros medios con una tendencia a la sustentabilidad, fueron pieza clave en la conceptualización de la movilidad como factor de calidad de vida (Maggi & Vallino, 2016; Veloz & Medina, 2013).

Derivado de estas vertientes, se establece a la movilidad sostenible como un elemento preponderante en el estudio de las urbes y las políticas orientadas a su desarrollo. Por ejemplo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) refuerza la definición que emite la Real Academia Española:

Lamovilidadsostenibleesun términointerdisciplinarqueconsideraeldesarrollo depolíticasmedioambientales en la locomoción urbana, para así respetar las necesidades climáticas presentes en ciudades de alto tráfico y emisión de gases de efecto invernadero, como capitales y megápolis (CEPAL, 2023).

En este mismo sentido, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Sostenible, Habitat III, se discutió sobre la movilidad urbana sostenible, la cual está “determinada por el grado en que la ciudad en su conjunto es accesible a todos sus residentes, incluidos los pobres, los ancianos, los jóvenes, las personas con discapacidad, las mujeres y los niños” (United Nations, 2015, p. 130).

Esta nueva conceptualización de la movilidad sostenible ha tenido como respuesta el impulso a políticas públicas en diferentes esferas y órdenes de gobierno. Para nuestro país, el andamiaje legal se obtiene mediante la Ley de Movilidad y Seguridad Vial (2023) y las leyes estatales de movilidad emitidas. Asimismo, se articula mediante instrumentos de planeación como los Programas de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, y los Planes Integrales de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS).

Marco metodológico

Una vez establecido el concepto principal, la movilidad urbana sostenible en su faceta no motorizada, y determinado el objeto de estudio mediante la elección de un tramo de la red de senderos peatonales y ciclistas de la ciudad de Pachuca, fue necesario establecer la metodología que se empleó para lograr la caracterización de dicha infraestructura.

Bajo esta premisa, es posible identificar dos líneas que siguen los estudios sobre movilidad no motorizada (Orellana et al., 2017), la relación espacial que surge entre los actores y el contexto urbano construido, así como la aplicación de conocimientos y dispositivos dentro del comportamiento espacial para determinar acciones físicas y sociales.

El presente estudio busca localizarse en la primera línea mediante estudios de observación directa en el espacio, y la obtención de información que permita la revisión de las condiciones ofertadas a la población.

De igual forma, los estudios de movilidad no motorizada pueden ser diferenciados con base en la fuente de obtención de los datos. Se encuentran aquellos que utilizan las nuevas herramientas de geoposicionamiento con software y sistemas de información geográfica (Beltrán et al., 2020; Sevtsuk, 2018; Dunkel, 2015) y los que hacen uso de herramientas y diversos dispositivos tecnológicos (Ratti & Claudel, 2016; Offenhuber & Ratti, 2014); aquellos que analizan el comportamiento y percepción de los usuarios para entender las decisiones de movilidad y tránsito, la percepción de su entorno y sobre sí mismos (Flores-Torres et al., 2023; Vazquez-Wlasiuk

et al., 2023; L. Valenzuela-Montes y Talavera-García, 2015; Damant-Sirois et al., 2014); finalmente, estudios cuyas fuentes de información se generan mediante análisis cualitativos, como la entrevista, las etnografías o la observación directa (Ramos-Mancilla, 2018; Orellana et al., 2017; Huerta-Oropeza, 2016; Lorenzi-Fernández y Ortega-Botella, 2016; Alcántara, 2011).

Los estudios dentro del campo del diseño urbano, y estudios urbanos, hacen más uso de herramientas provenientes de la sociología urbana y de la antropología, para la obtención de datos e información de primera fuente (Huerta-Oropeza, 2016; Lorenzi-Fernández y Ortega-Botella, 2016; Ramos-Mancilla, 2018; Tonon et al., 2009). La parte central de estos estudios radica en la observación participante, y no participante, por medio de técnicas etnográficas que resultan idóneas al momento de buscar entender el uso de los espacios públicos, como los senderos peatonales y ciclistas.

En años recientes, los estudios de observación directa en espacios públicos han cobrado relevancia por su abordaje y perspectiva. Es posible encontrar diversos instrumentos, dentro de los que sobresalen las huellas de conducta, cuya característica primordial es la observación de los rastros que dejan las interacciones con el lugar; el seguimiento conductual mediante un acompañamiento de los recorridos y actividades que realizan las personas, tal como lo hace el Laboratorio de áreas verdes y espacios públicos de la Facultad de Arquitectura, por citar un ejemplo; los sistemas para observar la intensidad de uso del espacio por parte de la comunidad (SOPARC, por sus siglas en inglés); el uso de drones para dar seguimiento a las actividades, y los mapas conductuales que registran las actividades y movimientos que se dan de forma particular en un espacio determinado (Fan-Ng, 2016).

Para el presente trabajo se propuso retomar los estudios de orden cualitativo y conocer, por medio del contacto directo, el comportamiento de la población y su percepción con respecto del contexto urbano y las condiciones sociales. También se plantea el uso de un enfoque que recabe la percepción de los usuarios respecto de los espacios de tránsito peatonal elegidos. Se retomaron técnicas etnográficas para diseñar dos instrumentos que permiten realizar la observación directa no participante de los comportamientos espaciales y también la relación indirecta con los usuarios.

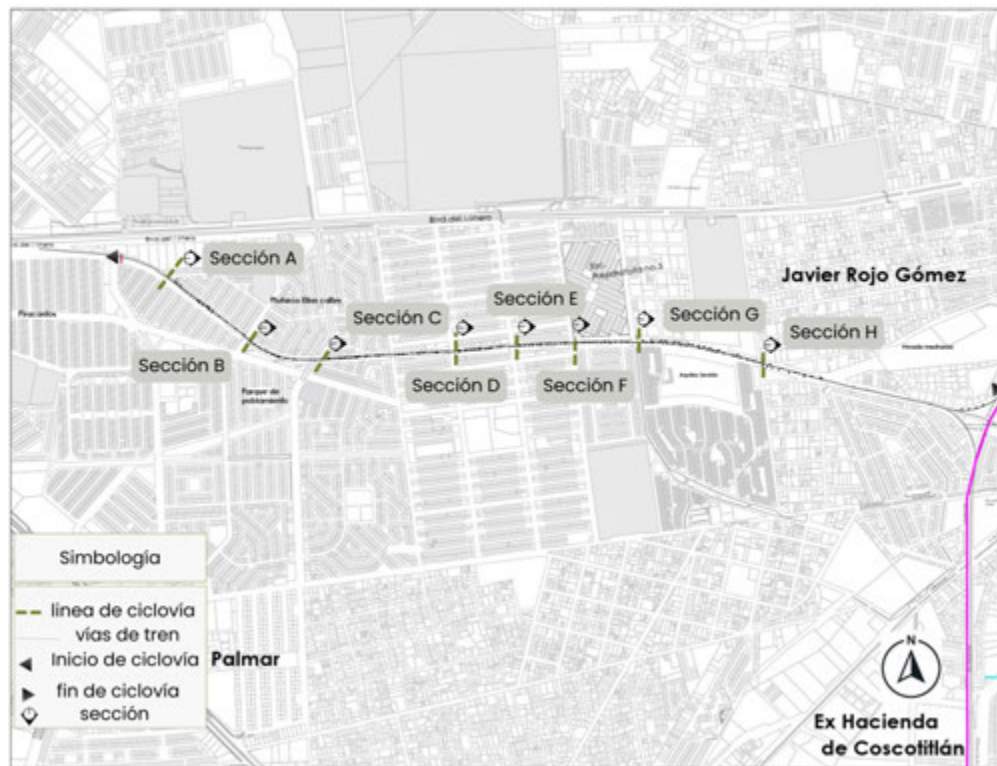
El esquema empleado se articula bajo tres ejes fundamentales: un eje metodológico orientado al diseño de un instrumento que permita la observación directa y así recabar información de las características físicas del contexto urbano de la infraestructura peatonal y ciclista; un eje conductual que permita caracterizar el comportamiento de los usuarios dentro del espacio público, categorizando el perfil de los mismos, y un eje perceptual, cuyo principal propósito sea recabar la percepción directa de los usuarios sobre el espacio y sobre ellos mismos, que sirva como control para corroborar información recabada con el instrumento conductual.

Instrumentos

El primer instrumento que se propuso utilizar consiste en una cédula de levantamiento de las condiciones físicas del espacio público, compuesta de las siguientes secciones: croquis de ubicación, que incluye el tramo total del sendero peatonal-ciclista; información general, longitud del tramo, ancho del sendero, sentidos de circulación, conexión y continuidad con otros tramos identificados, tipo de sendero-ciclovía (confinada o compartida), y uso preponderante (de tránsito, deportiva, recreativa); características físicas, como material y estado del pavimento, pendientes y arte urbano; infraestructura complementaria, como áreas de descanso, sombra, botes de basura, bicipuertos, dispositivo wifi, juegos infantiles y parques; iluminación; señalamientos

horizontales y verticales; seguridad y accesibilidad, en cuanto a la presencia de botones de pánico, cámaras de vigilancia, iluminación, cruces viales, confinamiento y conexión, así como entorno y contexto urbano.

Figura 4. Mapa del objeto de estudio, tramo de sendero peatonal y ciclista sobre derecho de vía de ferrocarril en Piracantos-Parque de poblamiento- Plutarco Elías Calles- Rojo Gómez- Aquiles Serdán- Maestranza



Fuente: elaboración propia con base en el plano catastral de Pachuca de Soto.

El segundo instrumento que se utilizó es un mapa conductual, una técnica empleada dentro de la psicología ambiental para lograr dilucidar los comportamientos espaciales que presentan los usuarios y asistentes a un espacio (Fan-Ng, 2016). Registran los usos, actividades y traslados que realizan los individuos de forma sistemática, con un respaldo gráfico (plano o mapa del espacio). Para el caso en particular, se utilizaron mapas conductuales para el tramo analizado, con base en el plano catastral de Pachuca, proporcionado por la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano, Vivienda y Movilidad (SOPDUVM), en donde se registró el comportamiento espacial de los usuarios y una base de datos con la información obtenida (figura 4).

El tercer instrumento consiste en una entrevista estructurada anónima. Incluso con esta propuesta, con la mayoría de preguntas cerradas, se da opción para tomar la opinión de los usuarios del espacio con el cierre de preguntas abiertas que permiten conocer de primera fuente la percepción del espacio que tienen. De igual forma, las entrevistas sirvieron para contrastar y corroborar la información que se obtuvo de los otros dos instrumentos.

Aplicación

Localización

La red de senderos peatonales y ciclovías de Pachuca cuenta con 16.54 kilómetros en once tramos que se apostan en derechos de vía del ferrocarril, y sobre algunas vías primarias y secundarias. Esta infraestructura no presenta una integración, es inconexa en varios tramos, como se observó en la figura 3, donde es evidente la continuidad de los senderos en su recorrido oriente-poniente en la parte central de la ciudad, pero su fragmentación en el sentido norte-sur, donde se han creado tramos de senderos que no se conectan entre sí.

De igual forma, su configuración no responde a los desplazamientos de las personas, ya que sus ramales no siempre conectan a escuelas, centros de trabajo, de abasto y comercio, como destino, lugares casuales de los viajes que puede realizar la población. Asimismo, las secciones y la infraestructura presente en cada tramo no muestran continuidad en toda la red, por lo que se crean escenarios heterogéneos que no son claramente adaptados a las situaciones de su contexto urbano.

Este trabajo constituye una parte inicial de un proyecto de investigación más amplio sobre la movilidad urbana sostenible no motorizada en la ciudad de Pachuca. En la primera etapa se eligió un objeto de estudio dentro de la red de senderos peatonales y ciclistas de Pachuca, para aplicar instrumentos de diagnóstico y ver la pertinencia de los mismos. El tramo elegido se localiza en el sendero apostado en las vías férreas hacia Actopan, sobre los fraccionamientos Piracantos, Parque de Poblamiento, Plutarco Elías Calles, Rojo Gómez, Aquiles Serdán y Maestranza. Su trazado recorre varios fraccionamientos habitacionales hacia el poniente con una alta densidad urbana; mientras que al oriente se localizan servicios educativos como la Escuela Preparatoria Número 1 de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y el Centro Universitario Continental (CUC), además de la continuidad hacia el polígono de transición al centro histórico de la ciudad de Pachuca, con una alta presencia de comercio y servicios.

El tramo, en específico, recorre las unidades habitacionales de Piracantos, Parque de Poblamiento, Plutarco Elías Calles, Rojo Gómez y Aquiles Serdán (figura 4). Este tramo cuenta con una longitud de 3.10 kilómetros en un sentido oriente-poniente. La elección de este tramo como objeto de estudio responde al uso intensivo de la infraestructura en horarios pico, por parte de los usuarios, y al impacto de los usos del suelo en el contexto urbano.

Levantamiento de las condiciones físicas

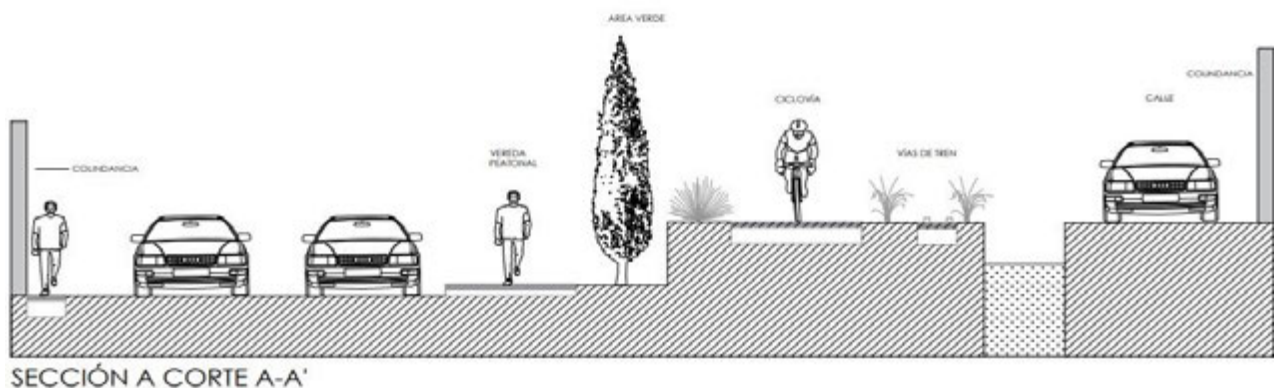
El registro de las condiciones físicas se realizó los días martes 12, sábado 16, miércoles 27 y sábado 30 de septiembre, y miércoles 3 y jueves 3 de octubre (mismos días elegidos para el levantamiento del mapa conductual) mediante el llenado de las cédulas correspondientes y con respaldo fotográfico. Se obtuvo la siguiente información:

- El recorrido del sendero se puede dividir en dos secciones diferenciadas: una parte apostada entre una o dos vialidades vehiculares laterales (en la parte norponiente y central), y otra confinada entre alineamientos de lotes habitacionales (en la parte central y al oriente) (figuras 5 y 6).
- La sección del sendero es variable, pero considera una amplitud de 15.40 metros en la parte poniente, con dos cuerpos de andadores para ciclistas, área verde y banquetta para peatones (presenta un desnivel entre el andador peatonal y el ciclista de hasta 1.8 metros); en la parte central, la zona más restringida, se cuenta con una sección de ocho metros, con una calzada de uso ciclista y otra peatonal, una

vialidad vehicular acompaña al norte el recorrido del sendero. Cercano al fraccionamiento Parque de Poblamiento y Plutarco Elías Calles, se cuenta con una sección confinada de más de 18 metros y, para el tramo oriente, entre el fraccionamiento Aquiles Serdán y la colonia Maestranza, se tiene la mayor apertura de la sección debido a la división de las vías del tren.

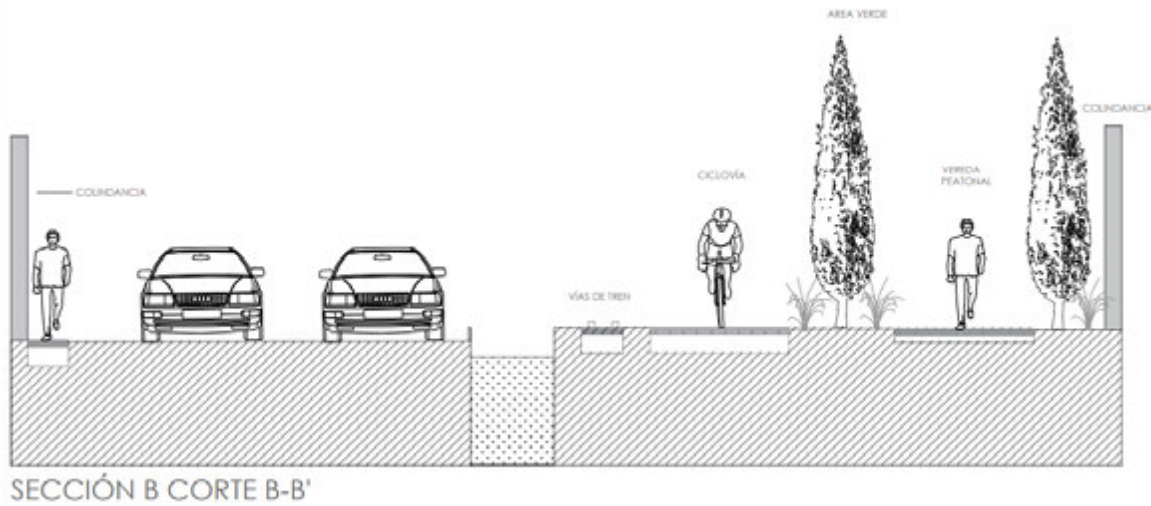
- Los materiales de pavimento corresponden a asfalto para el recorrido ciclista, y concreto hidráulico para el recorrido peatonal. Su estado de preservación es bueno.
- Existen áreas de descanso y sombra proporcionada por un arbolado, aunque no en todo el recorrido, únicamente en la parte central del fraccionamiento Parque de Poblamiento. Se cuenta con una serie de cruces vehiculares, ocho en total. De igual forma, hay parques y jardines vecinales circundantes al sendero.
- El espacio dispone de alumbrado público y señalamientos de circulación horizontales y verticales.
- Existen botones de pánico y cámaras de vigilancia en algunos cruces vehiculares.
- Hay paradas de transporte público en la Avenida 6 del fraccionamiento Plutarco Elías Calles.
- El sendero comparte el recorrido con diferentes vialidades, salvo en el segmento de la Avenida 2 a la Avenida 8, en el fraccionamiento Plutarco Elías Calles, que se encuentra confinado, y en la colonia Maestranza, donde ocurre lo mismo.
- De igual forma, se encuentran importantes zonas habitacionales de alta densidad, y algunos servicios comerciales y equipamiento. La parte oriente del recorrido cuenta con la presencia de escuelas, servicios y comercios.
- La longitud del tramo total es de 3.10 kilómetros.

Figura 5. Sección del sendero peatonal y ciclista sobre derecho de vía de ferrocarril en Piracantos. Aquiles Serdán-Maestranza



Fuente: elaboración propia con base en el plano catastral de Pachuca de Soto.

Figura 6. Sección del sendero peatonal ciclista sobre derecho de vía de ferrocarril en Priracantos-Aquiles Serdán- Maestranza



Fuente: elaboración propia con base en el plano catastral de Pachuca de Soto.

Los mapas conductuales fueron levantados en horarios de mayor demanda y con la presencia de usuarios (tabla 1), de acuerdo con el perfil que muestra el sendero analizado como espacio de tránsito y comunicación.

Fueron registradas las siguientes variables: tiempo, segmentado en cada diez minutos; asistencia individual o en grupo; número de personas; rangos de edad aproximados, divididos en grupos de cinco a 15 años, de 16 a 25 años, de 26 a 35 años, de 36 a 60 años, y de 61 años de edad y más; el género masculino y femenino; la actividad realizada dividida en: caminar, correr, bicicleta, caminar en tránsito, bicicleta en tránsito y ejercitarse; el nivel de actividad presentado: sedentario, caminata y deportivo; uso de bicicleta, y el acompañamiento de mascotas. Se tuvo un total de 1481 registros:

Tabla1. Registros realizados por día con los mapas conductuales

Fecha	12-sep	16-sep	27-sep	30-sep	3-oct	6-oct
Registro de personas por día	380	193	177	212	148	371

Fuente: elaboración propia con base en trabajo de campo.

Finalmente, las aplicaciones de las entrevistas estructuradas anónimas corresponden al 20% de la asistencia diaria al espacio público. Se aplicaron 60 entrevistas los días 9 y 10 de noviembre en un horario de 6:00 pm a 8:00 pm, de las que se obtuvo información de:

- ¿Cuántas veces a la semana hace uso de esta ciclovía? De 1 a 7 veces.
- ¿Cuál es la actividad predominante que realiza en la ciclovía? Con las opciones: caminar, pasear mascotas, correr, trotar y andar en bicicleta.
- ¿Cuánto tiempo en promedio pasa en la ciclovía cada vez? Con las opciones; 30 minutos, 1 hora, 1 hora y 30 minutos y 2 horas o más.
- ¿Llega caminando o en automóvil a la ciclovía? Con las opciones: caminando, en auto particular, en bicicleta y en transporte público.
- ¿A qué radio vive usted de la ciclovía? (se utilizaron referencias de los fraccionamientos aledaños) 1-5 cuadras; 6 a 10 cuadras; 1 a 2 km; más de 2 km.
- ¿Regularmente viene solo o con compañía a la ciclovía? Solo o con compañía.
- ¿Qué opina de las condiciones de la ciclovía? Con las opciones: excelentes, buenas, y deficientes.
- ¿Considera que la ciclovía es segura? Con las opciones sí, es segura; sólo es segura ciertas horas (se solicitó que comentarán más sobre las horas que consideran inseguras), No, es insegura.
- ¿Qué le hace falta a esta ciclovía? Con las opciones: juegos infantiles, bancas para descansar, sombra y vegetación, iluminación y otro (se solicitó ampliar la respuesta)
- Edad.
- Género (hombre/mujer).

Resultados

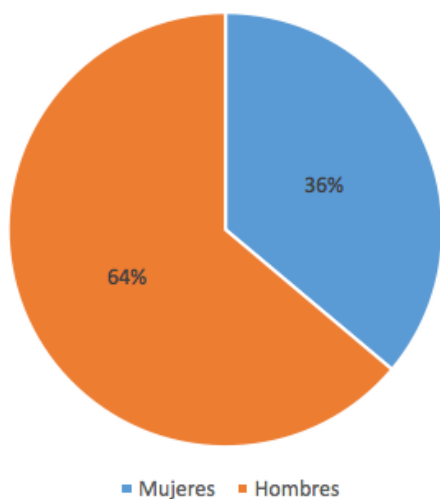
La aplicación de los tres instrumentos en el tramo de sendero peatonal y ciclista elegido, fue realizado los días 12, 16, 27 de septiembre y 3 y 6 de octubre del 2023. Con el uso de la cédula de condiciones físicas se logró caracterizar la infraestructura existente y la situación de mantenimiento en el sendero peatonal y ciclista Piracantos-Aquiles Serdán-Maestranza.

El sendero presenta dos morfologías determinadas por la presencia de vialidades a sus costados o el confinamiento entre lotes en su recorrido. A su vez, existen tres tipos de secciones diferenciadas: en su extremo poniente, sobre el fraccionamiento Piracantos, la sección es de 15.40 metros en promedio, con dos carriles de andadores para ciclistas, área verde y banqueta para peatones. Cabe señalar que presenta un desnivel entre el andador peatonal y el ciclista de hasta 1.80 metros, una situación de riesgo en esta parte del recorrido. En la parte central, entre el fraccionamiento Parque de Poblamiento y Plutarco Elías Calles, se localiza la zona más angosta del trayecto con una sección de 8 metros de ancho y una calzada de uso ciclista y otra peatonal; al costado norte del recorrido el límite es una vialidad vehicular y al sur el alineamiento de los lotes. Continuando con el trazado del sendero, sobre el fraccionamiento Plutarco Elías Calles, se cuenta con una sección confinada en ambos costados de 18 m. en promedio, conservando las dos calzadas. Para el tramo oriente, entre el fraccionamiento Aquiles Serdán y la colonia Maestranza, se tiene la mayor apertura de la sección debido a la división de las vías del tren.

En general, las condiciones del sendero son adecuadas en cuanto a pavimento, sin embargo, presenta requerimientos de iluminación, elementos de sombra y señalización horizontal en ocho cruces vehiculares. Con respecto del contexto urbano, el sendero se encuentra en medio de zonas habitacionales de mediana y alta densidad, con vivienda unifamiliar de interés social, unifamiliar y plurifamiliar, y vivienda popular. Esta situación genera un uso intenso y distintivo por parte de la población.

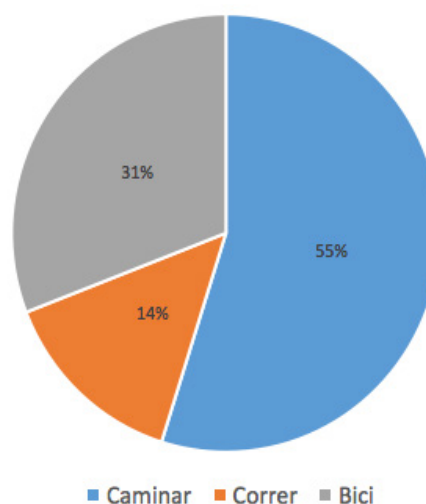
En cuanto a las cédulas de mapas conductuales y registro de actividades, se tuvieron 1481 registros en seis días de levantamiento. Los hallazgos más importantes versan en lo siguiente: existe un uso mayor por parte de hombres con respecto de las mujeres. Del total de registros, 36 por ciento de los usuarios corresponde a mujeres y 64 por ciento, a hombres (gráfica 1); en cuanto al uso del espacio, la actividad principal registrada es caminar, con un 55 por ciento, seguida por el uso de la bicicleta, con un 31 por ciento, y al final correr con sólo 14 por ciento. Es notorio el amplio uso de la bicicleta, tanto para transitar como para ejercitarse (gráfica 2).

Gráfica 1. Registro de asistentes al sendero, divididos por género



Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Gráfica 2. Registro de actividades realizadas en el sendero



Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Se registra un importante porcentaje de la población que hace uso del espacio para el tránsito, ya sea caminando o en bicicleta, 47 por ciento de los usuarios (gráfica 3). En algunos días, este porcentaje se incrementa a más de la mitad.

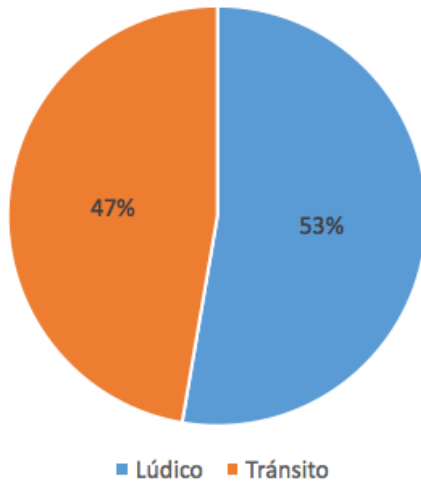
Para este tramo de sendero, se encontró que las edades principales se registran entre 36 y 60 años, con 51 por ciento del total de individuos, seguidos por aquellos de 26 a 35 años con 28 por ciento. Resulta interesante que el tercer grupo de edades es de jóvenes de 16 a 25 años, con 13 por ciento; tanto la población infantil de 5 a 15 años, como los adultos mayores, contribuyen con siete y uno por ciento, respectivamente (gráfica 4).

El último instrumento aplicado consistió en las entrevistas estructuradas anónimas. Se aplicaron 60 entrevistas los días 9 y 10 de noviembre, en un horario de 18:00 a 20:00 horas. Los resultados sirvieron para contrastar la información de lo registrado por medio de los mapas conductuales. Dentro de los datos más destacables se obtuvo que las personas entrevistadas corresponden a 53.3 por ciento, hombres, y 46.7 por ciento, mujeres.

De acuerdo con las entrevistas realizadas, la población más representativa es la de 36 a 60 años con 30 por ciento, de 26 a 35 años con 29 por ciento y la de 16 a 25 años con un 29 por ciento (gráfica 5).

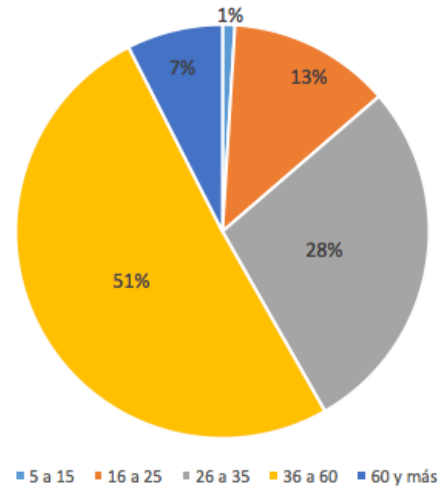
Como dato interesante, 42 por ciento de los entrevistados reportaron asistir siete días a la semana al sendero peatonal y ciclista de análisis, lo que se traduce a una población usuaria permanente y constante (gráfica 6).

Gráfica 3. Registro de actividades lúdicas y recreacionales frente a las actividades de tránsito



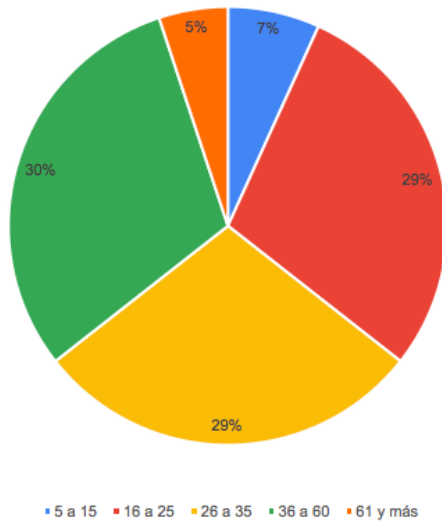
Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Gráfica 4. Registro de asistentes al sendero por grupo de edades



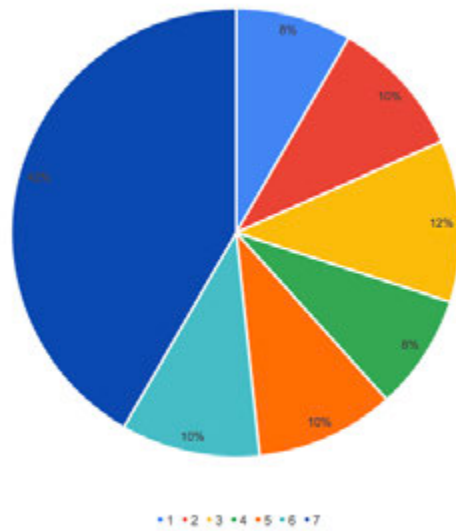
Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Gráfica 5. Población entrevistada por grupo de edades



Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Gráfica 6. Frecuencia de asistencia por días a la semana

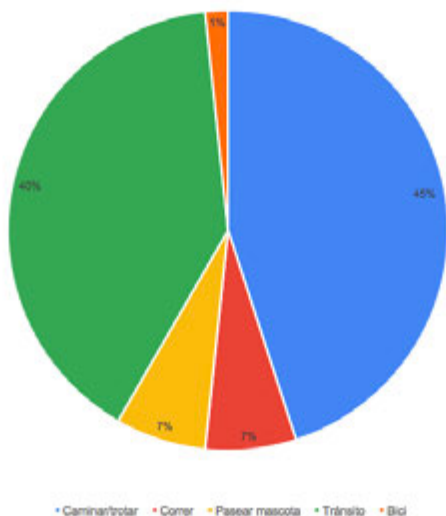


Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

En cuanto a las actividades realizadas que fueron reportadas, existe correspondencia entre lo obtenido con la aplicación de este instrumento y los mapas conductuales: 45 por ciento reportó que su actividad principal es la caminata con motivos lúdicos, mientras que el tránsito conforma 40 por ciento (gráfica 7).

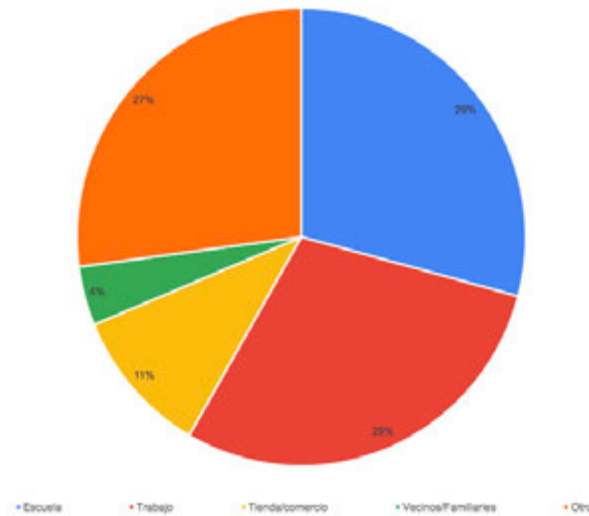
Los principales motivos de traslado por parte de la población son: asistencia a la escuela y al trabajo, sumando 58 por ciento entre ambos. De la población entrevistada, 27 por ciento comentó otro motivo, sin ahondar en detalles (gráfica 8)

Gráfica 7. Actividades reportadas que se realizan en el sendero



Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Gráfica 8. Motivo de traslado reportado por la población entrevistada



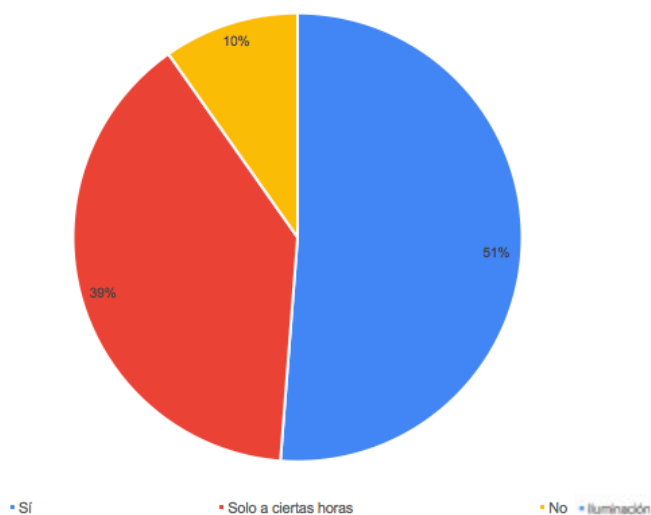
Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

De los encuestados, 90 por ciento reportó que usa el sendero entre 30 minutos y una hora; 70 por ciento de los asistentes vive a una distancia de una a diez cuerdas del sendero. A la pregunta de si se considera seguro el sendero, 51 por ciento mencionó que, en su percepción, el espacio es seguro; mientras que 39 por ciento considera que sólo es seguro de forma diurna, con sensación de inseguridad por la tarde-noche. Asimismo, diez por ciento refirió que percibe el espacio inseguro (gráfica 9).

Las preguntas de cierre de la entrevista se orientan a las condiciones de espacio y las necesidades sentidas sobre el mismo. Esta información se corrobora con la obtenida por el registro de las condiciones físicas de la infraestructura. De los encuestados, 68 por ciento respondió que las condiciones del sendero son buenas; mientras que 30 por ciento opinó que son deficientes, y dos por ciento, que son excelentes.

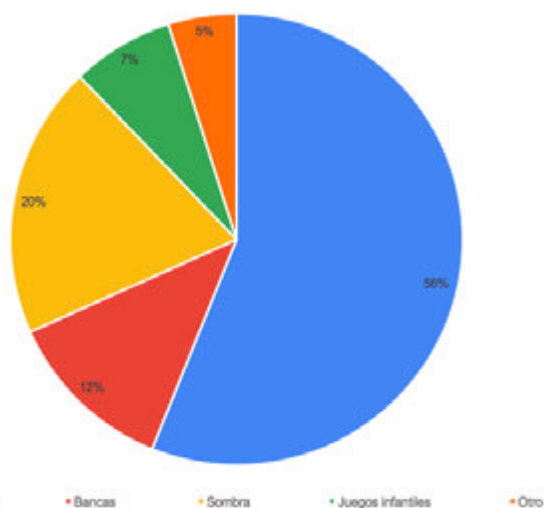
La mención a la iluminación es sin duda la carencia más identificada por la población, con 56 por ciento de las respuestas, seguida por los elementos de sombra y bancas (gráfica 10).

Gráfica 9. Percepción de la población sobre si el sendero es seguro



Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Gráfica 10. Respuesta de la población entrevistada a ¿Qué le falta al sendero?



Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Conclusiones

En esta primera etapa, se realizó la descripción general de la red existente de infraestructura para senderos peatonales y ciclistas en la ZMP; fue evidente la situación heterogénea e inconexa que muestra dicha infraestructura. Esta condición de fragmentación, tanto funcional como en sus condiciones físicas, presenta el reto de cómo abordar esta red, con el objetivo de lograr caracterizarla y realizar propuestas de mejora. Aunque el proyecto de investigación aborda la estructura y funcionamiento del total de la red actual, es requerido contar con un apoyo metodológico que permita investigar de forma puntual cada uno de los ramales de la red.

A partir de un enfoque inductivo, se propuso un marco metodológico y herramientas de diagnóstico que buscan, después de un ejercicio de pilotaje, la factibilidad de aplicación en cada tramo de la red, para conocer con mayor profundidad las características de estos espacios públicos. De esta forma, el análisis propuesto fue de escala local/vecinal, con la intención final de sumar los hallazgos a una investigación de escala urbana/metropolitana.

Acerca de los instrumentos que fueron propuestos para este estudio piloto, se puede verificar la factibilidad de su uso con hallazgos que permiten generar las siguientes observaciones y recomendaciones:

- La cédula de condiciones físicas recabó información gráfica de las condiciones del sitio. La misma fue dividida en seis secciones más el reporte fotográfico. Lo que se observó es que la sección 6, demanda, debe de ser eliminada, ya que no se refiere a características físicas del espacio y es abordada de forma más amplia en los mapas conductuales.
- El mapa conductual y su respaldo en la base de datos generada, es un instrumento que demostró su valía. Logra definir de forma adecuada a la población usuaria, las actividades que se realizan, los horarios de mayor uso y si el espacio es utilizado como área de tránsito (lo cual favorecería un modelo de movilidad

urbana sostenible) o sólo como un área de recreación. Para el caso abordado, fue evidente que el espacio es ocupado para el tránsito y no sólo como un parque lineal. Al cruzar la información obtenida en los mapas conductuales con las cédulas de condiciones físicas, se logró entender que el sendero ofrece una infraestructura peatonal y ciclista adecuada para el tránsito de personas en esta zona, integrándose a otros tramos de la red de senderos a nivel ciudad. Este hallazgo confirma lo valioso de un instrumento como un mapa conductual y su necesario cruce de información con otros instrumentos; sin embargo, es necesaria su aplicación a otros tramos de la red para verificar si las variables consideradas son idóneas o requieren ajustes. La propuesta de aplicar el instrumento únicamente en horarios pico de uso del espacio público, también resultó favorable para economizar los recursos humanos y materiales disponibles sin perder representatividad de la información obtenida.

- Las entrevistas estructuradas realizadas de forma anónima mostraron su idoneidad al permitir corroborar la información que se obtuvo de los mapas conductuales. Los rangos de edades mostraron similitud en ambos instrumentos, así como las actividades realizadas. Más importante aún, las entrevistas permiten conocer más datos de la población, la cual, para el caso de estudio, resultó ser recurrente en el espacio, con horarios y días de visita muy continuos y estructurados. Es valioso conocer la percepción que tienen los usuarios sobre el espacio, su seguridad y la calidad de la infraestructura ofertada.

La información recabada ha mostrado su valía al momento de ser expuesta a personal de la SOPDUVM, lo cual ha permitido delinear una ruta de acción sobre futuras intervenciones públicas en mejora de la infraestructura física.

Finalmente, es apropiado señalar que los instrumentos propuestos son algunos dentro de una batería de otros instrumentos que fueron expuestos en el apartado metodológico. Pese a que se pueden formular estudios de seguimiento de recorrido, de origen y destino (a nivel metropolitano) o el uso de sistemas de información geográfica, entre otros, los instrumentos propuestos basan su versatilidad en su economía, la breve capacitación para su aplicación y el fácil procesamiento de información. El principal aporte resulta en su interacción, en el uso simultáneo, que brinda un mejor entendimiento de los fenómenos espaciales dentro de la red de senderos peatonales y ciclistas.

Notas

[1] Se agradece y da reconocimiento a la arquitecta Cynthia Esmeralda Hernández Gómez, quien participó activamente en la elaboración del presente trabajo de investigación, contribuyendo de forma valiosa para la culminación, así como a la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano, Vivienda y Movilidad del municipio de Pachuca de Soto.

Referencias

- Alcántara, E. (2011). *Análisis de la movilidad urbana: Espacio, medio ambiente y equidad*. CAF. https://www.caf.com/media/3155/An%C3%A1lisis_movilidad_urbana.pdf.
- Beltrán, Y., Lozano-Hernández, J., y Ramírez-Islas, C. (2020). Uso de herramientas digitales en un estudio de tendencias de movilidad en bicicleta en Ciudad del Conocimiento de la UAEH. *Pädi Boletín Científico de*

- Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 8(15), 38-46. <https://doi.org/10.29057/icbi.v8i15.5121>.
- CEPAL. (2023). *Bibliogúias: Ciudades inteligentes/sostenibles: Movilidad sostenible*. Bibliogúias - Biblioteca de La CEPAL. <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=159524&p=9429347>.
- Comisión Ambiental de la Megalópolis. (2018). ¿Qué es la movilidad sustentable? *Comisión Ambiental de la Megalópolis*. <http://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/que-es-la-movilidad-sustentable?idiom>.
- Damant-Sirois, G., Grimsrud, M., y El-Geneidy, A. M. (2014). What's your type: A multidimensional cyclist typology. *Transportation*, 41(6), 1153-1169. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9523-8>.
- Dunkel, A. (2015). Visualizing the perceived environment using crowdsourced photo geodata. *Landscape and Urban Planning*, 142, 173-186. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.022>.
- Fan-Ng, C. (2016). Behavioral Mapping and Tracking. En *Research Methods for Environmental Psychology* (pp. 29-51). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119162124.ch3>.
- Flores-Torres, J., Guevara-Romero, M., y Flores-Lucero, M. (2023). *Participación comunitaria como estrategia para mejorar las condiciones de movilidad peatonal de los adultos mayores. Caso de estudio: Colonia Jardines de San Manuel, Puebla, Puebla: Vol. IV* (pp. 241-258). UNAM-AMECIDER. <http://ru.iiec.unam.mx/6207>.
- Garza, G. (2002). Evolución de las ciudades mexicanas en el siglo XX. *Revista de información y análisis*, 19.
- Garza, G., y Scheingart, M. (2010). *Los grandes problemas de México. Desarrollo urbano y regional. T-II*. El Colegio de México AC.
- Gobierno del estado de Hidalgo (2021). *Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable de la Zona Metropolitana de Pachuca*. Secretaría de Movilidad y Transporte. <https://movilidadytransporte.hidalgo.gob.mx/assets/PDF/PIMUS%20ZMPACHUCA-VERSION%20EJECUTIVA.pdf>.
- Gutiérrez, A. (2012). ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 21(2), 61-74.
- Ayuntamiento de Pachuca. (2012). *Plan Municipal de Desarrollo para el Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo*. <http://201.175.20.240/descargas/pmd.pdf.zip>.
- Ayuntamiento de Pachuca. (2017). *Evaluación interna de diseño del programa Pachuca en Bici*. Secretaría de Planeación y Evaluación. <https://datos.pachuca.gob.mx/sipot/40/PDFS/InformeFinaldeEvaluacionPachucaenBici.pdf>.
- Ayuntamiento de Pachuca. (2022). *Actualización del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto*. <https://imip.pachuca.gob.mx/img/PROGRAMA%20DE%20DESARROLLO%20URBANO%20PACHUCA%20ULTIMO%20NOV%202022.pdf>.
- Congreso de Unión. (2023). *Ley General de Movilidad y Seguridad Vial*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgmsv.htm>.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in Regional Science? *PAPERS OF THE REGIONAL SCIENCE ASSOCIATION*.
- Huerta-Oropeza, L. (2016). Etnografía urbana. Parque General San Martín de la Ciudad de México. *Revista esencia y espacio. Instituto Politécnico Nacional*, 42. <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/25444>.
- INEGI. (2021). *Panorama sociodemográfico de Hidalgo 2020*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama>.
- Lorenzi-Fernández, E., y Ortega-Botella, D. (2016). El reto de la movilidad sostenible. Del cuerpo ciclista al espacio urbano y su observación etnográfica. *Revista de antropología experimental, Extra 16*, 1-10.
- Maggi, E., y Vallino, E. (2016). Understanding urban mobility and the impact of public policies: The role

- of the agent-based models. *Research in Transportation Economics*, 55, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2016.04.010>.
- Miralles-Guasch, C. (2002). *Ciudad y transporte: El binomio imperfecto*. Grupo Planeta (GBS).
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2015). *Urban Policy Reviews: Mexico 2015: Transforming Urban Policy and Housing Finance*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/gov/oecd-urban-policy-reviews-mexico-2015-9789264227293-en.htm>.
- Offenhuber, D., y Ratti, C. (2014). *Decoding the city: Urbanism in the age of big data*. Birkhäuser.
- Orellana, D., Hermida, C., y Osorio, P. (2017). Comprendiendo los patrones de movilidad de ciclistas y peatones. Una síntesis de literatura. *Revista Transporte y Territorio*, 16, Article 16. <https://doi.org/10.34096/rtt.i16.3608>.
- Ramos-Mancilla, O. (2018). Ciclismo urbano en Buenos Aires. Movilidades y etnografía. *Revista Transporte y Territorio*, 19, Article 19. <https://doi.org/10.34096/rtt.i19.5324>.
- Ratti, C., y Claudel, M. (2016). *The City of Tomorrow: Sensors, Networks, Hackers, and the Future of Urban Life*. Yale University Press.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2014). Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23233/PROGRAMA_Nacional_de_Development_Urbano_2014-2018.pdf.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). *Programa de Gestión Federal para mejorar la calidad del aire de la megalópolis 2017-2030*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://framework-gb.cdn.gob.mx/data/institutos/semarnat/Programa_de_Gesti%C3%B3n_Federal_2017-2030_final.pdf.
- Sevtsuk, A. (Ed.). (2018). *Urban Network Analysis. Tools for Modeling Pedestrian and Bicycle Trips in Cities*. City Form Lab.
- Tonon, G., Alvarado, S., y Ospina, H. (2009). *Reflexiones latinoamericanas sobre investigación cualitativa*. Prometeo Libros, Universidad Nacional de La Matanza.
- United Nations. (2015). *Habitat III. Issue papers report*. Unated Nations. <https://habitat3.org/wp-content/uploads/Habitat-III-Issue-Papers-report.pdf>.
- Valenzuela-Montes, L., y Talavera-García, R. (2015). Entornos de movilidad peatonal: Una revisión de enfoques, factores y condicionantes. *EURE* (Santiago), 41(123), 5-27. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612015000300001>.
- Vazquez-Wlasiuk, C., Arregui, C., Aón, L., y Martini, I. (2023). Arquetipos de usuario. Una herramienta para la planificación estratégica de la movilidad activa. El caso de los ciclistas del casco urbano de la ciudad de La Plata, Argentina. *Cuaderno Urbano*, 36. <https://doi.org/10.30972/crn.36367223>.
- Veloz, J., y Medina, S. (2013). *Desarrollo Orientado al Transporte* (Primera edición). Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo México. <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Desarrollo-Orientado-al-Transporte.pdf>.

Movilidad natural. Aproximaciones no antropocéntricas

Yunuen E. Díaz Velázquez

*Busco con cierto sentimiento de urgencia la naturaleza, el sujeto,
las palabras de la otra historia, la no contada, la historia de la vida.*

Úrsula K. Le Guin

Introducción

Cuando de movilidad sostenible se trata, solemos pensar de inmediato en la movilidad humana; sin embargo, pocas veces reparamos en otras movilidades ecosistémicas. La movilidad de las plantas, por ejemplo, es una variable necesaria para la conservación y regeneración del medio ambiente. Desde el arte, se han realizado trabajos que reflexionan sobre la forma en que las plantas viajan y se establecen en nuevos territorios, estas aproximaciones abren nuestra mirada a una nueva percepción de los entornos.

En este trabajo se propone abordar el movimiento de las plantas incorporando una mirada ecoestética donde el paisaje deja de parecer elemento estático para presentarse ante nosotros con una capacidad de agencia pocas veces vislumbrada.

Para afrontar la crisis medio ambiental tenemos que pensar no sólo en soluciones pragmáticas sino en cambios de paradigmas culturales mucho más profundos. De acuerdo con las filósofas ambientales Olga Cielemecka y Christine Daigle (2019), la actual crisis climática forma parte también de una crisis política, cultural, ética y ontológica:

Hay una crisis política que se manifiesta en la incapacidad de abordar eficazmente estos problemas a escala global; y una ética, en la que luchamos por reconcebir nuestras relaciones con otros no humanos, o al menos intentamos encontrar la brújula moral para poner fin a nuestra relación de explotación con el mundo natural y garantizar la continuidad de nuestra especie. También evoca una crisis epistemológica, ontológica y cosmológica, poniendo en la agenda la cuestión de qué somos y cuál es nuestro lugar como humanos en esta nueva época geológica que nos vuelve inadecuados, impotentes y en riesgo¹(Cielemecka & Daigle, 2019, p.68).

En 1991, el filósofo Michel Serres coincidió con esta visión, pues además de la *polución material* que pone en riesgo la vida, existe lo que él nombró como *polución cultural*, que se refiere a la incapacidad para pensarnos en relación con el entorno y llevar a cabo acciones de largo alcance que contemplen no sólo salvaguardar la vida humana sino también la de otras especies. Para él, mantener la vida requeriría establecer un contrato de cuidado con la naturaleza (p. 57).

1 Traducción de la autora.

Como nos recuerda la científica botánica Robin Wall Kimmerer (2021), miembro de la nación Potawatomi, uno de los problemas principales a los que nos enfrentamos es que vivimos en una cultura occidental cuyas historias están plagadas de despojos y destierros. En el libro *Una trenza de hierba sagrada* la autora contrapone dos narraciones fundantes: la de la Biblia, en la que Eva es señalada como hija desterrada del paraíso, y la de su propia tribu amerindia, donde se narra cómo la primera mujer Celeste baja a la tierra como regalo para aprender a convivir con animales y mantener la vida; esta segunda historia nos recuerda nuestro compromiso intrínseco con el entorno.

En ese sentido, Robin Wall (2021) invita a realizar un cambio de narraciones que nos permitan repensarnos en relación con el cuidado del mundo. Retomando palabras de Gary Nabhan, Kimmerer escribió: “No habrá reparación, no habrá restauración sin ‘re-historia-ción’. Es decir, la herida de nuestra relación con la tierra no sanará hasta que no escuchemos sus relatos” (2021, p.17). En inglés las palabras restaurar y rehistorizar tienen un sonido cercano, por lo que su uso conjunto nos permite relacionar al ecosistema natural con el ecosistema cultural. De este modo, pensar en soluciones ambientales debe pasar por un cambio de cultura.

El objetivo de este capítulo es ofrecer un marco conceptual para abrir nuestra percepción de las movilidades humanas y vegetales para poder visualizar futuros biodiversos que tomen en cuenta a otras especies, tal como propone la filósofa Donna Haraway en el libro *Seguir con el Problema*: “Nuestro trabajo es hacer que el Antropoceno sea lo más corto/estrecho posible y cultivar de manera recíproca, de todas las formas imaginables, épocas venideras que puedan restaurar refugios” (2019, p.155). A partir de este escrito, se presentarán algunas ideas.

Una cultura sostenible no antropocéntrica

La agenda 2030 de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) es el plan de acción de 17 objetivos para enfrentar la crisis medioambiental y ecosocial, eliminando también las desigualdades. Dicho proyecto propone trabajar en tres pilares para el desarrollo sostenible: la dimensión medioambiental, que incluye la preservación de la biodiversidad; la dimensión social, que incluye la calidad de vida de los habitantes del planeta, y la dimensión económica, necesaria para alcanzar un mayor equilibrio entre producción y consumo. Sin embargo, la Red Española de Desarrollo Sostenible (REDS) propone contemplar como cuarto pilar la dimensión cultural, ya que esta “contempla todos los ámbitos de la actividad humana y constituye una de las principales fuentes de valores, cohesión social, autoestima y participación de una sociedad” (2021, p.19).

De acuerdo con REDS, el desarrollo sostenible sólo se podrá lograr fomentando una cultura sostenible: “La cultura debe convertirse en un lugar de experimentación donde diseñar los procesos de cambio de narrativas y construcción de un nuevo sistema de valores” (2021, p.20). En este sentido, la cultura puede ofrecer nuevas narrativas sobre cómo percibimos nuestro entorno, relatos que logren articular nuevas pautas de comportamiento y nuevas formas de entender y relacionarnos con el mundo.

En el libro *La especie fabuladora*, Nancy Huston (2017) explica cómo nuestro mundo se anima a través de los relatos. Son los relatos colectivos los que definen nuestra identidad, nuestras expectativas y nuestras acciones. Las narraciones compartidas dan sentido a la cohesión social y nos llevan a movilizarnos de forma colectiva. El artista ambientalista Cyril Dion (2022) propone:

La cuestión es darnos cuenta de que vivimos en una narración y como es una narración tenemos poder sobre ella. Si la organización del mundo ha estado definida por ciertas personas, puede ser redefinida de otro modo proponiendo otras narrativas. Cuando hayamos tomado conciencia de ello, tenemos que cuestionarnos en qué narración queremos vivir.

Incluyo esta reflexión porque creo que es necesario cuestionar uno de los relatos más extendidos en la cultura global: el relato antropocéntrico. Este sitúa a la humanidad en la cúspide de una escala jerárquica donde el resto de los seres quedan bajo su dominio: animales, plantas, suelos, ríos; en la cultura antropocéntrica occidental sólo son vistos como insumos que producen bienestar para los humanos. Contemplados como recursos naturales, se convierten en bienes explotables sobre los que se ha actuado sin ninguna ética, cuestión que ha provocado la situación actual de crisis ambiental.

En el libro *El contrato natural*, Michel Serres (1991) denuncia cómo pareciera existir una guerra contra la naturaleza, y cómo vivimos inmersos en ciclos de tiempo a escala humana que nos impiden pensar en acciones que abarquen el tiempo necesario para regenerar la vida: “Para salvaguardar la Tierra o respetar el tiempo, en el sentido de la lluvia y del viento, habría que pensar a largo plazo y, por no vivir en él, hemos olvidado pensar según sus ritmos y su alcance” (p.55). De acuerdo con este autor, esta disociación de los ritmos de la naturaleza ha hecho que sólo se piense en el beneficio inmediato, dando lugar a un sistema capitalista que busca producir a gran escala, en el menor tiempo posible, sin considerar los daños que se producen a los ecosistemas.

Estamos, pues, ante una cuestión angustiante cuyo componente es el tiempo y especialmente el de un plazo tanto más largo cuanto que se considera globalmente el sistema. Para que el agua de los océanos se mezcle se necesita que se cierre un ciclo estimado de cinco milenios (Serres, 1991, p.56).

El curador de prácticas artísticas medioambientales T.J. Demos (2020) denuncia también esta relación jerárquica impuesta por el pensamiento occidental en el marco de la colonización en una sociedad capitalista:

La colonización de la naturaleza, que se apoya en el principio ilustrado del dualismo cartesiano entre lo humano y lo no humano, consideró el mundo no humano como un ámbito objetivado, pasivo y separado, dando lugar a una forma de conocimiento racionalizadora, extractiva y asociativa que acabó por imponerse sobre las relaciones experienciales y funcionales entre los humanos, las plantas y los animales (p.11).

T. J. Demos (2020) denuncia así que el principal problema del antropocentrismo es ese dualismo que separa a la vida humana de su entorno, jerarquiza la vida humana sobre el resto de las especies y convierte la relación con la naturaleza en algo meramente funcional. Una visión utilizada por los países imperialistas para apropiarse de la tierra, los recursos y las vidas de las personas a quienes veían como insumos.

Para algunas filósofas como Carolyn Merchant (2023), esta visión antropocéntrica tiene además un componente de género, por lo que prefiere nombrarle androcéntrica, pues es una cultura que promueve el poder irrestricto de los hombres sobre el resto de los seres de la Tierra. En el libro *La muerte de la naturaleza*, la autora expone cómo el pensamiento occidental pasó de concebir a la Tierra en una relación nutricia y maternal, a una visión mecanicista y de dominio sobre ella.

Autoras como Sherry Ortner (1979) han cuestionado también la división occidental entre cultura y naturaleza.

De acuerdo con la autora, en occidente, el hombre apareció como la representación de la cultura, mientras que a la mujer se le ubicó como un ser más cercano a la naturaleza, cuestión sobre la cual el androcentrismo fundamentó el dominio de los hombres sobre las mujeres y la naturaleza.

Por otro lado, las teóricas ecofeministas también han cuestionado fuertemente esta relación entre androcentrismo y explotación de la naturaleza. Alicia Puleo (2019), por ejemplo, ha analizado cómo la noción occidental del individuo autónomo oscurece la realidad de nuestras interdependencias; sin embargo, no podemos sobrevivir sin los servicios ecosistémicos de plantas, animales, bacterias, hongos, y demás integrantes del entorno. Es por esto que las autoras proponen ampliar las nociones de lo que significa ser un ser vivo en el planeta.

Esta visión se asociaría también a las propuestas post humanistas, mismas que intentan redefinir lo humano para poder ampliar la comprensión de nuestras interrelaciones. Tisha Hupkes y Anders Hedman (2022) proponen:

El poshumanismo no consiste simplemente en descentrar la experiencia humana (dejando espacio para que algo más ocupe el centro-espacio) sino en eliminar el centro en su totalidad, así como toda dinámica binaria. Por ejemplo, se considera necesario reconocer que cuidar de nosotros mismos (algunos de nosotros humanos) implica cuidar de otras especies y del sistema en general, ya que somos uno. Por tanto, el objetivo principal es comprender y poner atención al entrelazamiento de especies y fenómenos.

Demos (2020) propone realizar una “gran transición” que requeriría un cambio sistémico en la reorganización de la vida social, política y económica, que fuera capaz de “crear una relación no jerárquica con el mundo, considerando sus formas de vida humanas y no humanas” (p.10).

De acuerdo con la pionera en ecocrítica Carmen Flys Junquera (2013), parte del papel de la literatura y las artes en esta transición consistiría en generar una empatía y una sensibilidad ambiental que nos lleven a reconocer a la naturaleza como sujeto con agencia capaz de actuar en el mundo:

Habría que cambiar nuestro discurso y eliminar cualquier exceso de raciocinio e intelectualismo y sustituirlos con una posición intencionada de reconocimiento de los seres no-humanos como agentes y sujetos narrativos. Esta actitud de apertura nos permitiría reconocer el potencial actante y dialógico de los seres naturales y nos llevaría a reanimar a la naturaleza, que hoy en día nuestra cultura ha llevado a la condición de objeto pasivo (p.96).

Las artes pueden contribuir a este cambio de visión sobre la naturaleza, creando relatos cuestionadores de las narraciones hegemónicas donde la guerra y el conflicto parecen ser los únicos móviles. En el siguiente apartado abordo este cambio de visión sobre la naturaleza que se enfoca, sobre todo, en la movilidad de las plantas.

Movilidades vegetales

El antropocentrismo ha silenciado las historias de los agentes no humanos que habitan el mundo. La vida vegetal ha sido examinada por las ciencias como si se tratara de seres pasivos. Las plantas son consideradas

como seres estáticos, sin embargo, algunos estudiosos de las ciencias han trabajado en desmontar esta idea mostrando cómo las plantas sí son capaces de movimiento y además poseen un tipo de inteligencia que les permite percibir su entorno y actuar de acuerdo con las circunstancias a su alrededor (Mancuso y Viola, 2015).

Aunque nuestros imaginarios de las plantas han sido por mucho tiempo estrechos, al considerarlas como seres estáticos, la historia de sus movi­lidades se encuentra muy ligada a la historia humana. En el texto *La teoría de la bolsa como origen de la ficción* la escritora Úrsula K. Le Guin (2021) examina cómo nuestros imaginarios de la vida en la prehistoria están plagados de imágenes de cacería de mamuts; sin embargo, mucho tiempo antes de la cacería, la vida humana se sustentó a través de la recolección de frutos y vegetales. La autora cita a Elizabeth Fisher para describir cómo muy posiblemente el primer artefacto cultural no haya sido en realidad un arma, sino un cesto, una canasta o algún tipo de contenedor para recoger comida, a esta teoría le nombra “La teoría de la bolsa de transporte de la evolución humana”. Esta propuesta cambia nuestros imaginarios del pasado y nos coloca frente a otro tipo de historias no contadas, la historia de las semillas, nuestras compañeras evolutivas.

En *Metabolismos planetarios*, la artista colombiana Cristina Consuegra (2021) cuenta la historia de las plantas que observa desde su ventana, todas llegaron ahí sin que nadie las plantara. También recuerda cómo las enredaderas avanzan sobre las paredes, los cocos navegan por las aguas y las esporas de los helechos vuelan por el aire. Relata estas historias para reflexionar sobre los desplazamientos de las plantas, sobre la movilidad de la que son capaces y sobre cómo estas trabajan de manera autónoma. Propone, incluso, pensar en que la sedentarización de las plantas fue un proceso evolutivo paralelo al humano:

Así como la tendencia natural de las plantas es desplazarse, la domesticación que hemos hecho de ellas, incluso desde antes de la primera revolución agrícola, puede interpretarse como una inclinación por sedentarizarlas. Sin embargo, este no ha sido un proceso lineal ni de una sola vía. Por el contrario, en muchos casos las plantas no sólo han resistido –como el árbol de la nuez de Brasil que, a raíz de su intrincada ecología, solo se encuentra silvestre o si se cultiva, debe ser en la selva–, sino que también nos han domesticado a cambio (p.28).

Una de las primeras tecnologías desarrolladas por la especie humana fue el cuidado y la proliferación de las semillas. Hace aproximadamente siete mil años se descubrió el funcionamiento esencial de la siembra; así, las mujeres del Neolítico comenzaron con su conservación. Esta historia de relación de cuidado, domesticación y movilidad vegetal suele ser estudiada por biólogos y ecólogos, pero es poco narrada fuera de estos ámbitos. Si queremos cambiar nuestra cultura, es necesario conocer mejor nuestros ecosistemas, Frijot Capra (2009) nombra este proceso como alfabetización ecológica, una propuesta para conocer y aprender el lenguaje de la naturaleza.

La exposición *Fugitive seeds* curada por Borbála Soós, instalada en el CCA Derry-Londonderry (2022), fue concebida para cambiar la narrativa sobre las plantas haciendo presente su movilidad. En el texto de la exposición propone:

Las semillas viajan, vuelan y flotan. Circulan siendo vendidas, intercambiadas, donadas y regaladas. Se quedan atrapadas en la carga o el lastre de los barcos, en las pieles y pezuñas de los animales y en los zapatos

de las personas. Terminan en cualquier lugar y regresan, pueden aclimatarse a cualquier número de nuevas demandas ambientales. Quizás les cambien el nombre. Tal vez regresen a algún estado ancestral y salvaje. Tal vez evolucionen a través de fuerzas humanas y no humanas, hacia una nueva variedad con alguna nueva historia. No pueden controlarse como artefactos en un museo o en una bóveda. Siempre pasarán desapercibidas. Siempre se moverán.

Christian Brooks Keeve (2020), investigador de agrobiología y conservación de semillas, ha reflexionado ampliamente sobre la importancia de investigar la historia de las plantas. Él nos invita a pensar en la relación histórica de las semillas y nuestra alimentación como una relación con la tierra:

Las semillas son omnipresentes y sencillas, pero los frijoles, los cereales y el maíz del mundo tienen un significado histórico monumental. Son piedras de toque botánicas que obligan a conectarnos, a regresar a la tierra. Me fascina el fenómeno cultural y político actual del mantenimiento de semillas, las ecologías políticas de los archivos de semillas y los legados del agrarismo afroamericano.

Estas historias entrelazadas de las movibilidades humanas y vegetales nos llevan a dar un sentido mayor a nuestro propio devenir, reconectan con la naturaleza de muchas maneras, por eso la artista Cristina Consuegra (2021) invita a pensar en las plantas como especies compañeras con quienes hemos realizado un camino compartido:

Negarles a las plantas su agencia es también una manera de suprimirnos a nosotras mismas la posibilidad de relacionarnos con ellas como pares –o como colegas planetarias, para invocar a Lynn Margulis– con quienes compartimos un origen, un camino evolutivo y una atmósfera (p. 22).

Como propone Donna Haraway (2019), nos corresponde ser los relatores de una nueva época, conservar las memorias de la biodiversidad y propiciar la imaginación que nos lleve a crear un mundo nuevo. La sostenibilidad requiere de nuevos relatos, en ese sentido, se trata de hacer visibles estas historias, de modo que también contemplen la vida vegetal. En el siguiente apartado se abordarán algunas intervenciones artísticas que reflexionan sobre la movilidad de las plantas.

Visibilizando la movilidad de las plantas y semillas

Carmen Flys Junquera (2018) propone que las artes son capaces de generar una imaginación empática que puede contribuir a la identificación y al encuentro de afinidades “sintientes, cognitivas, éticas y emocionales” (p. 190).

De acuerdo con Tonia Raquejo (2015), hacer una transición hacia sociedades ecológicas requiere no sólo del conocimiento científico, sino de un trabajo sobre las sensibilidades de las personas. La seducción emocional que producen las artes es mucho más efectiva para “propiciar cambios de hábitos y comportamientos personales” (p.69).

En los últimos años, las artes visuales se han visto cada vez más interesadas en producir relatos que permitan observar nuestro entorno de maneras más sensibles. Si bien se han organizado diferentes exposiciones sobre problemas ecosistémicos, me interesa abordar aquellas obras que se centran en hacer visibles las vidas de las plantas y su movilidad.

En esta sección se abordan tres proyectos de arte: *Semillas al vuelo, futuros enraizados*, realizada por mí con el Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación; *Semillas de cambio*, realizada por la artista María Thereza Alves, y *No nativas* de Minji Choi.

Semillas al vuelo, futuros enraizados

Se trata de una exposición gestada a través del diálogo entre el arte y la biología. Consiste en una instalación con 30 semillas pertenecientes al catálogo de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Huautla (REBIOSH) en el estado de Morelos, México. Un proyecto de conservación en el que ha trabajado, desde 2006, el Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC) de la Universidad Autónoma de Morelos.

Lo que destaca en esta exposición es que permite apreciar las características morfológicas de las especies que habitan la reserva. Muchas de estas semillas tienen estructuras como alas o pelos para movilizarse a través del viento; en otro tipo de semillas incluídas en el catálogo habitan frutos atractivos para los animales que, al desecharlos tras la digestión, les dispersan por el territorio. Esta relación permite que los animales obtengan alimento mientras que las plantas pueden dispersarse por el territorio. Restaurar el movimiento de plantas y animales en paisajes agropecuarios es el principal objetivo del proyecto al que pertenece el catálogo de semillas.

En los sitios perturbados por la urbanización o por cambios climáticos, los procesos de renovación suelen iniciar por la propagación de semillas. Como lo describe la bióloga Alondra Josefina Nicolás (2012), las primeras especies que llegan se conocen como sucesionales tempranas, estas tienen ciclos reproductivos cortos, rápido crecimiento y pronta maduración reproductiva; producen, generalmente, un gran número de semillas con alta capacidad de movimiento; dispersadas, sobre todo, por viento o por animales generalistas. Cuando las especies tempranas se establecen en sitios perturbados mejoran las condiciones microclimáticas, favoreciendo el establecimiento de especies sucesionales tardías, las cuales tienen ciclos de vida más largos, lento crecimiento y se dispersan por animales especialistas (p.2).

Cristina Martínez Garza del CIBYC, junto con estudiantes de licenciatura y maestría, analizaron la restauración de los ecosistemas monitoreando su lluvia de semillas, que consiste en el ingreso de semillas a un entorno por distintos medios de dispersión, esta brinda información sobre la vegetación que potencialmente puede crecer en un sitio después de un disturbio (Nicolás, 2012).

En la exposición *Semillas al vuelo, futuros enraizados*, cada semilla ha sido enmarcada y colocada dentro de una gota de vidrio transparente para poder apreciar con detalle la estructura morfológica de las semillas. Esto permite observar a cada una como un individuo único pues, en efecto, cada una contiene una carga genética específica.

El objetivo de esta exposición es sensibilizar sobre las formas de vida vegetales, mostrar su movilidad y su agencia para desmontar el antropocentrismo, y hacer evidente que la vida vegetal es mucho más rica, diversa y actante de lo que la cultura occidental nos ha enseñado.

La exposición se presentó por primera vez en el CIBYC, en diciembre de 2021, y se ha presentado en diferentes espacios en México.

La movilidad sustentable, en este caso, trataría de estudiar la relación de movilidad entre plantas y animales en los ecosistemas, de modo que la movilidad humana conviva lo mejor posible para mantener la renovación de la vida en los territorios.

Semillas de cambio

La artista de origen brasileño María Thereza Alves (1961) ha desarrollado, desde 2012, el proyecto *Semillas de*

cambio, una serie de jardines flotantes compuestos por plantas encontradas en el lastre que los barcos cargaban para balancear su peso, en trayectos intercontinentales durante la época colonial.

Después de investigar los sitios de lastre de cada ciudad donde se presenta el proyecto, la artista toma muestras del suelo, germina las semillas que encuentra en la tierra, revisa archivos, consulta a científicos y se alía con botánicos, universidades e investigadores, para documentar el origen de las semillas, de modo que se pueda conocer mejor la historia y los trayectos de las plantas que componen el jardín. Al trazar las historias de las plantas aparecen las historias de las rutas comerciales, así como de las movilizaciones esclavistas durante la época colonial.

Una de las curadoras donde la muestra se ha presentado, Carolyn Christov-Bakargiev, comenta sobre la obra:

Al reimaginar la geografía histórica del mundo contemporáneo, Maria Thereza Alves practica la globalización desde abajo para entender el planeta como una ecología holística. *Semillas de cambio* rastrea las rutas de transporte de bienes y personas al tiempo que hace visibles las potencialidades latentes del suelo, los mares y las personas (Vera List Center, 2023).

Las primeras versiones del proyecto se llevaron a cabo en ciudades portuarias europeas de Marsella, Francia; Dunkerque, Exeter, Liverpool y Bristol, en Inglaterra, y en Reposaari, una pequeña isla de Finlandia. Posteriormente, la muestra se realizó en Estados Unidos. En cada versión, la muestra adquiere su propio trayecto, pues la artista involucra siempre a las historias y a las comunidades de cada lugar.

De acuerdo con la artista, estos jardines cuestionan las definiciones de lo que se considera como paisaje nativo, y también abren preguntas sobre qué se vuelve nativo. Al hacer presentes las migraciones de las plantas y su adaptación a nuevos suelos, cuenta también historias de resiliencia que llevan a repensar las migraciones humanas. Alves y Lukatsch (2022) proponen al respecto: “Veo a la tierra como un cúmulo de historias de interacciones entre diferentes seres” (p.11).

La movilidad geográfica de las plantas ha intervenido en la historia de los pueblos de muchas maneras, como en el caso de la papa, que se llevó de Perú a Europa y que permitió controlar la hambruna. Es por esto que la historiadora de alimentos Rebecca Earle le llama a la papa “la inmigrante más exitosa del mundo” (Arguedas, 2020).

¿Qué semillas se consideran valiosas y cuáles no? ¿Cómo se han adaptado las plantas a los nuevos territorios? Las semillas del lastre de los barcos documentadas por Alves y Lukatsch (2022) llegaron a nuevos lugares casi por accidente, aunque no fueron reconocidas ni apreciadas en los nuevos lugares, lograron florecer en las orillas de los puertos. Estas plantas nos hablan de las microhistorias no reconocidas ni valoradas por las sociedades europeas, no son flores comercializadas, ni mantenidas en los jardines reales, sino vegetación que migró como sobrecarga en los barcos.

Revisar estas historias permite rastrear de qué manera la movilidad humana ha afectado la movilidad vegetal a nivel global; también permite reconocer las adaptaciones que hemos tenido juntas las plantas y las personas.

No nativas

Minji Choi es una artista, diseñadora e investigadora coreana, que ha dedicado la mayor parte de su trabajo a crear diálogos y reflexiones en torno al reconocimiento de la vida de las plantas y sus historias.

Uno de sus primeros trabajos: La dignidad de las plantas, estuvo inspirado en la discusión ética llevada a cabo por la Swiss Federal Ethics Committee on Non-Human Biotechnology, en 2008. En dicho encuentro, se planteó la necesidad de proteger a la naturaleza como algo útil y necesario para la vida humana, además de valiosa en sí misma y, por lo tanto, sujeta de derechos.

En el encuentro se desarrolló el “Manifiesto por los seres vivos”. La artista tomó algunos fragmentos y los convirtió en carteles. Algunos versan: “Las plantas deben ser protegidas sólo por su propio bien”. “No poseemos poder irrestricto sobre las plantas”. “¿Acaso es moralmente relevante saber si las plantas son o no sintientes?”

El reconocimiento de los derechos de la naturaleza ha sido uno de los temas más importantes de las últimas décadas, si bien países como Bolivia y Ecuador le han otorgado reconocimiento constitucional, en la mayoría de los gobiernos hacen falta marcos normativos para su defensa.

Cambiar la visión de la naturaleza es muy importante, filósofos como Emmanuelle Coccia (2022) exponen que las plantas no son sólo uno de los elementos de este mundo, sino la causa por la cual la vida de la humanidad pudo desarrollarse:

Como todas las demás especies vivas, somos objeto de la jardinería de las plantas, somos uno de sus productos agrícolas y culturales, en otras palabras, las plantas no son el paisaje, son los primeros paisajistas; por decirlo de forma más provocativa, no hay paisaje porque todo, incluso los seres vivos aparentemente inmóviles, está cambiando la faz del mundo. Lo que llamamos paisaje es el trabajo de muchos arquitectos paisajistas diferentes, lo que llamamos jardín es un ejército de jardineros.

Otro de los proyectos de la artista se enfocó en el estudio de los pinos utilizados para la producción de muebles de la empresa IKEA. Este tipo de empresas dedicadas a la manufactura de artículos y muebles a gran escala, promueven el desarrollo de monocultivos, en detrimento del medioambiente, pues afecta la biodiversidad de los ecosistemas.

La artista entrevistó a ecólogos y también a productores de IKEA para tener diferentes perspectivas. En una visión desarrollista, los monocultivos siguen siendo la mejor opción de producción de madera; sin embargo, es importante cuestionar no sólo los modelos productivos, sino la cultura capitalista que implementa el sobreconsumo de este tipo de productos.

Finalmente, en el trabajo *Non native*, la artista cuestiona cómo ciertas plantas son vistas en los Países Bajos como *invasive alien species*, es decir, plantas invasoras que deben ser erradicadas. El caso de estudio de Minji Choi (2008) estuvo centrado en analizar cómo el Cerezo Negro Americano (*Prunus Serotina*) ha sido tratado como planta invasora, y cómo incluso se organizan eventos como el *Natuurverkdag*, que se realiza cada año para remover estas plantas no nativas. A partir de la revisión de estas campañas de erradicación del cerezo negro americano, la artista cuestiona las divisiones entre nativo y no nativo que se emplean sobre las plantas y sobre las personas.

En este caso, es posible ver de manera más enfática cómo las movilidades geográficas de plantas y personas se han convertido en elementos políticos que llevan a plantear perspectivas más amplias sobre las problemáticas ecológicas contemporáneas.

Una vez revisada esta interrelación de movilidades, en el siguiente apartado se presentarán algunas reflexiones importantes para comenzar a diseñar movilidades que vayan más allá del antropocentrismo, contemplando también otras formas de vida.

Diseño especulativo para movilidads en futuros multispecies

En “Herramientas para futuros multispecies”, publicado en el *Journal of Design and Science*, la filósofa Donna Haraway (2019) y el investigador en biología sintética Drew Endy, conversan sobre la necesidad de ampliar los campos de conocimiento integrando diferentes formas de vida en nuestras reflexiones. En ese sentido, Endy menciona el caso de la producción de vainilla en México donde los campesinos fungen como polinizadores para la reproducción; esto lleva a los investigadores a pensar en las interdependencias de personas y plantas y en las historias no contadas sobre estas interacciones.

Para Haraway y Endy (2019) una herramienta importante para visualizar futuros multispecies sería analizar estas interacciones entre personas y entidades ecosistémicas para hacer más visible cómo la vida humana y no humana están entrelazadas. Escuchar estas historias y contarlas sería un primer paso para cambiar nuestro modo de percibir a la naturaleza.

En *Posthuman sustainability: An Ethos for our Anthropocenic Future*, Olga Cielemecka y Christine Daigle (2019) proponen que una verdadera ética no sólo pensaría en futuros humanos, sino en futuros prósperos para todas las especies, esto nos llevaría a ampliar mucho más nuestros marcos de responsabilidad. Las autoras proponen también cambiar nuestra forma de entender las relaciones humanidad-ecosistema, pues no todas las interacciones son dañinas; citan como ejemplo el caso de las comunidades indígenas del Amazonas, cuyos entornos solemos pensar como no tocados por la mano humana, pero en realidad son espacios diseñados por las comunidades autóctonas. Proponen que “pensar en la humanidad como elemento que puede ser benéfico para el medio ambiente reta nuestras formas habituales de entender la sustentabilidad, como un llamado a la preservación más que a la transformación” (p.78). Además, es necesario ver en estas acciones “un compromiso intergeneracional y pluritemporal de sustentabilidad” (p.80). Este llamado nos invita a rediseñar la forma en la que convivimos con el entorno.

En el libro *Diseñando eventos: sobre exploraciones de un trabajo no antropocéntrico en el diseño*, Li Jönsson (2014) propone utilizar el diseño especulativo como una herramienta que permita pensar en las necesidades humanas inmediatas y en las acciones necesarias para sostener la vida a largo plazo. Un diseño especulativo sería aquel que pudiera considerar escenarios radicales para las interacciones humanas y no humanas. En ese sentido, el trabajo del diseño no sería solamente proponer objetos para resolver problemas, sino diseñar posibilidades de interacciones benéficas para los ecosistemas.

En el texto “Diseñando la ciudad no antropocéntrica”, Agata Szydłowska (2023), directora del Departamento de Teoría del Diseño de la Academia de Bellas Artes de Varsovia, propone también ampliar las concepciones del diseño:

Diseñar y rediseñar ciudades para tener en cuenta perspectivas no humanas no es sólo una cuestión de ética, sino también de resiliencia. Las ciudades con múltiples especies, donde hay espacio para plantas y animales de vida libre, no cultivadas y sin control, simplemente están mejor preparadas para los desafíos del cambio climático. Los espacios verdes reducen las temperaturas, mitigan los efectos de las sequías e inundaciones, estimulan la biodiversidad y reducen la contaminación del aire. El bienestar de los polinizadores silvestres asegura nuestros cultivos, que deberían diversificarse y ubicarse en áreas urbanas para acortar las cadenas de suministro y alimentar a las crecientes poblaciones urbanas.

Szydłowska (2023) propone también dejar de privilegiar a los cuerpos verticales, bípedos, masculinos, quienes han sido los sujetos privilegiados por el diseño, para contemplar otras formas de vida. Los aparatos de movilidad

deberían tomar en cuenta diferentes formas de interactuar con el medio ambiente y no sólo centrarse en la movilidad humana.

En el texto *Shifting towards non-anthropocentrism: In dialogue with speculative design futures*, Tisha Hupkes y Anders Hedman (2022) exponen cómo existe un interés creciente hacia perspectivas que incluyan animales y plantas en las prácticas de diseño. Para los autores, algunas herramientas que permiten promover ese cambio contemplan cuatro puntos:

1. La colaboración entre diferentes disciplinas, ya que los problemas complejos no se pueden resolver de manera aislada. Sólo desde la diversidad de visiones y saberes podemos volver a entender las redes complejas que entrelazan y sostienen la vida.
2. La búsqueda de lenguajes más adecuados para expresar ideas: puesto que las formas de conocimiento occidental han sido articuladas desde una visión centrada, sobre todo, en los intereses productivos. Necesitamos redefinir nuestro vocabulario para integrar en él las prácticas de conocimiento interespecie y de cuidado de la vida.
3. La búsqueda de ejemplos reales en las interdependencias: esto sería importante ya que el mundo occidental ha construido una idea de poder basada en la falsa autonomía, mientras que la realidad es que somos seres que necesitamos de cuidados para nuestro desarrollo.
4. El compromiso con futuros especulativos. Este último punto es importante, ya que la mayor parte de relatos pone frente a nosotros escenarios apocalípticos que desalientan, cuando no inmovilizan, para realizar los cambios necesarios para cuidar nuestro entorno; en ese sentido, especular consiste tanto en cuestionar la realidad como en abrir posibilidades.

Especular sobre futuros multiespecie es algo fundamental para introducir nuevas narrativas en nuestro accionar, así como para organizarnos en formas más armoniosas de existencia; además, se propone integrar el componente de vulnerabilidad como algo que debe tomarse en cuenta para diseñarlos. La vulnerabilidad permite situar la vida en su perspectiva real de finitud y de una necesidad constante de cuidados a vidas humanas y no humanas. Ser conscientes de esto nos permitiría comenzar a construir sociedades y humanidades que cuidan de sí y de las otras personas.

Martín Tironi y Pablo Hermansen (2018) proponen hacer del diseño un espacio de encuentro cosmopolítico, siguiendo la propuesta de Isabelle Stengers en la que la cosmopolítica se presenta como una exploración más profunda de las interrelaciones, materiales, humanas, animales y de diferentes modos de vida que habitan el mundo. Hablan de pensar en los prototipos de diseño, más que como objetos, como provocadores de encuentros entre diversas especies, así el diseño medioambiental “encuentra en el prototipado una forma de probar empíricamente sus múltiples posibilidades para crear modos concretos de relación entre humanos y no-humanos” (p.199).

Pensar en espacios en donde la movilidad humana active polinizaciones sería un reto interesante. En el proyecto *Sistemas de reproducción por azar II*, realizado en 2005, la artista mexicana Paola de Anda (1979) colocó semillas inoculadas con micelio dentro de globos que iba soltando en su caminata por la Ciudad de México; la idea era que estas semillas se esparcieran y pudieran germinar por la ciudad. Esta obra me lleva a pensar en cómo podríamos convertir nuestros tránsitos cotidianos en acciones germinativas, también en cómo podríamos reintroducir la vida vegetal en territorios urbanizados.

Conocer con profundidad las relaciones entre cuerpos, territorios y especies que cohabitan, ayudaría a diseñar movibilidades compartidas para la construcción de futuros multiespecies. Como propone también la activista y ecofeminista Vandana Shiva, tendríamos que empezar a considerarnos como parte de una familia de la tierra donde todos los seres tienen un lugar fundamental (Rodríguez, 2018). Imaginar trayectos de humanidades y plantas en encuentro podría articular posibilidades de movilidad sustentable.

De acuerdo con Emmanuelle Coccia (2021) la relación mutua entre seres vivos y medio ambiente es una relación de diseño:

Cada especie es arquitecta y *designer* del mundo, y también arquitecta y *designer* de otras especies, y esto significa que en la gran mayoría de los casos el entorno en el que vive cada especie es un espacio diseñado y producido por otras especies para otras especies.

Considerar de qué maneras interactuamos en nuestros entornos podría permitirnos diseñar nuevas interacciones o reforzar aquellas que ya están siendo benéficas en los ecosistemas. Por eso requerimos de diseños que piensen en productos de movilidad sustentable y en interacciones positivas que se activan en entornos donde plantas, animales, suelos y vidas vegetales se articulan.

¿Con quienes nos movemos? ¿Cómo nos movemos? ¿Qué rastros dejamos en nuestro tránsito? ¿Qué interacciones se movilizan en nuestros trayectos? ¿Qué tipo de trayectos podrían polinizar y germinar el territorio? Plantearnos estas preguntas podría promover movibilidades sustentables para futuros multiespecies.

Conclusión

Si bien el pensamiento occidental se ha articulado en torno al antropocentrismo, privilegiando la vida humana sobre la del resto de las especies, nuevas maneras de concebir nuestra relación con el mundo emergen desde finales del siglo XX e inicios del siglo XXI para cambiar la cultura de explotación por una cultura de cuidado de la vida.

En ese sentido, la necesidad de articular nuevas narrativas se hace patente para poder concebir otras opciones de futuros biodiversos y multiespecies. Contemplar la agencia de las plantas, su movilidad y el papel que han tenido en la generación de la vida, permite cambiar la visión sobre ellas para poder considerarlas como sujetos actantes en el mundo.

Desde el arte, específicamente, se está promoviendo investigar con mayor amplitud las redes de la vida, las historias de interdependencia y las relaciones ecosistémicas vegetales, con el objetivo de desjerarquizar la vida humana para concebirla como parte de un paisaje mucho más complejo de interdependencias e intercambios.

Pasar de una cultura antropocéntrica a una cultura multiespecies formaría parte de uno de los grandes retos que pueden promover un cambio en los sistemas de pensamiento para transformar las interacciones con el entorno. En ese sentido, las propuestas de diseño especulativo no sólo buscan cuestionar el presente, sino abrir posibilidades de futuros donde la actividad humana tome en cuenta sus interacciones con otras formas de vida.

Para poder proyectar movibilidades sustentables es necesario visualizar futuros donde se tomen en cuenta las interacciones entre animales, plantas y ecosistemas. Reorganizar la vida y sus interacciones, para proyectar futuros polinizadores, formaría parte de los retos actuales para preservar la vida.

Referencias

- Alves, M. y Lukatsch, W. (2022). "Further Exercises in Decolonizing One's Imagination: Weaving Common Ground", en *Maria Thereza Alves: Seeds of change*. Nueva York. The Vera List Art Center for Art and Politics.
- Arguedas, D. (2020). El increíble viaje de la papa andina, el tubérculo que transformó el mundo. BBC travel. <https://www.bbc.com/mundo/vert-tra-52715489>.
- Capra, Frijot. (2009) *La trama de la vida*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- CCA Derry-Londonderry. (2022). Fugitive Seeds (19 oct 22-21 dec-22). <https://www.ccadld.org/exhibitions/fugitive-seeds>.
- Choi, M. (2008). Manifesto for living beings. Página de la artista. Consultado el 28 de noviembre de 2023. <http://minji-choi.com/manifesto>.
- Cielemęcka O. y Daigle C. (2019) *Posthuman Sustainability: An Ethos for our Anthropocenic Future*, Theory, Culture & Society, 36:7, 67-87.
- Coccia, E. (2021). Conferencia: El jardín del mundo. CENDEAC. <https://www.youtube.com/watch?v=mxTQjBwuZRA>.
- Consuegra, C. (2021). Metabolismos planetarios. Ed. Valeria Mata. Ed. Centro Cultural de España en México, pp. 20-32.
- Demos T. J. (2020). Descolonizar la naturaleza. Arte contemporáneo y políticas de la ecología, Madrid, Akal.
- Dion, C. (2022). Entretien avec Cyril Dion. Art & Écologie. Centre Pompidou. Francia. <https://www.youtube.com/watch?v=IgmboXm2uKQ&t=489s>.
- Flys Junquera, C. (2013) Aprender el lugar a través de la literatura en arte y ecología, Eds. Tonia Raquejo y José María Parreño. UNED, pp. 95-107.
- Flys Junquera, C. (2013). "Las piedras me empezaron a hablar: una aplicación literaria de la filosofía ecofeminista" en *Ecofeminismo/s: Mujeres y Naturaleza*, Revista Feminismo/s, No. 22, 89-112.
- Haraway, D. (2019). Seguir con el Problema, generar parentesco en el Chthuluceno. Bilbao, Consoni.
- Haraway, D., & Endy, D. (2019). Tools for Multispecies Futures. *Journal of Design and Science*. <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/issue4-haraway-endy/release/1>.
- Hermansen, P. y Tironi, M. (2018). Impugnaciones pedagógicas: prototipado interespecies y encuentros cosmopolíticos. *Diseña* (12), 196-227.
- Hupkes, T. y Hedman A. (2022). Shifting towards non-anthropocentrism: In dialogue with speculative design futures, *Futures*, Vol. 140. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328722000507#bib33>.
- Huston, N. (2017). *La especie fabuladora*. Barcelona. Ed. Galaxia Gutenberg.
- Jönsson, L. (2014). Design events: On explorations of a non-anthropocentric framework in design. The Royal Danish Academy of Fine Arts, School of Design. https://www.academia.edu/11481605/Design_events_on_explorations_of_a_non_anthropocentric_framework_in_design.
- Keeve, B. C. (2020). Fugitive seeds. Edge Effects. <https://edgeeffects.net/fugitive-seeds>.
- Kimmerer, R.W. (2021). *Una trenza de hierba sagrada*. Trad. David Muñoz, Madrid, Capitán Swing.
- Le Guin, Ú. (1989). *La teoría de la bolsa como origen de la ficción*. Oficios Varios. 8 de marzo de 2021. Trad. Fernanda Carvajal. Publicación original. https://oficiosvarios.cl/wp-content/uploads/2015/04/La_teor%C3%ADa_de_la_bolsa_como_origen_de_la_ficcion_UrsulaKLeguin.pdf.

- Mancuso, S. y Viola, A. (2015). *Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.
- Merchant, C. (2023). *La muerte de la naturaleza*. Siglo XXI Editores.
- Nicolás, A. (2012). Tesis: Lluvia de semillas en un bosque tropical caducifolio secundario excluido del ganado en el centro de México. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla.
- Ortner, S. (1979). ¿Es la mujer con respecto al hombre lo que la naturaleza con respecto a la cultura? en *Antropología y feminismo*. Harris, Olivia y Kate Young (compiladoras). Barcelona, Anagrama.
- Rodríguez M. (2018). Contra el antropocentrismo. Entrevista con Vandana Shiva. CDMX, *Revista de la Universidad de México*. <https://www.revistadelauniversidad.mx/articulos/adb0e75d-2bee-4f68-8a73-17fb1492c974/contras-el-antropocentrismo>.
- Serres, M. (1991). *El contrato natural*. Valencia. Ed. Pre-textos.
- Puleo, A. (2019). *Claves ecofeministas para rebeldes que aman a la tierra y a los animales*. Madrid, Plaza y Valdés.
- Raquejo, T. (2015). La ficción en la consciencia ecológica: correspondencias entre las dinámicas psíquicas y el planeta Tierra, *Arte y ecología*, Madrid, UNED, 2015.
- Red Española de Desarrollo Sostenible (REDS). (2021). Hacia una cultura sostenible. Guía práctica para integrar la Agenda 2030 en el sector cultural. Ed. SDSN, 12-21.
- Szydłowska, A. (2023). Designing the non-anthropocentric city. Graduate School for Social Research (GSSR). Institute of Philosophy and Sociology, Polish Academy of Sciences. <https://www.gssr.edu.pl/gssr-blog/designing-the-non-anthropocentric-city>.
- Vera List Center for Art and Politics. (2023). María Thereza Alves Seeds of change. <https://www.veralistcenter.org/publications/maria-thereza-alves-seeds-of-change>.

Desplazamiento sustentable: estudio transdisciplinar de diseño comparado en usuarios de senderos urbanos en Perú-México

*Sergio Santamaría Suárez
Haydith Vásquez Del Aguila
Verónica Rodríguez Contreras*

*El sendero urbano es sustentable cuando
el ciudadano peatón lo camina
de forma saludable, educada y segura.
Santamaría Suárez Sergio*

Introducción

El proceso de humanización requiere de la adaptación a las condiciones de vida en un espacio y tiempo determinados; sobre todo, requiere del contacto humano. Precisamente, el gran otro humano, en tanto generación ya existente, es quien se encargará de humanizar a las nuevas generaciones. Por esa razón vale la pena repensar como actores sociales, en las implicaciones del momento histórico en el que vivimos, en qué condiciones lo heredamos y en qué condiciones lo heredaremos.

La ciudad es un invento social creado y habitado por el mismo grupo que a diario lo habita, recrea y reinventa; con esta, la vida nómada pasó a ser un referente histórico, actualmente aplicado sólo para algunos grupos en condición migrante.

El estilo de vida citadino va cambiando junto con la ciudad y sus ciudadanos, ambos procesos son interdependientes y dinámicos, las actividades de la vida cotidiana siguen desarrollándose en cada individuo que conforma el tejido social de la ciudad, con base en las implicaciones características de su latitud, que generan necesidades específicas.

Los habitantes de toda ciudad han soñado con un espacio-ciudad educada, saludable y segura, que la haga habitable, pero la complejidad de la misma, y de sus habitantes, hace que dichas condiciones sean casi imposibles de integrar. Lo que sí es posible, es tomar fragmentos de la ciudad que parecen indignos, e intervenirlos para dignificarlos, para volverlos espacios saludables, educados y seguros, sobre todo, habitables.

Es posible que la ciudad sea el invento humano más importante, en tanto que se usa y habita en la vida cotidiana, y porque las personas participan en su creación, voluntaria e involuntariamente, coexisten en el mismo espacio y tiempo, viven y mueren en la ciudad.

El sueño de una ciudad perfecta siempre ha sido una utopía (U = no; Topos = lugar) un no lugar, es decir que en la realidad concreta no existe, sólo de manera abstracta, en el imaginario;

por ejemplo, Camelot del Rey Arturo, o Brasilia en Brasil, ciudad diseñada en forma de ave y planeada para su óptimo funcionamiento, que al paso del tiempo terminó chocando con otra realidad.

Si bien es cierto que las ciudades, en general, son claros ejemplos de la imposibilidad de tener una ciudad perfecta en los tres ejes de desarrollo (educación, salud y justicia) las personas siguen esforzándose en lograr que por lo menos algunos espacios integren esas características.

Al realizar una búsqueda bibliográfica sobre movilidad sustentable en la ciudad, encontramos que los investigadores, en su mayoría, se han interesado en el transporte público, el uso del automóvil, la motocicleta y la bicicleta, desdeñando la movilidad sustentable del peatón. En este capítulo decidimos estudiar el tema, con una mirada transdisciplinar y en pro de nuestras ciudades en estudio, a saber, Pachuca, Hidalgo, en México, y la ciudad de Lima, en la República del Perú.

Entendiendo que se trata de aportar datos derivados del estudio de dos contextos distintos, este es un trabajo comparado que incluye las experiencias de dos espacios diversos. Se trata del mismo sujeto de estudio, el peatón, y del mismo objeto de estudio, la sustentabilidad del sendero urbano, pero en dos diferentes contextos.

Los autores del presente trabajo reconocemos y enfatizamos la importancia del sendero urbano, dentro de la movilidad sustentable de la ciudad, como lugar de actividad física, turística, comercial, o asociado a otras actividades de la vida cotidiana del peatón, bajo el principio de que el ciudadano requiere vivir y disfrutar su espacio.

El sendero: espacio público sustentable

Además de reconocer a la movilidad como el desplazamiento de personas o medios de transporte, también es un componente clave en el equilibrio socioeconómico de la sociedad urbana. Este fenómeno abarca el traslado de mercancías y el de individuos dentro de un espacio físico (Zaragoza, 2010).

Para Serrano (2018b) un lugar público se define como un área accesible; esto representa una afirmación del derecho a la ciudad con el propósito de promover la equidad social, para lo cual es necesario establecer áreas accesibles a todos los residentes, independientemente de su edad, habilidades, situación económica, etcétera. Estos espacios urbanos deben facilitar la movilidad sin restricciones, en línea con la democratización del espacio público.

El movimiento de las personas dentro de la ciudad se define como la habilidad que tienen para desplazarse de un punto a otro con un propósito específico. El concepto de movilidad sustentable está vinculado con la sostenibilidad o desarrollo sostenible. Así, la movilidad urbana sostenible debe contribuir al desarrollo económico, trabajar en armonía con el medio ambiente, promover la integración social, y aspirar a mejorar la habitabilidad.

La Constitución de México, en su artículo 4, garantiza el derecho de la ciudadanía a desplazarse en condiciones de seguridad vial, eficiencia, sostenibilidad, accesibilidad, inclusión, igualdad, y con altos estándares de calidad (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM], 2020).

En el contexto peruano, el derecho al libre tránsito se refiere a la capacidad que posee cualquier individuo para moverse de manera libre y discrecional en cualquier parte del territorio nacional, dentro de los límites establecidos por las leyes. La persona que ejerce este derecho es considerada el sujeto activo, mientras que el Estado, o cualquier persona natural o jurídica, se considera el sujeto pasivo, dado que se trata de un derecho fundamental; de esta manera, la Carta Magna consagra el derecho fundamental al libre tránsito como un elemento intrínseco y esencial de la condición humana.

El sendero: beneficios al caminarlo

Es verdad que dentro de la ciudad existen limitaciones en el diseño de los espacios para caminar, debido a que esta es pensada y desarrollada con perspectiva centrada en el automóvil-cochismo (Lorea, 2022) y, eventualmente, en el uso de la motocicleta y bicicleta, es como si el diseño de la ciudad le dijera al ciudadano: “No camines, porque es una actividad innecesaria y poco funcional”; pero caminar es una actividad natural que las personas realizan a diario, tiene beneficios que compensan la vida sedentaria típica citadina y además tiene per se beneficios biopsicosociales.

De acuerdo con la World Health Organization (WHO, 2022), caminar ofrece importantes beneficios para el sistema nervioso periférico, y para el organismo en general. Destaca por su impacto positivo en el sistema muscular, cardiorrespiratorio y óseo, al mismo tiempo que reduce el riesgo de enfermedades como hipertensión, cardiopatías, accidentes cerebrovasculares, diabetes y varios tipos de cáncer, previene caídas y fracturas, regula el peso corporal mediante la quema de grasa y calorías, elimina el colesterol perjudicial, mejora la resistencia y reduce la fatiga.

Caminar puede considerarse una forma de ejercicio natural que aporta beneficios significativos para la salud mental. Ayuda a combatir problemas emocionales y mentales. Además, promueve el pensamiento creativo y el flujo de ideas. Investigaciones recientes respaldan diversos beneficios psicológicos del ejercicio físico, incluyendo la emotividad (De Vries et al., 2017), reducción de la sintomatología depresiva (Biddle et al., 2019), disminución de los niveles de ansiedad (Alves et al., 2019), apoyo al afrontamiento del estrés (Schultchen et al., 2019), aumento de la autoestima (Larun et al., 2017).

Nos transformamos en individuos sociales al movernos, ya que implica más que la simple actividad física individual; también representa una fuente de interacción social (O’Mara, 2020). Un ejemplo de esto se observa en eventos como desfiles, manifestaciones, protestas y revoluciones urbanas, donde grupos de personas se desplazan en el espacio público con motivos expresivos y políticos (Solnit, 2015). En esos momentos, se busca reclamar el espacio urbano, el espacio público y la esfera pública de la vida. Según Solnit (2015), este acto implica la activa búsqueda y defensa de aspectos fundamentales de la existencia en la ciudad, para afirmar y preservar la presencia, así como la participación en la vida pública. Además, como indica Solnit (2015), gran parte de la historia ha sido narrada con los pies de los ciudadanos recorriendo sus ciudades. Por lo tanto, según O’Mara (2020), caminar a pie desempeña una función social crucial.

Para el peatón, caminar resulta económico, alivia la carga del transporte público y reduce la dependencia del automóvil. En síntesis, el acto de caminar se presenta como una práctica integral, accesible y eficaz para fomentar la movilidad sustentable en entornos urbanos.

Tipos de senderos

En entornos urbanos o rurales, un sendero se define como un tipo de camino reservado exclusivamente para peatones, con una anchura que no excede los dos metros. Estos senderos se utilizan para diversas actividades, como caminar, realizar actividades comerciales, turismo, entre otros propósitos primordiales.

En Europa, los senderos se clasifican según su longitud: sendero local (hasta 10 kilómetros, blanco y verde), sendero de pequeño recorrido (10-50 kilómetros, blanco y amarillo), y sendero de gran recorrido (más de 50 kilómetros). En Inglaterra y Gales, los peatones tienen derechos de paso protegidos legalmente, aunque en áreas protegidas, como parques nacionales o las reservas naturales, puede haber restricciones (Federación

Española de deportes de montaña y escalada, 2015).

En Estados Unidos de América, los senderos se dividen en tres: sendero paisajístico nacional, sendero de recreo nacional, y sendero de conexión y secundario (Sistema Nacional de Senderos en Estados Unidos-HISOUR Arte, cultura, historia, s.f.). Los caminos tienen la posibilidad de unirse para crear un sendero extenso o ruta, accesible para quienes disfrutan de las excursiones. En los Estados Unidos y Canadá, donde la urbe llegó a los condados, los líderes locales y promotores, actualmente trabajan para fomentar el uso del sendero.

Método

El tipo de investigación es descriptiva-comparativa, de diseño transversal; el sujeto de estudio es el peatón *in situ*, el objeto de estudio es la sustentabilidad del sendero urbano, el campo de estudio es transdisciplinar, la variable principal es el sendero urbano y las variables asociadas a la variable principal son: 1. Los aspectos de educación-señalética; 2. Salud, tiempo, uso, tipo de actividad realizada y condiciones de funcionalidad, y 3. Seguridad-incidentes de conducta precursora de delito o delito en sí.

La hipótesis descriptiva es que los senderos urbanos son funcionales ante la perspectiva del peatón. La muestra estuvo conformada por 150 usuarios tipo de Pachuca, e informantes de Lima, mismos que fueron seleccionados de forma aleatoria *in situ*. Como instrumento de medición, se utilizó una encuesta diseñada *exprofeso*; el procedimiento fue reconocimiento físico, encuestar en tres horarios: de 7:00 a 11:00 horas, de 12:00 a 16:00 horas y de 17:00 a 21:00 horas. Se recopiló la información y fue analizada privilegiando la perspectiva del peatón del sendero urbano, con el objetivo de describir desde la transdisciplina, mediante un estudio comparado, integrando observaciones de los aspectos de educación, salud y seguridad en dichos senderos, para beneficio de su funcionalidad; para el ordenamiento de datos se utilizó la observación, apreciación y frecuencia simple.

El sendero urbano: caso Pachuca, Hidalgo, México

El Plan Municipal tiene como meta en su objetivo estratégico 5.2 sobre Movilidad Sostenible, la elaboración de un Plan de Movilidad Urbana Sustentable; busca implementar acciones estratégicas para fomentar y promocionar el uso del sendero sin motorización (Presidencia Municipal de Pachuca, 2022). Pero su estrategia se enfoca más al aspecto lúdico-deportivo que a la alternativa de movilidad en la ciudad que facilite la vida cotidiana.

La ciudad de Pachuca cuenta con ocho ciclorutas construidas y cinco proyectadas; pero cinco de las construidas son tramos pequeños contenidos en otras más grandes (ruta centro; ruta San Javier; ruta Maestranza-Seguridad pública; ruta Coscotitlán-Maestranza, y Ramírez Ulloa-Progreso), por lo tanto, se les consideró sin uso.

Para este trabajo se seleccionaron tres rutas que cumplen con las características de senderos urbanos para el peatón: 1. Maestranza-Seguridad pública; específicamente, el tramo que va del centro de salud de Piracantos hasta la Prepa 1, UAEH. 2. Río de las Avenidas y avenida Universidad, y 3. Coscotitlán-Maestranza.

Resultados

De acuerdo con la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda y Movilidad 2020, hay ocho senderos construidos: 1. Ruta Centro, 300 metros; 2. Colonia Progreso-Ramírez Ulloa-Avenida Universidad: ciclovía y banquetas, comercio que obstruye el paso; 3. Ciclovía parque lineal (viaducto Río de las Avenidas; 4. Bulevar Minero-bulevar Ramón Bonfil; 5. Coscotitlán-Maestranza-Plaza Juárez; 6. San Javier; 7. Maestranza-Seguridad pública; 8. Bulevar Colosio-viaducto Río de las Avenidas. En total, 19586.4 metros construidos.

Cinco senderos son proyectados: 1. Ciclovía Ramón Bonfil-Zona Plateada; 2. Ciclovía Solidaridad; 3. Bulevar Minero-Morelos-Plaza Juárez; 4. Antigua carretera La Paz-bulevar Felipe Ángeles y, 5. Antigua carretera La Paz-bulevar Colosio.

Durante noviembre y diciembre de 2023, se recorrieron los tres senderos marcados como senderos o pasos peatonales, en tres horarios diferentes: de 7:00 a 11:00 horas, de 12:00 a 16:00 horas, y de 17:00 a 21:00 horas. El primer sendero recorre desde la colonia 11 de Julio hasta el Hospital General, el segundo sendero recorre parte del viaducto Río de las Avenidas, y el tercer sendero recorre del centro de salud de Piracantos hasta Prepa 1, UAEH.

El primer sendero, que inicia en la colonia 11 de Julio, es recorrido por un promedio de 30 personas que se dirigen al trabajo caminando, diez van en bicicleta a su trabajo, diez corren como actividad física, lo han usado todos los días de la semana, durante seis años con cinco meses; se tarda en recorrerlo 20 minutos, aproximadamente; las actividades que más se realizan son: caminar, correr, y trasladarse al trabajo. Lo usan otros miembros de la familia y amigos, el peatón considera que el sendero es seguro, no se ha sabido de ningún incidente; si lo recomiendan como apto para caminar, se sugiere mantenimiento de áreas verdes y de aparatos para ejercicio. Por la noche, de 19:00 a 21:00 horas, ya no se usa, presumiblemente por falta de alumbrado; durante la pandemia disminuyó su uso.

El segundo sendero forma un circuito en el Río de las Avenidas, es recorrido por un promedio de 40 personas que corren como actividad física-deportiva, y diez que trotan acompañados de sus mascotas caninas. Lo han usado cinco días a la semana, durante cinco años y tres meses; tardan en recorrerlo 12.5 minutos, aproximadamente; las actividades que más se realizan son: correr como actividad física-deportiva y trotar con las mascotas. Lo usan otros miembros de la familia y amigos; el peatón considera que el sendero es seguro, los incidentes eventualmente son: acoso de hombres a mujeres, que consiste en miradas lascivas, y la invasión de carriles entre peatón y bicicletas; si lo recomiendan como apto para caminar, el usuario se muestra totalmente satisfecho, le otorgan calificación de diez. Por la noche, de 19:00 a 21:00 horas, casi no se usa, a pesar de que cuenta con adecuado funcionamiento del alumbrado. Durante la pandemia disminuyó su uso.

El tercer sendero del centro de salud es recorrido de 7:00 a 11:00 horas, por un promedio de 32 personas que caminan hacia su trabajo, diez en bicicleta a su trabajo, y ocho corren como actividad física. Lo han usado durante seis días a la semana, en promedio cuatro años y seis meses; tardan 35 minutos en recorrerlo; la actividad que más se realiza es caminar hacia el trabajo, correr como actividad física-deportiva; en general, consideran el sendero seguro. Proponen el mantenimiento de áreas verdes y aparatos para ejercitarse. El mismo sendero es usado por familiares y amigos. Consideran el sendero como apto para peatones, aseguran que es bonito, por lo que sí recomiendan su uso y le otorgan una calificación de ocho, porque además tienen máquinas para ejercicio, área para bicicletas que no interfiere con la de los peatones, y tiene contenedores de basura. Durante la pandemia disminuyó el uso del sendero. En el horario de 12:00 a 16:00 horas, 20 personas trotan y 15 caminan, diez hacen ejercicio y cinco pasan por ahí; los únicos incidentes se dan entre mascotas

que se atacan. En horario de 19:00 a 21:00 horas su uso es mínimo, presumiblemente por la falta de alumbrado, lo que hace que el recorrido tarde diez minutos más; por esa razón, los usuarios le han otorgado al mismo sendero, en horario nocturno, la calificación de 7.2.

Conclusiones del sendero urbano de Pachuca, Hidalgo, México

El primer sendero, que inicia en la colonia 11 de Julio, cumple con la función, ya que el uso principal que le da el peatón es para ir al trabajo y a los hospitales. Cuenta con señalética, en parte obstruida por los puestos de comida; aun así, las personas llevan usando el sendero entre tres y diez años; se recorre en un tiempo aproximado de 10 a 30 minutos, es latente el riesgo de atropellamiento por los automóviles, ya que el sendero está diseñado para ciclistas y la parte de banquetas se encuentra obstruida por puestos de comida. El sendero es de uso familiar.

El segundo sendero, conocido como el Río de las Avenidas, recibió comentarios favorables y calificación de diez por parte de los usuarios; en cuanto a su diseño en circuito, señalética, alumbrado, cuenta con galería de pintura y fotografía al aire libre, aparatos para ejercicio, mesas de ajedrez, cuenta con puentes para evitar el tránsito vehicular. Las personas usan este sendero todos los días, se recorre en aproximadamente 12.5 minutos, está bien alumbrado, el mantenimiento es adecuado, tiene contenedores de basura. Se observa en este circuito actividad de tipo físico-deportivo y no de sendero urbano.

El tercer sendero inicia en el centro de salud, el tiempo estimado de recorrido oscila entre 45 y 90 minutos; es uno de los más largos, de superficie plana, lo que facilita su uso en diversas actividades; cuenta con señalética; funciona adecuadamente durante el día, pero falta mantenimiento del alumbrado durante la tarde y la noche. Este sendero tiene espacio para los ciclistas y espacio para el tránsito vehicular, cada uno marcado con el señalamiento correspondiente, ninguno interfiere con otro, pero no hay contenedores para basura y se observan heces de perro, ya que entre las principales actividades de este sendero está trotar con las mascotas caninas; la gente lo ha usado, en promedio, siete años; lo recomiendan como sendero seguro, pero sólo de día; no se tiene conocimiento de incidentes o accidentes; el usuario le otorga una calificación de ocho.

La ruta marcada como Maestranza-Coscotitlán-Prepa 1, UAEH-Plaza Juárez, no llega a Plaza Juárez, termina en la preparatoria 1. En horario de 7:00 a 11:00 horas, 40 personas caminan solas, con pareja o mascota; diez usan bicicleta; lo usan un promedio de seis días a la semana; durante tres años con seis meses; se recorre en un promedio de 25 minutos; se le considera un sendero seguro para caminar en ese horario. De 12:00 a 16:00 horas, el sendero se usa para caminar y trotar, con riesgo latente de atropellamiento porque se debe cruzar calles de paso de automóvil, sin semáforo peatonal, lo que aumenta el riesgo latente de atropellamiento, además de que los automovilistas se han acostumbrado a invadir las líneas amarillas del paso peatonal; cuenta con áreas verdes, pero se observa basura en horario de 19:00 a 21:00 horas; no es seguro por falta de mantenimiento en el alumbrado; la calificación que se le otorga en este horario es de siete; la presencia del usuario es casi nula (solo tres personas).

Todos los senderos anteriores cuentan con áreas verdes y aparatos para ejercicio, el problema común es la falta de alumbrado, lo que reduce su uso por la noche, faltan contenedores de basura, faltan semáforos para paso de peatón, sólo el sendero de Río de las Avenidas cumple con el diseño adecuado de bancas para tomar descanso.

La principal actividad debe ser caminar, pero en los senderos de Pachuca, Hidalgo, se realizan actividades como correr para el acondicionamiento físico, o correr con las mascotas caninas.

En el centro de Pachuca se tiene que improvisar el sendero si se quiere dar prioridad al peatón, ya que fue una ciudad minera con calles y banquetas angostas. Algunas ciudades han decidido cerrar el primer cuadro de la ciudad, reservándolo sólo para el peatón y restringiendo el paso a los automotores.

El sendero urbano: caso distrito de Miraflores, Lima, Perú

De los 43 distritos que integran la capital peruana, el de Miraflores es uno acomodado, en el que viven familias de nivel socioeconómico alto y medio; es famoso por su atractivo turístico y zonas de recreación en las que se observa a diario a población local, nacional y extranjera. Su ubicación privilegiada frente al mar –el océano Pacífico– le otorga un aliciente a su atractivo.

Miraflores tiene una extensión de 9.62 kilómetros cuadrados, y de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en 2022, la población residente del distrito ascendió a un total de 113503 habitantes. En tanto, el distrito turístico recibe cada año a tres millones de turistas, aproximadamente (Municipalidad distrital de Miraflores, 2023).

En la composición de Miraflores destaca el llamado sector central, donde convergen las avenidas Larco, Diagonal y Pardo, aquí concentra la mayor cantidad de actividades comerciales y servicios, así como la mayor densidad poblacional y empresarial. Este sector se destaca por albergar la mayoría del comercio especializado, como joyerías y artesanías, además de servicios turísticos y gastronómicos.

Es relevante señalar que, aproximadamente, 25 por ciento de los hoteles de primera categoría en la ciudad se encuentran en esta área, muchos situados cerca de sus malecones (Municipalidad distrital de Miraflores, 2023).

La legislación sobre asuntos de organización del espacio físico se rige de acuerdo con la Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N°27972, aprobada el 6 de mayo de 2003, en el artículo 79. Organización del espacio físico y uso del suelo, inciso 4.1, que dice:

Realizar directamente o facilitar la realización de proyectos de infraestructura urbana o rural esenciales para el desarrollo de la comunidad, la actividad productiva, el comercio, el transporte y las comunicaciones en el distrito. Estos proyectos incluyen la construcción de calles, carreteras, puentes, parques, mercados, canales de riego, instalaciones comunales y otras obras similares, todo ello en colaboración con la municipalidad provincial correspondiente.

Para este estudio, fue elegido lo que se llama el “corazón” de Miraflores. La zona central donde se ubica el Parque Central de Miraflores, que incluye al parque Kennedy, la iglesia matriz de Miraflores, parroquia de la Virgen Milagrosa, y la sede de la municipalidad distrital.

El parque Kennedy sirve como punto de movilidad hacia otras zonas del distrito, como el centro comercial Larcomar, la avenida José Pardo y la avenida Arequipa; para efectos de nuestra investigación, puede ser catalogado como el eje principal de donde es posible identificar algunos senderos urbanos, como se expone a continuación.

Senderos urbanos identificados a partir del eje parque Kennedy

Sendero en torno al parque central de Miraflores que incluye al parque Kennedy, y los diversos caminos que lo integran; está rodeado de zonas verdes, de descanso, bancas, pequeños anfiteatros, en dirección a la iglesia

de la Virgen Milagrosa, la municipalidad del distrito y los diversos centros gastronómicos y comerciales de los alrededores.

Sendero que inicia en el parque Kennedy hasta el centro comercial Larcomar. Se recorre una cuadra de la calle Shell para ingresar al jirón José Larco y seguir por esta arteria, durante nueve cuadras, para llegar a Larcomar.

Sendero que inicia en el parque Kennedy para luego ingresar a la avenida José Pardo, que incluye un paseo peatonal (alameda de la avenida Pardo) en 14 cuadras, pasando por los óvalos Julio Ramón Ribeyro y Plaza Centro América, hasta llegar a la zona alta del malecón.

Sendero que inicia en el parque Kennedy para luego ingresar a la avenida Arequipa, que incluye un paseo peatonal y ciclovía por cerca de 50 cuadras, en dirección a la zona del Cercado de Lima, pasando por los distritos de Miraflores, San Isidro y Lince.

Para el presente estudio nos enfocamos en los dos primeros senderos, desarrollados a continuación.

Sendero al interior del parque central de Miraflores que incluye al parque Kennedy

Este sendero de tipo urbano, en torno al parque central de Miraflores, que incluye al parque Kennedy, con un área de 25000 metros cuadrados, puede ser calificado como un sendero por excelencia. Los diversos circuitos peatonales que lo integran permiten a los ciudadanos disfrutar de las bondades del parque y gozar de un paisaje que integra zonas verdes, naturaleza, oferta cultural, venta de productos de arte (cuadros al óleo y artesanías) y gastronomía en pequeña escala (son famosos los carritos sangucheros que venden butifarras, sandwich y tradicionales postres limeños como la mazamorra morada y el arroz con leche). El recorrido del parque puede extenderse por cerca de cuarenta minutos o más y es concurrido a diario por miles de personas, entre habitantes locales, foráneos y turistas, que llegan al distrito a pasear por el parque Kennedy.

El sendero del parque Kennedy sirve también como paso a otros destinos del circuito que muy bien se circunscriben al sendero, entre estos, la iglesia de la Virgen Milagrosa, la sede de la municipalidad distrital de Miraflores y la sala de arte Luis Miró Quesada. De esta forma, se crea un recorrido funcional de diversos intereses, entre lo lúdico y recreativo, lo religioso, lo administrativo, lo gastronómico y lo cultural.

Los peatones son de perfil diverso y de diferentes edades, niños y niñas, jóvenes, adultos y adultos mayores. En numerosos casos se observan familias enteras, otros tantos van acompañados de sus mascotas. A esto hay que sumar al personal de Serenazgo (especie de policía municipal) que vela por el orden del lugar y mantiene comunicación inmediata con la policía por si hay que recurrir a esta ante un hecho criminal. Respecto a la seguridad ciudadana, hay que señalar que, actualmente, Lima es la ciudad más insegura del Perú, debido a los altos índices de criminalidad, sicariato, hurto y robo a mano armada, en manos de mafias locales y extranjeras (como por ejemplo la megabanda criminal venezolana El Tren de Aragua que opera en el Perú desde 2018). Sin embargo, hay que matizar la inseguridad, pues en Miraflores y otros distritos acomodados los índices de delincuencia son menores en comparación con los llamados conos, como San Juan de Lurigancho, Comas, etcétera, donde la informalidad y la criminalidad han rebasado la acción y el control policial.

Un atractivo del parque es el gran número de gatos que deambulan por los senderos y las zonas verdes, que constituyen la cara zoológica del parque. Anteriormente, tenían su hogar en la iglesia de la Virgen Milagrosa, pero fueron expulsados y se quedaron en el parque, donde además se han reproducido. Los visitantes y vecinos les dan de comer y los acarician. Más que gatos callejeros son gatos del paisaje, lo que otorga una particularidad al sendero descrito.

En los alrededores, es decir, en las avenidas próximas al parque, que pueden ser catalogadas como senderos adyacentes al del parque, el peatón tiene a disposición una gran oferta comercial que incluye restaurantes de comida local e internacional (es famosa la conocida calle de las pizzas), tiendas y boutiques, zapaterías, librerías, heladerías, cafés, discotecas y un cine, que se constituyen en atractivos ganchos para el uso del sendero. El parque también es un lugar de entrada hacia sótanos de estacionamientos de autos y está habilitado en la orilla con ciclo vía. Su propósito es fomentar el uso de bicicletas como un medio de transporte sostenible. El Servicio de Préstamo de Bicicletas (SPB) se inscribe en la futura creación de 20 kilómetros de vías de micromovilidad conectadas. Este sistema cuenta con 50 estaciones ubicadas en todo el distrito, 900 puntos de anclaje y 500 bicicletas (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2020).

Si bien integra de manera amable y habitable la convivencia del peatón, muestra también algunos inconvenientes que pueden resultar contraproducentes para la habitabilidad y el sendero. Por ejemplo, el tráfico y la cantidad de autos y motos de las calles adyacentes al parque que generan contaminación sonora y riesgos de accidentes. Otro inconveniente identificado que ha alterado el funcionamiento normal de la vida de los vecinos –por tanto, de los senderos urbanos– tiene que ver con la posición que ha asumido la actual gestión municipal de Miraflores liderada por el alcalde Carlos Canales, en cuanto al uso de espacios. Por un lado, se han reportado actos discriminatorios, con un fuerte contenido racial, en contra de ciudadanos y ciudadanas que no viven en el distrito y que ejercen actividades ambulatorias de comercio en los senderos y parques. Estos hechos han merecido la atención de los medios de comunicación y fuertes críticas hacia el alcalde. De igual forma, se han reportado actos discriminatorios y de control contra los propios vecinos mirafloresinos, al no permitirles el uso de los espacios públicos habituales para el ejercicio de yoga, camping y deportes. Se ha generado una controversia, pues los vecinos se han organizado y han desconocido las pretensiones edilicias. Todo este ambiente, sin duda, ha alterado coyunturalmente el normal desarrollo.

Sendero parque Kennedy-centro comercial Larcomar

Este segundo sendero inicia en el parque Kennedy y concluye en el centro comercial Larcomar. Recorrido de diez cuadras que inicia enseguida del parque Kennedy hacia la calle Shell, para luego dirigirse por el jirón José Larco hasta llegar a Larcomar. Es un sendero funcional a la movilidad peatonal en el que se integran paseo recreativo, turismo, servicios y cercanía con el paisaje que domina Larcomar: el inmenso panorama del litoral limeño.

La caminata de 10 cuadras se realiza en aproximadamente treinta minutos y, al igual que el sendero identificado en el parque Kennedy, es transitado por miles de personas a diario: habitantes locales, foráneos y los turistas. A este sendero se añade la ciclo vía que va en igual dirección entre parque Kennedy y Larcomar, y que permite recorrerlo en menos de cinco minutos. La afluencia de peatones como de ciclistas es alta y se intensifica en horas punta.

La zona de Larcomar se extiende más allá del centro comercial, con parques, zonas verdes, monumentos y ciclo vías para deportistas, bicicletas y *scooters*. Pero, el centro comercial de Larcomar, en nuestro sendero identificado, es el destino final.

En Larcomar, la oferta a la que el peatón tiene acceso es variada, desde restaurantes y cafés, boutiques, sala de teatro, multicine (que dejó de funcionar en 2016 tras un incendio), hasta la vista del paisaje que es el atractivo principal. El océano Pacífico que rodea el litoral de la ciudad.

Al igual que el sendero del parque Kennedy, los peatones son de perfil diverso y de diferentes edades, niños

y niñas, jóvenes, adultos y adultos mayores. Y, en numerosos casos, se observan familias enteras, otros tantos van acompañados de sus mascotas.

En el caso particular de Miraflores, un distrito bañado por el mar, es comprensible entender el porqué de la afluencia de personas que disfrutan de los espacios públicos que se ofrecen. La cercanía al mar es el principal atractivo, debido a lo reconfortante que resulta respirar la brisa marina, los imponentes paisajes que se aprecian en los atardeceres de primavera y verano, con el *sunset* tiñendo de colores el cielo, por naturaleza, gris de Lima. Los peatones disfrutan de las caminatas con una vista del océano Pacífico que se inicia en los distintos senderos urbanos y que va hacia el malecón de Miraflores, un parque con caminerías que recorre el borde superior del acantilado de la Costa Verde que pertenece a este distrito.

Según Ismael Teira Muñiz, de la Universidad Politécnica de Valencia, sobre la formación de nuevos senderos o “caminos del deseo”, estos son aquellos que resultan de la acción del caminar erosionando una superficie de hierba o césped. Este ejercicio voluntario de parte de los peatones propone el camino más corto o sencillo entre un origen y un destino, y en ocasiones son entendidos como atajos. Representan la acción física de algo tan abstracto como el deseo, y son también improntas evidentes de un gesto ciudadano, al acortar, rechazar e, incluso, mejorar el camino marcado. Podría considerarse a los “caminos del deseo”, también, como resultado de un acto poético, performativo, creativo y subversivo, esquivando la senda marcada (Teira Muñiz, 2019). Esta visión sobre senderos se puede encontrar en los senderos identificados como parte de este estudio en el parque Kennedy, y parque Kennedy-centro comercial Larcomar.

Conclusiones del sendero urbano en el distrito de Miraflores, Lima, Perú

Los senderos urbanos en el distrito de Miraflores generan una alternativa positiva en la relación de las personas con el entorno, y entre las mismas, además de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Permiten transitar y disfrutar de los espacios públicos de forma responsable y ordenada, facilitando el acceso de la población al entorno natural y creando vínculos que unen a la comunidad con el medio ambiente.

Los caminos o senderos urbanos en Miraflores marcan el rumbo para ir de un lugar a otro, permitiendo que el peatón disfrute de nuevos paisajes y aventuras. Abren la puerta a un nuevo imaginario del distrito, lo que por extensión permite habitar la ciudad bajo otra mirada en la que se revaloriza el patrimonio natural y cultural que posee.

Los senderos urbanos mirafloresinos permiten construir espacios de integración entre quienes los recorren.

Los senderos identificados proporcionan momentos de diversión y sano esparcimiento. Los peatones pueden compartir el amor por la naturaleza y la vida, y mantener, en cada paso que dan, la ilusión de conservar la riqueza natural que se desea perennizar para el futuro.

Los senderos del distrito mejoran las relaciones con el entorno, a partir de los paseos y el disfrute, recuperando los espacios en la ciudad. Benefician también a los ciudadanos y a la biodiversidad.

Los senderos de Miraflores se constituyen como una alternativa plausible al cambio climático. Su infraestructura no contaminante sirve como base para pensar en un desarrollo ecológico a futuro. Esto se puede replicar en otras ciudades del Perú y del mundo.

Como conclusión general, ahora sabemos que los senderos en ambos contextos son funcionales, se encuentran en condiciones óptimas de uso, son educados, saludables y seguros desde la perspectiva del usuario urbano-peatón. En Pachuca se observa la falta de mantenimiento de áreas verdes, alumbrado y contenedores para basura, por lo que se propone gestionar en gobierno o a nivel comunitario el mantenimiento de los

senderos, fomento y promoción de su uso para caminarlos, cuidar de los mismos y disfrutarlos. Con respecto a los senderos de Miraflores en Lima, se observa que no sólo mejoran la movilidad, también fortalecen los lazos comunitarios, promueven el disfrute responsable del entorno natural y contribuyen a la sostenibilidad ambiental. Ambos casos considerados de éxito, podrían servir de modelo replicable para otras ciudades, destacando la importancia de una infraestructura ecológica, no contaminante, en la construcción de entornos urbanos saludables, educados y seguros, pero, sobre todo, habitables.

Referencias

- Alves, D. G. L., Rocha, S. G., Andrade, E. V., Mendes, A. Z., & Cunha, Â. G. J. (2019). The positive impact of physical activity on the reduction of anxiety scores: a pilot study. *Revista Da Associacao Medica Brasileira*, 65(3), 434-440. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.65.3.434>.
- Biddle, S. J. H., Ciaccioni, S., Göen, T., & Vergeer, I. (2019). Physical activity and Mental health in Children and Adolescents: An updated review of reviews and an Analysis of Causality. *Psychology of Sport and Exercise*, 42, 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.08.011>.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM]. (2020). Art.4. Recuperado el 2 de enero de 2024, a las 15:40 de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>.
- De Vries, J. D., Van Hooff, M. L. M., Geurts, S. A. E., & Kompier, M. A. J. (2017). Trajectories of well-being during an exercise randomized controlled trial: The role of exposure and exercise experiences. *Stress and Health*, 34(1), 24-35. <https://doi.org/10.1002/smi.2758>.
- Federación Española de deportes de montaña y escalada. (2015). Manual de señalización de senderos GR®, PR® y SL® (1.a ed.). Edición digital. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/92A941A64947BC4605257CBC005AD37A/\\$FILE/informe_81.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/92A941A64947BC4605257CBC005AD37A/$FILE/informe_81.pdf).
- Larun, L., Brurberg, K. G., Odgaard-Jensen, J., & Price, J. (2017). Exercise therapy for chronic fatigue syndrome. *The Cochrane library*. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd003200.pub7>.
- Lorea, R. (2022). ¿Qué es el cochismo?: Raúl D. Lorea. *Al Diálogo*. Recuperado el 2 de enero de 2024, a las 15:45 de <https://aldialogo.mx/opinion/2022/06/02/que-es-el-cochismo-raul-d-lorea>.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2020). Plan de Desarrollo Turístico Local del distrito de Miraflores 2021-2025. Recuperado el 5 de enero de 2024, a las 13:00, de: https://www.miraflores.gob.pe/wp-content/uploads/2020/10/PDTL-MIRAFLORES_web.pdf.
- Municipalidad distrital de Miraflores. Gerencia de planificación y presupuesto. Oficina de programación multianual de inversiones. (2023). Diagnóstico de brechas de infraestructura y servicios. Recuperado el 5 de enero de 2024, a las 13:20, de: https://www.miraflores.gob.pe/wp-content/uploads/2023/01/DIAGNOSTICO_DE_BRECHAS_SERVICIOS.pdf.
- O'Mara, S. (2020). *Elogio del caminar. La nueva ciencia que estudia cómo caminamos y por qué es bueno para nosotros*. Barcelona: Anagrama. ISBN: 978-84-339-6458-8.
- Presidencia Municipal de Pachuca. (2022). Plan Municipal de Desarrollo 2020-2024 Pachuca de Soto, Hidalgo. Recuperado el 2 de enero de 2024, a las 18:00 de <https://datos.pachuca.gob.mx/PMD/PMD.pdf>.
- Schultchen, D., Reichenberger, J., Mittl, T., Weh, T. R. M., Smyth, J. M., Blechert, J., & Pollatos, O. (2019). Bidirectional relationship of stress and affect with physical activity and healthy eating. *British Journal of Health Psychology*, 24(2), 315-333. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12355>.

- Serrano, R. O. (2018b). Movilidad Urbana y Espacio Público. Reflexiones, métodos y contextos. Universidad Piloto de Colombia. <https://www.unipiloto.edu.co/des>. Universidad Piloto de Colombia. Recuperado 2 de enero de 2024, a las 15:00 de https://www.unipiloto.edu.co/descargas/LIB_Movilidad-Urbana-y-espacio-publico_17OCT.pdf.
- Sistema Nacional de Senderos en Estados Unidos-HISOUR Arte cultura historia. (s. f.). Recuperado el 8 de enero 2024 a las 16:14, de <https://www.hisour.com/es/national-trails-system-in-united-states-48886>.
- Solnit, R. (2015). *Wanderlust: una historia del caminar*. Barcelona: Capitán Swing.
- Teira Muñoz, I. (2019). Los caminos del deseo como fenómeno ilustrativo de la relación entre el caminar y la práctica artística contemporánea. IV Congreso Internacional de Investigación en Artes Visuales ANIAV 2019. Recuperado el 7 de enero de 2024, de: <http://dx.doi.org/10.4995/ANIAV.2019.9532>.
- World Health Organization (WHO). (2022, 5 octubre). Actividad física. Recuperado el 2 de enero de 2024, a las 15:55 de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
- Zaragoza, D. Z. (2010). Determinantes económicos para la movilidad urbana y alternativas al transporte público en el corredor Nor-poniente del Estado de México 2005-2010. Facultad de Estudios Superiores Acatlán. Recuperado el 2 de enero de 2024, a las 14:00 de https://www.saree.com.mx/lab/sites/default/files/cap1TV/CAPITULO1_V3_ZARAGOZAD_18092015.pdf.

Movilidad sustentable: pasos de fauna

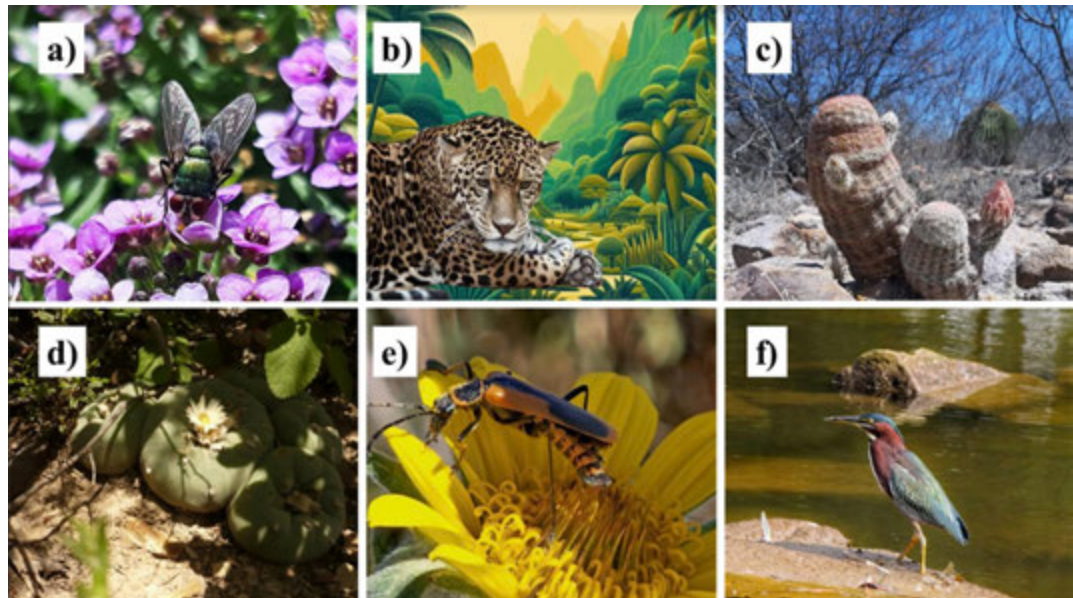
Ericka Ortigoza Vázquez

Introducción

Uno de los grandes retos del siglo XXI para la humanidad es conservar la diversidad biológica, o biodiversidad, pero también restaurarla. Existe una crisis por la pérdida de la misma, muestra de esto es la sexta extinción masiva nombrada “la extinción del Antropoceno” (Ceballos et al., 2015; Mace et al., 2018).

La biodiversidad es la variedad de organismos vivos presentes en la Tierra y considera desde el más diminuto individuo, como una bacteria, hasta el más majestuoso, como un jaguar; además de la gran diversidad existente de hongos, musgos, helechos, plantas con flores, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (figura 1) (CONABIO, 2009). Asimismo, el término engloba la variedad genética dentro de la misma especie; por ejemplo, la variedad de maíces (*Zea mays*) que existen en México (figura 2), o la variedad del pelaje de los gatos (*Felis catus*) con diferentes pigmentos y patrones.

Figura 1. La biodiversidad, variedad de organismos vivos presentes en la tierra



a) Mosca verde metálica (*Lucilia sericata*); b) Jaguar (*Panthera onca*); c) Cabeza de viejo de sierra oscura (*Echinocereus rigidissimus*); d) Peyote queretano (*Lophophora diffusa*); e) Escarabajo soldado (*Chauliognathus limbicollis*); f) Garcita verde (*Butorides virescens*). Fotografías: a, c, d, e, Omar Díaz Segura; b, Erika Ortigoza Vázquez; f, Karla Uribe

Figura 2. Variedad de maíces (*Zea mays*)



Fotografía: Karla Uribe.

La biodiversidad también considera ecosistemas acuáticos, como mares, ríos, lagos y lagunas, y ecosistemas terrestres, como pastizales, desiertos, bosques, etcétera (CONABIO, 2009). La importancia de la biodiversidad se sustenta en los diversos recursos que el ser humano obtiene de esta, como alimentos, fibras, medicinas, combustibles, ornamentos, entre otros (figura 3) (Primack & Ros, 2002; Carabias, Meave, Valverde & Cano-Santana, 2009). Asimismo, se obtienen diversos servicios ecosistémicos, como la purificación del aire y del agua, la preservación de los ciclos biogeoquímicos, la regulación de los gases atmosféricos que determinan el clima mundial, la formación y protección del suelo, la polinización de cultivos, entre otros (Primack & Ros, 2002; Carabias et al., 2009).

Figura 3. El ser humano obtiene diversos recursos de la biodiversidad



a) y b) pomadas y tinturas respectivamente, obtenidas a base de plantas medicinales para el alivio de diversos males; c) alimentos como frutas, verduras y carnes, son parte de la biodiversidad; d) diversas fibras naturales, como algodón, lana y seda, son utilizadas con fines textiles; e) y f) Diversas plantas son utilizadas con fines ornamentales.

Fotografías: Loraine Matias Palafox. c, generador de imágenes Microsoft Bing.

A nivel global, la biodiversidad se encuentra bajo constante amenaza debido a factores como la degradación, fragmentación y destrucción de los ecosistemas naturales por parte del ser humano; la introducción de especies exóticas invasoras; la sobreexplotación de especies; el cambio climático, y la propagación de enfermedades (Primack & Ros, 2002; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Parte de la fragmentación y pérdida de los ecosistemas naturales se debe a la creciente urbanización. Se estima que, actualmente, más del cincuenta por ciento de la población humana mundial vive en ciudades, y se proyecta que esta aumente en densidad y en extensión, en un futuro (United Nations, 2019), por lo que es de esperarse que más espacios naturales se cubran de infraestructura como viviendas, edificios, carreteras, puentes, entre otros.

A pesar de que la urbanización puede traer beneficios económicos y sociales, como la actividad comercial, la creación de empleo, acceso a servicios médicos, educación, cultura, agua potable, electricidad, comunicación y demás, también es cierto que la urbanización provoca extinciones locales, sobre todo de especies nativas, por lo que es de gran importancia que el futuro crecimiento urbano se planifique de tal forma que se minimice el daño ecológico (Marzluff, Bowman & Donnelly, 2001; Lin & Fuller, 2013; ONU-Hábitat, 2020).

Como parte de esta planificación se encuentra la movilidad sustentable, concepto que deriva del desarrollo sustentable, definido este como el desarrollo que satisface las necesidades del presente, administrando de forma eficiente y responsable los recursos, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras para sus propias necesidades.

El concepto de movilidad sustentable tiene como objetivo que los sistemas de transporte (infraestructuras, vehículos, tecnologías, entre otros) satisfagan las necesidades económicas, sociales y ambientales de la sociedad, reduciendo, al mismo tiempo, los impactos indeseables en la economía, la sociedad y el medio ambiente (Gallo & Marinelli, 2020). Busca, entre otras cosas, mejorar las condiciones de vida de los individuos, minimizar los tiempos y costos de desplazamiento de personas y mercancías, el uso racional de la energía y el espacio urbano, reducir la contaminación del aire, los gases de efecto invernadero y el ruido (Acevedo & Bocarejo, 2009; Jiménez-Jiménez, de Hoyos-Martínez & Álvarez-Vallejo, 2014; Robles-Andrade, Soto-Flores & Muñoz-Sánchez, 2023).

En el apartado de medioambiente, pocas veces se toma en cuenta la conservación de la biodiversidad, la cual es directamente afectada por la construcción de infraestructura carretera, autopistas o vías férreas, las cuales fragmentan a las poblaciones de la flora y la fauna local.

Uno de los principales impactos negativos de este tipo de infraestructuras es el ocasionado por el efecto de borde, el cual ocurre adyacente a la infraestructura en cuestión en el ecosistema natural. Se han descrito tres tipos de efectos de borde: 1. Abiótico, el cual considera la alteración del microclima y nutrientes, por ejemplo, la diferencia de temperatura, humedad, radiación solar, viento, nutrientes como fósforo (P), nitrógeno (N), hierro (Fe), por mencionar algunos. 2. Efectos biológicos directos que consideran los cambios en abundancia y diversidad de las especies. 3. Efectos biológicos indirectos, que tienen relación con la alteración de las interacciones bióticas, tales como depredación, polinización, dispersión de semillas, entre otras, (figura 4). Estos tres tipos de efectos pueden contribuir a la extinción local de especies, si las condiciones no son las adecuadas para su supervivencia (Harper et al., 2005; Andriatsitohaina et al., 2020).

Figura 4. Efecto de borde



En el recuadro rojo, se aprecia el efecto de borde, en donde se alteran las condiciones bióticas y abióticas del hábitat.

Imagen: Omar Díaz Segura, generador de imágenes Microsoft Bing.

Otro gran impacto negativo, sobre todo para la fauna, es el llamado efecto barrera, que se genera cuando las carreteras, autopistas o vías férreas, evitan el movimiento de las especies de fauna, lo que conlleva a la fragmentación de sus poblaciones, ya sea a través de la mortalidad por atropellamiento durante el intento de cruce, o por conductas de evitación o rechazo al mismo (Anderson, 2002; Forman et al., 2003; Shepard, Kuhns, Dreslik & Phillips, 2008).

La mortalidad y el aislamiento tienen consecuencias demográficas y genéticas de importancia, ya que podrían ocasionar la disminución de la población y, eventualmente, la extinción (Forman et al., 2003; Shepard et al., 2008).

Estudios científicos han demostrado este efecto sobre diversos grupos taxonómicos, por ejemplo, en insectos como escarabajos, abejorros y mariposas (Bhattacharya, Primack & Gerwein, 2003; Keller & Largiadèr, 2003; Muñoz, Torres & Megías, 2015; Canales-Delgadillo et al., 2020); en anfibios como salamandras y ranas (Vos & Chardon, 1998; Marsh, Milam, Gorham & Beckman, 2005); en reptiles como serpientes de cascabel y lagartijas (Clark, Brown, Stechert & Zamudio, 2010; Hibbitts, Fitzgerald, Walkup & Ryberg, 2017); en aves como búhos (Grilo, Reto, Filipe, Ascensão & Revilla, 2014), y mamíferos como murciélagos y zorro gris (Fensome & Mathews, 2016; Martínez Sánchez, Valencia Herverth, Acosta Moreno, Sifuentes Saucedo & Sandoval Becerra, 2021) por mencionar algunos.

Particularmente, el atropellamiento de fauna es un evento que se presenta cuando un vehículo impacta con un animal y puede causarle lesiones o la muerte (figuras 5 y 6). Este suceso causa una impresión a la sociedad debido a que es posible visibilizar los cadáveres sobre la infraestructura vial (Correa, 2020).

Figura 5. Tlacuache común (*Didelphis marsupialis*)



Las infraestructuras viales actúan como barreras, evitando el movimiento de fauna y fragmentando sus poblaciones. Un impacto negativo es la mortalidad por atropellamiento durante el intento de cruce. Fotografía: Manuel Gutiérrez

Jiménez.

Figura 6. Falsa coralillo atropellada (*Lampropeltis sp*)

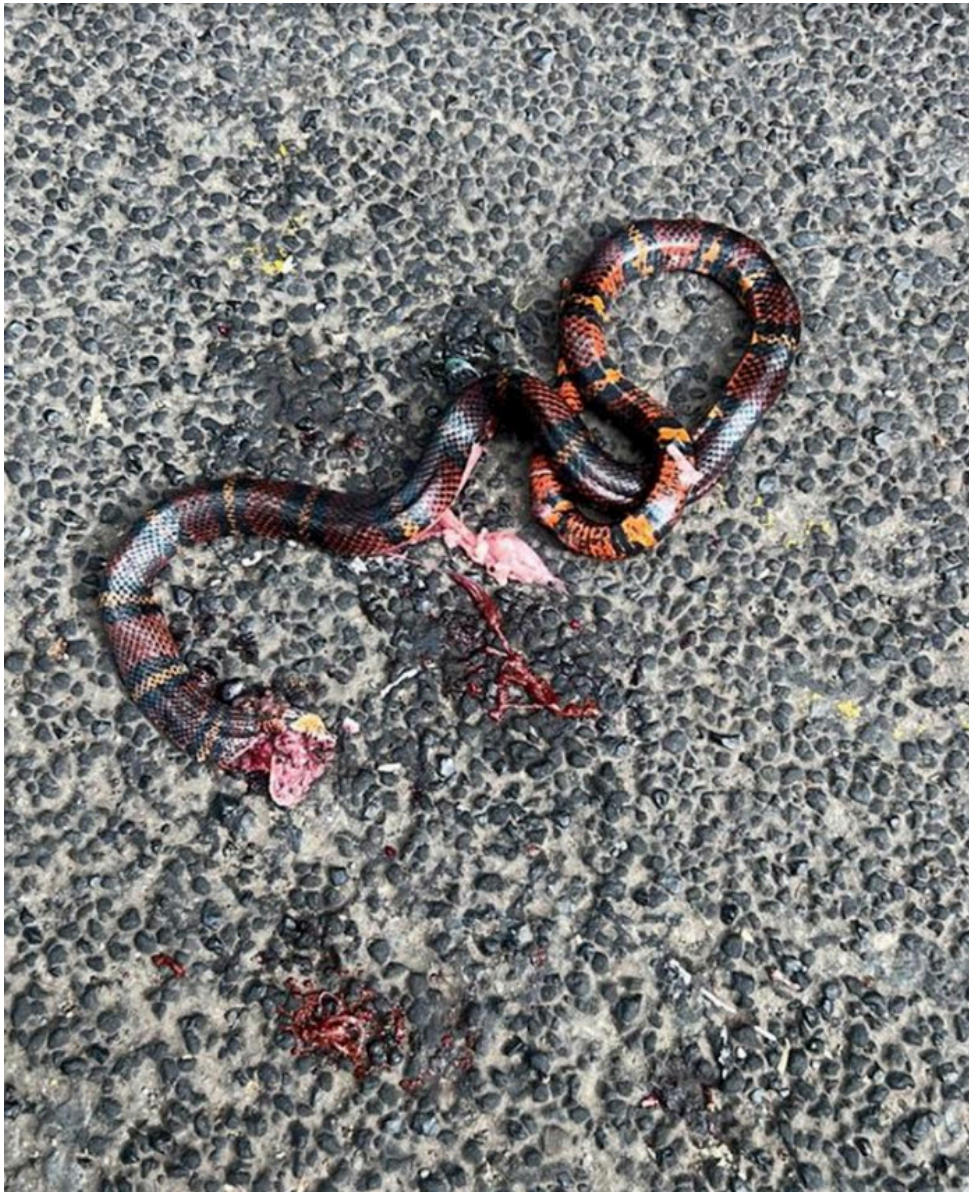


Foto: Erika Ortigoza Vázquez.

En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), reportó que el total de accidentes automovilísticos, de 1997 a 2020, fue de 9145689; de estos, 35854 fueron impactos con animales (INEGI, 2021). Desafortunadamente para México, los estudios acerca del impacto de la infraestructura vial sobre la fauna son escasos, y no existe un programa de registro sistemático que permita estimar el número y las especies de animales que mueren (Canales-Delgadillo et al. 2020).

Una de las formas de mitigar el atropellamiento de fauna es a través de la implementación de pasos de fauna. Los pasos de fauna son estructuras que permiten que los animales crucen de forma segura las infraestructuras viales, ya sea por debajo o por encima de las mismas, facilitando la conexión entre sitios y reduciendo el riesgo

de colisiones entre vehículos y animales. Este tipo de estructuras mejoran la seguridad vial de las personas, reducen la mortalidad de la fauna silvestre y mantienen conectadas a las poblaciones de animales y a su flujo genético (Smith, Van Der Ree & Rosell, 2015). En todo el mundo se emplean millones de dólares en la construcción de pasos de fauna, la mayoría en Norteamérica, Europa y, en los últimos años, en Australia, Asia, África y Sudamérica (Smith et al., 2015; Soanes, Taylor, Sunnucks, Vesk, Cesarini & Van Der Ree, 2018).

Existen dos tipos de pasos de fauna: 1. Los pasos subterráneos, que son túneles construidos bajo la infraestructura vial, permiten que la fauna cruce de forma segura y están diseñados, principalmente, para especies pequeñas o para las que tienen movimientos más discretos; 2. Los pasos elevados, los cuales son puentes que permiten a los animales cruzar por arriba de la infraestructura; y están diseñados, en general, para grandes mamíferos (Smith et al., 2015) (figuras 7 y 8).

Si bien, los pasos de fauna, en su mayoría, son estructuras artificiales creadas por el hombre, en donde se interviene con elementos naturales del ambiente circundante, es preciso señalar que también existen los pasos de fauna naturales, los cuales son remanentes de vegetación original preservados durante la construcción de la infraestructura vial; por ejemplo, en la construcción de túneles que atraviesan montañas, en donde se preserva el paisaje natural por arriba de ellos o cuando se contempla la construcción de un puente para cruzar un río permitiendo mantener intacto el paisaje ribereño.

Figura 7. Paso de fauna subterráneo



Túneles por debajo de la infraestructura vial que facilita el cruce de fauna. Fuente: https://www.reddit.com/r/pics/comments/3o4cww/wildlife_crossing_in_alberta.

Figura 8. Paso de fauna elevado



Puente que permite el cruce de fauna y que mantiene elementos vegetales del ambiente original. Tomado de Joop van Houdt/Rijkswaterstaa. <https://www.paisajeo.org/post/pasos-de-fauna-una-alternativa-para-la-conectividad-ecologica-en-carreteras>.

Diversos estudios científicos alrededor del mundo demuestran el éxito en la implementación de pasos de fauna; por ejemplo, Soanes et al. (2018), demostraron en Australia, que la construcción de puentes para cruce de vida silvestre, en específico para la ardilla planeadora, *Petaurus norfolcensis*, permitió el flujo genético dentro de la población. Asimismo, Sawaya, Kalinowski y Clevergeral (2014), demostraron en Canadá que 47 por ciento de osos negros, *Ursus americanus* y 27 por ciento de osos pardos, *Ursus arctos*, que utilizaron los pasos de fauna, se reprodujeron con éxito y mantuvieron el flujo genético, importante para enfrentar los desafíos cambiantes de su entorno, lo que conlleva a su supervivencia como población.

En México, la construcción de pasos de fauna es un tema que recientemente se ha adoptado por lo que, actualmente, son pocas las infraestructuras viales que cuentan con estos. Hasta hace algunos años, no existía una normatividad para las especificaciones técnicas referentes a su diseño y construcción, ni la obligatoriedad para esto. La implementación quedaba a criterio de cada proyecto individual, y solo se ejecutaban cuando eran propuestos en el instrumento de política ambiental regulador de los impactos ambientales para la realización de vías de comunicación conocido como la “Manifestación de impacto ambiental” (MIA) y aceptado por la autoridad ambiental competente en su resolutive de autorización (Mendoza Sánchez, Garcia Roa & Gradilla Hernández, 2022).

Ejemplo de esta situación es el caso de la carretera Nuevo Xcan-Playa del Carmen, en Quintana Roo. Esta carretera divide un corredor de vegetación que conecta dos unidades de conservación del jaguar. Presenta pasos

de fauna subterráneos, alcantarillas tipo cajón y tuberías de concreto. En este sitio, González-Gallina, Hidalgo-Mihart & Castelazo-Calva (2018) evaluaron el aprovechamiento de las estructuras de pasos de fauna por parte de mamíferos, de septiembre de 2016 a marzo de 2017, y registraron exitosamente cruces de quirópteros: murciélagos; atélidos, mono araña (*Ateles geoffroyi*); félidos, ocelote (*Leopardus pardalis*), margay (*Leopardus wiedii*), jaguar (*Panthera onca*); cánidos, zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*); mustélidos, grison, (*Galictis vittata*), comadreja cola larga (*Mustela frenata*), entre muchos otros.

Actualmente, México ha mostrado un avance importante en el tema de pasos de fauna, al contemplar la obligatoriedad de estos en el marco jurídico. Favorablemente, el 15 de noviembre de 2023, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto por el que se adicionó el artículo 22 Bis a la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, el cual define lo que es un paso de fauna: "...las estructuras transversales a un camino, carretera o autopista con el objetivo de habilitar el paso seguro de fauna silvestre a los hábitats fragmentados por la construcción de dichas vías de comunicación", y textualmente cita:

Para el diseño de nuevas construcciones de caminos, carreteras y autopistas, así como en la modernización de las existentes, la Secretaría, observando la protección y conservación de los ecosistemas, deberá contemplar, en su diseño y en su plan de conservación, la implementación de pasos de fauna (DOF, 2023).

Con este hecho, México, como otros países, contribuye a las acciones comprometidas para dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, que, en términos de biodiversidad, contribuye al Objetivo 15 "Vida de ecosistemas terrestres", cuya meta principal es proteger, restablecer, promover y hacer uso sustentable de los ecosistemas terrestres, detener la degradación de las tierras y parar la pérdida de la biodiversidad. Asimismo, en términos sociales, contribuye al Objetivo 3 "Salud y Bienestar", que tiene como meta reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo, así como al Objetivo 11 "Ciudades y Comunidades Sostenibles", que tiene como meta facilitar el acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles y sostenibles para todos (ONU, 2024).

Los pasos de fauna en México representan un avance agigantado y una gran responsabilidad, no sólo para las instituciones que proponen y ejecutan las vías de comunicación, sino también para las instituciones ambientales federales y estatales.

Al ser un país megadiverso, México está obligado a proteger su biodiversidad, así como conocer, generar, recopilar y difundir información para su uso sustentable. Afortunadamente, este país cuenta con instituciones encargadas de dicha misión, en los ámbitos federal y estatal, como la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y las Comisiones Estatales de Biodiversidad (COESBIO), respectivamente, que brindan los elementos teóricos fundamentales requeridos por diversos sectores, como la sociedad civil, la academia, la iniciativa privada y el gobierno, para la creación y el fortalecimiento de la política pública que guíe la toma de decisiones y la implementación de acciones que conlleven a la conservación de la biodiversidad.

Particularmente, el estado de Hidalgo tiene la fortuna de contar con una Comisión Estatal de Biodiversidad (COESBIOH), pues en México sólo existen en cuatro de 32 estados. Entre otras actividades, esta institución se encarga de generar, compilar y manejar la información de la biodiversidad del estado; producir y promover la generación de ciencia; promover la conservación del conocimiento biológico tradicional; generar herramientas bioinformáticas; desarrollar proyectos; asesorar en aspectos técnicos, e impulsar la participación ciudadana

para promover la utilización sustentable de los recursos biológicos; por lo que se vuelve imprescindible para incidir en el tema de desarrollo sustentable y, en particular, de la movilidad sustentable y los pasos de fauna.

Actualmente, con los grandes avances tecnológicos, la sociedad presta poca atención a la biodiversidad y el adecuado funcionamiento de los ecosistemas. Aunque las personas son conscientes, desde hace mucho tiempo, de que los ecosistemas naturales ayudan a sustentar a las sociedades humanas, el reconocimiento explícito del beneficio de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos es relativamente reciente.

La participación ciudadana ha incrementado en los temas que involucran afectaciones a la biodiversidad, las personas fungen como guardianes de esta y exigen, cada vez más, en el caso particular de la implementación de infraestructuras, que se contemple una planeación con la mayor cantidad de elementos para su conservación. Esto representa el compromiso de cumplir con alternativas que maximicen los beneficios sociales y económicos sin menospreciar la protección y conservación de los recursos naturales.

México cuenta con el conocimiento y la oportunidad de realizar adecuadamente la implementación de pasos para fauna silvestre, de forma eficiente y efectiva, para la conservación de nuestra biodiversidad, siempre y cuando haya una sinergia y transversalidad en las acciones a tomar entre la sociedad civil, la academia, la iniciativa privada y las secretarías gubernamentales.

La conservación de la biodiversidad es deber de todas las personas. Debemos empezar por hacer conciencia de que nuestra supervivencia y prosperidad como seres humanos depende de la preservación de la variabilidad biológica en la Tierra.

Referencias

- Acevedo, J. y Bocarejo, J. P. (2009). Movilidad sostenible: una construcción multidisciplinaria. *Revista de Ingeniería*, 29: 72-74.
- Anderson, P. (2002). Roads as barriers. In *Wildlife and roads: the ecological impact*. 169-184. Sherwood, B., Cutler, D. y Burton, J. A. (Eds). Imperial College Press.
- Andriatsitohaina, B., Romero-Mujalli, D., Ramsay, M. S., Kiene, F., Rasoloharijaona, S., Rakotondravony, R., Lehman, S. M. y Radespiel, U. (2020). Effects of habitat edges on vegetation structure and the vulnerable golden-brown mouse lemur (*Microcebus ravelobensis*) in northwestern Madagascar. *BMC Ecology*, 20(69), 1-13. doi: 10.1186/s12898-020-00337-z.
- Bhattacharya, M., Primack, R. B. y Gerwein, J. (2003). Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area? *Biological Conservation*, 109(1), 37-45. doi: 10.1016/S0006-3207(02)00130-1.
- Canales-Delgado, J., Pérez-Ceballos, R., Zaldívar-Jiménez, A., Gómez-Ponce, M., Vázquez-Pérez, N., De la Rosa, M. y Potenciano-Morales, L. (2020). Muertes por tráfico sobre la carretera costera del golfo de México: ¿cuántas y cuáles especies de fauna silvestre se están perdiendo? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, e913189. doi: 10.22201/ib.20078706e.2020.91.3189.
- Carabias, J., Meave, J. A., Valverde, T., y Cano-Santana, Z. (2009). *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Pearson Educación.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M. y Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5), e1400253. doi:10.1126/sciadv.1400253.

- Clark, R. W., Brown, W. S., Stechert, R. y Zamudio, K. R. (2010). Roads, interrupted dispersal, and genetic diversity in timber rattlesnakes. *Conservation Biology*, 24(4), 1059-1069. doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01439.
- CONABIO. (2009). *Capital natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Correa, D. (2020). *Pasos de fauna en infraestructura lineal*. Cartilla de referencia para la toma de decisiones. Patrimonio Natural. Contrato GEF CA-CPS-007 de 2020. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/07/18.-Cartilla-pasos-de-fauna-en-infraestructura-lineal.pdf>.
- DOF. (2023). Decreto por el que se adiciona un artículo 22 Bis a la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal. Diario Oficial de la Federación a 15 de noviembre de 2023. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5708639&fecha=15/11/2023.
- Fensome, A. G. y Mathews, F. (2016). Roads and bats: a meta-analysis and review of the evidence on vehicle collisions and barrier effects. *Mammal Review*, 46(4): 311-323. doi: 10.1111/mam.12072.
- Forman, R. T. T., Sperling, D., Bissonette, J. A., Clevenger, A. P., Cutshall, C. D., Dale, V. H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C. R., Heanue, K., Jones, J. A., Swanson, F. J., Turrentine, T. y Winter, T. C. (2003). *Road ecology*. Island Press.
- Gallo, M. y Marinelli, M. (2020). Sustainable mobility: A review of possible actions and policies. *Sustainability*, 12(18), 7499. doi:10.3390/su12187499.
- González-Gallina, A., Hidalgo-Mihart, M. G., Castelazo-Calva, V. (2018). Conservation implications for jaguars and other neotropical mammals using highway underpasses. *PLoS ONE*, 13(11), e0206614. doi: 10.1371/journal.pone.0206614.
- Grilo, C., Reto, D., Filipe, J., Ascensão, F. y Revilla, E. (2014). Linking occurrence with road mortality in owls. *Animal Conservation*, 17(6), 555-564. doi: 10.1111/acv.12120.
- Harper, K. A., Macdonald, S. E., Burton, P. J., Chen, J., Brososke, K. D., Saunders S. C., Euskirchen, E. S., Roberts, D., Jaiteh, M. S., y Esseen, P. (2005). Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19(3), 768-782. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00045.
- Hibbitts, T. J., Fitzgerald, L. A., Walkup, D. K. y W. A. Ryberg. (2017). Why didn't the lizard cross the road? Dunes sagebrush lizards exhibit road-avoidance behaviour. *Wildlife Research*, 44(3), 194-199. doi: 10.1071/WR16184.
- INEGI. (2021). Presenta INEGI la Georreferenciación de Accidentes de Tránsito en Zonas Urbanas. Comunicado de Prensa. Núm. 653/21. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ciudad de México, México.
- Jiménez-Jiménez, J. J., de Hoyos-Martínez, J. E. y Álvarez-Vallejo, A. (2014). Transporte urbano y movilidad, hacia una dinámica urbana sustentable y competitiva. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 16(1): 39-53.
- Keller, I., y Largiadèr, C. R. (2003). Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 270(1513), 417-423. doi: 10.1098/rspb.2002.2247.
- Lin, B. B. y Fuller, R. A. (2013). Sharing or sparing? How should we grow the world's cities? *Journal of Applied Ecology*. 50(5), 1161-1168. doi: 10.1111/1365-2664.12118.
- Mace, G. M., Barrett, M., Burgess, N. D., Cornell, S. E., Freeman, R., Grooten, M. y Purvis, A. (2018). Aiming higher to bend the curve of biodiversity loss. *Nature Sustainability*, 1, 448-451. doi: 10.1038/s41893-018-0130-0.

- Marsh, D. M., Milam, G. S., Gorham, N. P. y Beckman, N. G. (2005). Forest roads as partial barriers to terrestrial salamander movement. *Conservation Biology*, 19(6), 2004-2008. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00238.x.
- Martínez Sánchez, I., Valencia Herverth, J., Acosta Moreno, M., Sifuentes Saucedo, D. M. y Sandoval Becerra, F. M. (2021). Atropellamiento de mamíferos silvestres en la carretera Metztlán-Eloxochitlán en la región de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, México. Memorias del VII Congreso Nacional de Fauna Nativa en Ambientes Antropizados, 1 al 3 de septiembre de 2021. https://www.researchgate.net/publication/355128577_Atropellamiento_de_mamiferos_silvestres_en_la_carretera_Metztlan-Eloxochitlan_en_la_region_de_la_Reserva_de_la_Biosfera_Barranca_de_Metztlan_Mexico/download.
- Marzluff, J. M., Bowman, R. y Donnelly, R. (2001). Avian ecology and conservation in an urbanizing world. Kluwer Academic Publishers.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press.
- Mendoza Sánchez, J. F., García Roa, A. y Gradilla Hernández, L. A. (2022). Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras para México - versión 2.0. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación técnica No.680. Sanfandila, Querétaro, México. Recuperado de <https://imt.mx/descarga-archivohtml?l=YXJjaGl2b3MvUHVibGljYWNPb25lcy9QdWJsaWNhY2lublRIY25pY2EvcHQ2ODAcGRm>.
- Muñoz, P. T., Torres, F. P. y Megías, A. G. (2015). Effects of roads on insects: a review. *Biodiversity and Conservation*, 24(3), 659-682. doi: 10.1007/s10531-014-0831-2.
- Primack, R. B. y Ros, J. (2002). Introducción a la Biología de la conservación. Ariel.
- ONU. 2024. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible>.
- ONU-Hábitat. (2020). La nueva agenda urbana ilustrada. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Recuperado de <https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/10/nueva-agenda-urbana-ilustrada.pdf>.
- Robles-Andrade, E., Soto-Flores, M. R. y Muñoz-Sánchez, C. (2023). Análisis comparativo de la movilidad sustentable en la CDMX y Santiago de Chile. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. 33, 103-122. doi: 10.17141/letrasverdes.33.2023.5594.
- Sawaya, M. A., Kalinowski, S. T. y Clevenger, A. P. (2014). Genetic connectivity for two bear species at wildlife crossing structures in Banff National Park. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 281(1780), 20131705. doi: 10.1098/rspb.2013.1705.
- Shepard, D. B., Kuhns, A. R., Dreslik, M. J. y Phillips, C. A. (2008). Roads as barriers to animal movement in fragmented landscapes. *Animal Conservation*, 11(4), 288-296. doi: 10.1111/j.1469-1795.2008.00183.x.
- Smith, D. J., Van Der Ree, R., y Rosell, C. (2015). Wildlife crossing structures: an effective strategy to restore or maintain wildlife connectivity across roads. In R. van der Ree, D. J. Smith and C. Grilo (Eds), *Handbook of Road Ecology* (pp. 172-183). John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118568170.ch21.
- Soanes, K., Taylor, A. C., Sunnucks, P., Vesk, P. A., Cesarini, S. y Van Der Ree, R. (2018). Evaluating the success of wildlife crossing structures using genetic approaches and an experimental design: Lessons from a gliding mammal. *Journal of Applied Ecology*, 55(1): 129-138. doi: 10.1111/1365-2664.12966.
- United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. New York: United Nations.

Vos, C. C. y Chardon, J. P. (1998). Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. *Journal of Applied Ecology*, 35(1), 44-56. doi: 10.1046/j.1365-2664.1998.00284.x.

Flujos poblacionales en México. Una visión para definir potencialidades hacia la movilidad sustentable

*Eréndira Yaretni Mendoza Meza
Yamile Rangel Martínez*

Introducción

La creciente urbanización y la expansión de las áreas metropolitanas plantean desafíos significativos en términos de movilidad y sostenibilidad. En el actual contexto de rápido crecimiento urbano y de crecientes preocupaciones ambientales a nivel global, la movilidad sustentable se erige como un pilar fundamental para el desarrollo equitativo y sostenible de nuestras comunidades.

Según World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), la movilidad sustentable es aquella capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad para desplazarse, acceder, comunicar, comerciar o establecer relaciones, sin sacrificar valores humanos o ecológicos básicos actuales o futuros. Esto implica considerar la integridad de todos los usuarios, como peatones, ciclistas o personas con movilidad reducida, minimizando los tiempos de traslado y garantizando la accesibilidad a lugares públicos y a la infraestructura urbana relacionada con el transporte (WBCSD, 2023).

Este concepto está intrínsecamente vinculado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el Objetivo 11, centrado en ciudades y comunidades sostenibles, que aborda directamente la movilidad sustentable.

En el ámbito internacional, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través del Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP), publicó en 2020, los ocho principios del transporte en la vida urbana, que buscan mejorar la calidad de vida mediante el desarrollo urbano óptimo, fomentar las caminatas, diseñar ciclovías seguras, conectar calles y andadores, proporcionar transporte público de calidad, planificar usos de suelo mixtos, crear regiones compactas, ajustar la densidad poblacional a la capacidad de respuesta del sistema de tránsito y reducir el uso del automóvil.

La movilidad poblacional en México se enfrenta a desafíos sustanciales debido al rápido crecimiento urbano y la expansión de áreas metropolitanas. La falta de estrategias integrales y específicas para gestionar los flujos poblacionales contribuye a problemas como congestión urbana, emisiones de contaminantes y planificación ineficiente.

La movilidad poblacional se refiere al desplazamiento físico de las personas de un lugar a otro, ya sea dentro de una región, un país o a nivel internacional. Este movimiento implica migración, movilidad laboral y otros tipos de desplazamiento humano. Por lo tanto, cuando hablamos de flujos poblacionales nos referimos a la dinámica y al patrón de movimiento de la población en diferentes direcciones.

Los flujos poblacionales, entendidos como los desplazamientos de personas entre distintas regiones geográficas, son fenómenos complejos que involucran una variedad de factores económicos, sociales y políticos (Massey et al., 1998). Estos movimientos pueden manifestarse a través de migraciones internacionales, movilidad laboral, desplazamientos forzados y otras formas de desplazamiento humano. Por otro lado, Ravenstein (1885) destacó factores como la distancia y la atracción hacia centros urbanos. Estudiar y comprender estos flujos es esencial para formular políticas efectivas y abordar los desafíos relacionados con la movilidad de la población a nivel global.

La evaluación de la movilidad sustentable implica analizar diversos aspectos relacionados con el transporte y la movilidad urbana, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos. Algunos puntos clave para esta evaluación incluyen emisiones de gases de efecto invernadero, uso de energías renovables, eficiencia energética, diversificación de modos de transporte, infraestructura para la movilidad sustentable, participación ciudadana, costo-beneficio, impacto social, desarrollo urbano sustentable, indicadores de desempeño, resiliencia y adaptabilidad, educación y sensibilización, así como el seguimiento a largo plazo.

Con el objetivo de abordar estos desafíos, se busca analizar los flujos poblacionales en México, identificar tendencias de movilidad a nivel nacional y evaluar sus implicaciones en la movilidad urbana y la planificación territorial. Utilizando modelos gravitacionales, se buscarán cambios en los desplazamientos para realizar un análisis de origen, destino y potencial nodal en México, contribuyendo así a la toma de decisiones en planificación urbana.

Los modelos gravitacionales, herramientas matemáticas utilizadas en geografía y planificación del transporte, son esenciales para prever flujos de movilidad entre diferentes lugares. Su aplicación facilita el análisis de la distribución espacial de viajes y contribuye al diseño de estrategias que fomentan modos de transporte más sostenibles, optimizan redes de transporte, evalúan impacto ambiental, analizan accesibilidad, planifican usos de suelo, evalúan modos de transporte alternativos, abordan la congestión, evalúan incentivos y políticas públicas, estudian zonas de influencia y analizan cambios temporales.

En el ámbito territorial, el modelo gravitacional sugiere que los desplazamientos entre dos puntos específicos están directamente relacionados con la importancia de esos lugares y disminuye a medida que aumenta la distancia entre estos. La idea es fundamental al abordar la planificación urbana desde una perspectiva sustentable.

Para fomentar la movilidad sustentable es imperativo considerar la creación de centros urbanos que actúen como focos de atracción para la población y las actividades económicas. La planificación territorial debe aspirar a consolidar nodos urbanos conectados de manera eficiente, reduciendo así la necesidad de desplazamientos prolongados y fomentando la adopción de modos de transporte más sostenibles.

Comprender la dinámica de atracción entre lugares permite a las ciudades desarrollar estrategias efectivas para reducir la dependencia del automóvil, disminuir las emisiones contaminantes y crear entornos urbanos más amigables con el medio ambiente.

Por un lado, Asuad (2001) recalca las complejidades de la economía a nivel regional y urbano. Respecto de la movilidad, su enfoque podría proporcionar una base conceptual sólida para analizar cómo los factores regionales y urbanos influyen en los patrones de desplazamiento de la población.

En una vertiente distinta, Boisier (1980) retoma el análisis matricial fundamentado en la metodología de Leontief y Strout (1963), previamente examinada por Theil (1967) y finalmente desarrollada por Miller y Blair (2012). Al aplicar modelos gravitacionales al estudio de la movilidad, la integración de la perspectiva de Asuad

(2001) y Boisier (1980) permite comprender las complejas dinámicas económicas, tanto a nivel regional como urbano, que inciden en los desplazamientos poblacionales.

En este contexto, un modelo orientado hacia la movilidad sustentable se convierte en una herramienta invaluable para diseñar ciudades inteligentes. Estas representan una evolución en la planificación urbana, donde la conectividad es clave para implementar medidas proactivas que aborden problemas y mejoren la sostenibilidad. La movilidad se transforma con sistemas de transporte inteligentes, que incluyen la integración de vehículos autónomos y facilitan opciones de movilidad compartida.

Metodología

La metodología empleada adopta un enfoque cuantitativo, empleando un método deductivo-lógico que implica la creación de un modelo matemático. Este modelo facilita la deducción de un proceso que se desarrolla desde lo general hasta lo particular, partiendo de una o varias premisas hacia una conclusión. Además, se implementa un diseño experimental para establecer la causalidad o relación causa-efecto de un fenómeno. Este estudio se caracteriza por su naturaleza longitudinal, ya que examina las variaciones en el comportamiento de un grupo de individuos a lo largo del tiempo. El nivel de investigación es de tipo analítico.

Con el propósito de cuantificar los flujos poblacionales, desde un enfoque origen-destino y determinar el potencial de cada uno de los treinta y dos estados del país, se ha desarrollado un modelo gravitacional territorial basado en la metodología propuesta por Chiapa y Mendoza (2023). Este enfoque metodológico incorpora la distancia y la masa poblacional de México con el propósito de identificar polos de desarrollo y orientar acciones para el diseño de planes, instrumentos y políticas públicas que impulsen el crecimiento económico inter, e intra, metropolitano.

El proceso metodológico se desglosa en diversas etapas. Inicialmente, se realizó un análisis de las ciudades centrales, tomando en cuenta la capital de cada estado. La recopilación de datos oficiales fue fundamental para la investigación. En cuanto a la variable de distancia entre estos centros poblacionales, se determinó mediante la selección de la vía más corta, con el propósito de cuantificar los desplazamientos poblacionales. En relación con la distancia, se consideró el trayecto más breve entre el centro poblacional principal de cada entidad y los demás centros poblacionales del país, utilizando la red de infraestructura vial. Los datos necesarios para calcular estas distancias se extrajeron de los bancos de información georreferenciada de Google Earth.

La variable poblacional se obtuvo del Censo y Conteo Nacional de Población y Vivienda, respectivamente, correspondientes a las cohortes de 1990, 2000, 2010, 2015 y 2020, proporcionados por el INEGI. Posteriormente, se construyeron y procesaron matrices para cada una de las cinco cohortes mencionadas. Los resultados se expresaron en matrices de peso gravitacional y potencial demográfico. Se llevó a cabo una normalización de la información para establecer una escala, y se calculó el potencial futuro de aquellos territorios con mayor propensión a experimentar movilidad.

En este contexto, el peso gravitacional se entiende como la medida de la importancia o influencia relativa de diferentes áreas geográficas dentro de un territorio. Se utiliza para evaluar la distribución de la importancia de estas áreas, considerando factores como densidad poblacional, desarrollo económico, infraestructura y otros elementos relevantes. Este concepto resulta esencial para la toma de decisiones en la planificación urbana, el desarrollo económico y la asignación de recursos. Además, el análisis del cambio en el peso gravitacional a lo largo del tiempo proporciona información valiosa sobre las tendencias y dinámicas que afectan a una región o país.

La estimación del peso gravitacional cuantifica la intensidad de la dinámica entre las entidades,¹ se llevó a cabo mediante una ecuación donde FA es la fuerza de atracción, G corresponde a la constante análoga del potencial gravitacional, determinada como 1; P_i es la masa de población del municipio i , P_j masa de población del municipio j y d_{ij}^2 corresponde a la distancia entre ambos municipios elevada al cuadrado.

$$FA_{ij} = G \left(\frac{P_i P_j}{d_{ij}^2} \right) \quad (1)$$

Por otro lado, la fuerza de potencial demográfico se define como la capacidad de atracción o repulsión de una zona geográfica, considerando su masa poblacional y la distancia respecto a otras áreas, de acuerdo con un modelo gravitacional. En el ámbito demográfico, se emplea para medir la movilidad poblacional entre distintos lugares, mediante la identificación de polos de desarrollo y la orientación de acciones para fomentar el crecimiento económico inter, e intra, metropolitano.

Con la finalidad de identificar el origen y destino de la movilidad estatal, se procedió al cálculo matricial de potencial demográfico, donde la sumatoria horizontal se denomina Fuerza de potencial de origen (FO) y la sumatoria vertical corresponde al valor de la Fuerza de potencial destino (FP).

$$FP_{ij} = G \left(\frac{P_j}{d_{ij}} \right) \quad (2)$$

Por último, se procedió al cálculo del Potencial Nodal, el cual se emplea para identificar los mayores potenciales de crecimiento, derivados tanto del crecimiento poblacional como de la expansión territorial. Este concepto resulta fundamental para comprender la movilidad poblacional y evaluar el potencial de desarrollo sustentable.

$$\gamma = \left[G \sum_{j=1}^N \left(\frac{P_j}{d_{ij}} \right) \right] - \left[G \sum_{i=1}^N \left(\frac{P_i}{d_{ij}} \right) \right] = (FP - FO) \quad (3)$$

La interpretación de la diferencia entre atracción y expulsión se vincula al grado de potencial de atracción-extracción. En caso de ser positivo, se asume que el territorio posee una fuerza de atracción, mientras que, en caso de ser negativo, su fuerza es de expulsión. De esta manera, es posible identificar los mayores potenciales de crecimiento, derivados del aumento poblacional y su rápida expansión territorial (Chiapa & Mendoza, 2023).

Esta metodología permite entender la dinámica territorial y, en consecuencia, evaluar el potencial que cada entidad tiende a presentar, es decir, aquel con una creciente tendencia a presentar mayores flujos poblacionales. Los resultados, alineados con un modelo matemático robusto ofrecen información valiosa para respaldar decisiones de política pública en ámbitos urbano, económico y territorial. Así se fomenta el impulso de estrategias que promuevan la movilidad sustentable y la planificación territorial consciente del entorno.

¹ Los resultados de peso gravitacional muestran el potencial de flujos con una interacción unidireccional, sin identificar quién es el atractor o expulsor.

Por ejemplo, permite identificar centros de atracción poblacional al considerar la distancia y la masa poblacional. Esto es crucial para comprender la distribución de la población y sus movimientos en el territorio. Asimismo, permite guiar acciones para el desarrollo económico y urbano al evaluar el potencial de desarrollo sustentable; se obtiene una guía para la formulación de políticas y acciones concretas en ámbitos urbano, económico y territorial. Los resultados obtenidos, respaldados por un modelo matemático robusto, ofrecen una base sólida para la toma de decisiones de política pública. La información generada puede utilizarse para implementar estrategias específicas que aborden las necesidades de la población, promoviendo la equidad en el acceso a recursos y servicios. La comprensión de la movilidad poblacional a través de este enfoque permite establecer prioridades en la planificación urbana. Se pueden identificar áreas con mayores necesidades de infraestructura, servicios públicos y políticas específicas para abordar desafíos demográficos y mejorar la calidad de vida de la población.

La metodología no sólo respalda la planificación territorial consciente del entorno, también impulsa estrategias específicas para promover la movilidad sustentable. Al comprender la dinámica territorial, es posible diseñar políticas de transporte que se alineen con las necesidades y patrones de movilidad de la población.

Resultados

Los modelos gravitacionales, de acuerdo con Miller y Blair (2012), son modelos *input-output* que se utilizan en geografía y planificación del transporte para prever los flujos de movilidad entre diferentes lugares; se basan en el principio fundamental de la ley de la gravitación formulada por Isaac Newton, y su aplicación en este contexto permite entender cómo la masa (en este caso, la población) y la distancia, influyen en los movimientos y flujos entre diferentes ubicaciones geográficas.

El funcionamiento de los modelos gravitacionales implica considerar la masa poblacional de dos lugares determinados y la distancia entre estos. La interpretación de dichos modelos implica comprender que a medida que la masa poblacional de un lugar aumenta, también aumenta la atracción gravitacional hacia ese lugar. Por otro lado, a medida que la distancia entre dos lugares aumenta, disminuye la atracción gravitacional entre estos.

En el contexto de la movilidad sustentable, los modelos permiten analizar la distribución espacial de los flujos de movilidad, identificar áreas de atracción y repulsión, y guiar la planificación urbana para promover modos de transporte más sostenibles. La información generada por tales modelos puede respaldar decisiones de política pública en ámbitos urbanos, económicos y territoriales.

El modelo gravitacional, en el ámbito de la movilidad, establece una conexión entre las masas y sus interacciones, influyendo en la dinámica de desplazamiento humano y flujos de transporte. Este enfoque proporciona resultados sobre la distribución de la actividad y la conectividad, ofreciendo una perspectiva valiosa para el diseño eficiente de infraestructuras de transporte y la planificación urbana. Reconoce la atracción gravitacional inherente que guía nuestros movimientos en el entorno físico.

La concentración demográfica, por sus características, genera un mayor peso gravitacional. Ciudades densamente pobladas o regiones metropolitanas suelen tener una influencia significativa en comparación con áreas menos habitadas. Es decir, las zonas con mayor desarrollo económico, industrial o comercial tienden a tener un mayor peso. Otro factor determinante es la disponibilidad y calidad de la infraestructura, como aeropuertos, puertos, carreteras y ferrocarriles. En algunos casos, la presencia de recursos naturales estratégicos puede conferir un peso gravitacional importante a ciertas áreas, ya sea por su explotación directa o por el impacto que tienen en la economía regional.

En cuanto a la fuerza gravitacional, los resultados muestran el ranking de los estados de México según su peso gravitacional en distintos años (1990, 2000, 2010, 2015, 2020). El peso gravitacional refleja la posición relativa o importancia de cada estado en el conjunto total del país (tabla 1).

El análisis de los resultados revela patrones significativos en la distribución de los pesos gravitacionales de los estados mexicanos a lo largo de diferentes cohortes, destacan la Ciudad de México, Estado de México, Puebla e Hidalgo, que se han mantenido en los primeros lugares de las diferentes mediciones a lo largo del tiempo. En contraste, Baja California y Baja California Sur, debido a su ubicación periférica, ocuparon los lugares 31 y 32, respectivamente, en 2020 (mapa 1).

Una observación clave es la estabilidad en los pesos gravitacionales, desde 1990 hasta 2010, seguida de cambios sustanciales en 2020. Jalisco, Michoacán y Morelos transitan de un estatus medio a bajo, mientras que Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas pasan de un nivel bajo a muy bajo. Estos cambios se atribuyen al rápido crecimiento de áreas urbanas y a fenómenos políticos y sociales que desincentivan la permanencia en esos territorios.

Estos cambios sustanciales se atribuyen, principalmente, al acelerado crecimiento de la mancha urbana que genera desincentivos para la permanencia en el territorio; combinados, explican la variabilidad observada en los pesos gravitacionales de los estados al llegar al año 2020.

Por otro lado, el crecimiento económico sostenido se erige como un impulsor clave de mejoras en el ranking de un estado, reflejando un aumento en la actividad industrial, comercial y de servicios. La dinámica demográfica y la migración interna también juegan un papel crucial, ya que pueden influir en la demanda de servicios, infraestructura y recursos. La construcción de nuevas carreteras, puertos y aeropuertos, sugiere una estrategia efectiva para mejorar la posición de un estado que facilita el transporte y la conectividad.

En este contexto, el indicador de peso gravitacional representa una herramienta para analizar factores económicos, demográficos y sociales, que afectan el crecimiento de los estados; facilita el desarrollo de políticas específicas, y prioriza inversiones en infraestructura para mejorar la conectividad y fomentar el transporte eficiente y sostenible. Estas estrategias son esenciales para garantizar un desarrollo sostenible y equitativo.

El modelo gravitacional, al considerar la fuerza de origen de las entidades, abarca una serie de factores que influyen en la probabilidad de interacción con otras ubicaciones, desde la densidad demográfica hasta la infraestructura disponible. La interpretación de la fuerza de potencial origen revela cambios dinámicos en la movilidad saliente de los estados mexicanos a lo largo del tiempo.

A nivel nacional, Ciudad de México, Puebla, Veracruz y Jalisco mantienen una posición constante como principales entidades expulsoras, esto indica una fuerza de potencial origen. En contraste, los estados periféricos como Baja California, Baja California Sur y Quintana Roo mantienen una dinámica débil. Jalisco y Guanajuato se destacan consistentemente, señalando una sólida fuerza de potencial origen (tabla 2).

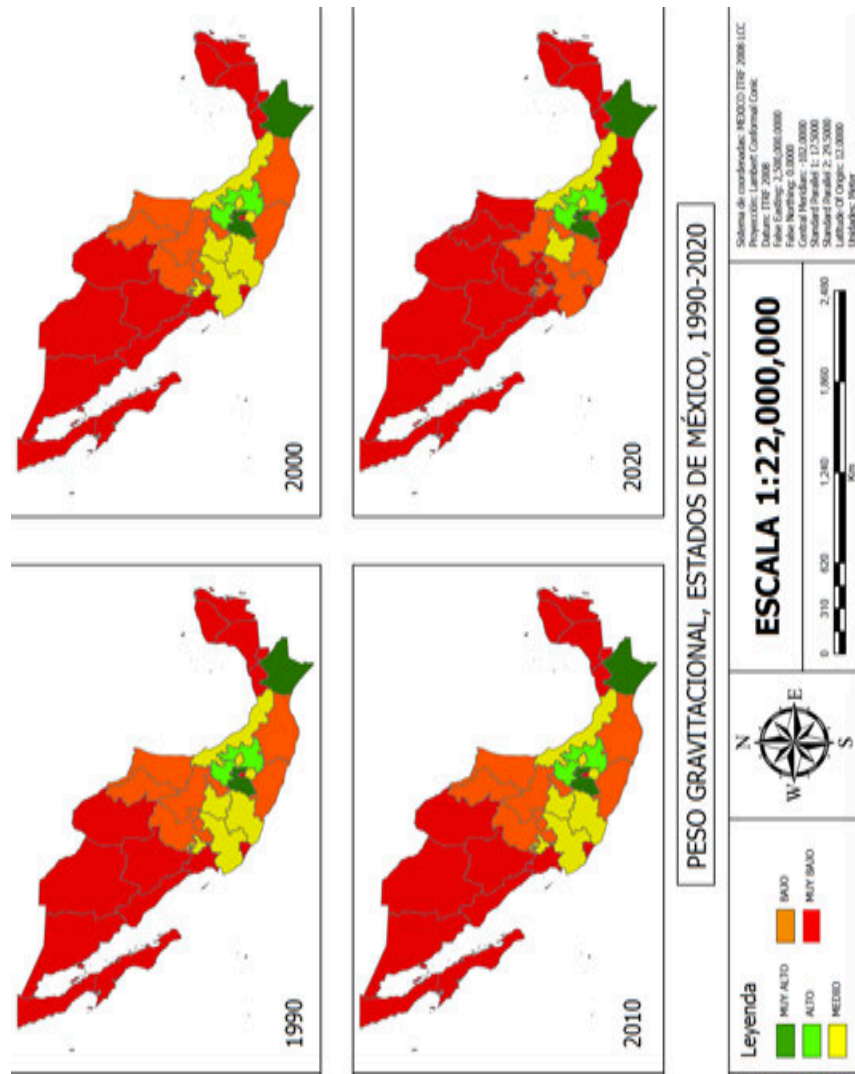
Algunas regiones, como los estados del norte (Sinaloa, Coahuila y Chihuahua) y los del sur (Chiapas, Oaxaca y Guerrero), exhiben fluctuaciones que pueden indicar cambios en su dinámica económica o demográfica (mapa 2).

En el análisis del potencial de origen de los estados a lo largo de diferentes años, se observan cambios notables en Tamaulipas, Guerrero y Chiapas. Tamaulipas experimenta una dinámica fluctuante, sugiriendo un posible incremento por la problemática de seguridad social; este fenómeno se replica en Guerrero, que asciende en su potencial de origen. En contraste, Chiapas presenta una disminución en cuanto a la expulsión de población, relacionada posiblemente con transformaciones en la industria turística. En el caso de Hidalgo, se presenta como un caso destacado de coherencia con su potencial de origen.

Tabla 1. Peso gravitacional de México 1990,2000, 2010 y 2020

Estado	1990	2000	2010	2015	2020
Aguascalientes	18	17	17	15	16
Baja California	31	31	31	31	31
Baja California Sur	32	32	32	32	32
Campeche	29	29	30	30	30
Chiapas	19	19	19	19	19
Chihuahua	25	25	25	25	25
Ciudad de México	1	2	2	2	2
Coahuila de Zaragoza	21	21	21	21	20
Colima	26	26	26	26	26
Durango	24	24	24	24	24
Guanajuato	7	7	7	7	7
Guerrero	13	13	13	13	13
Hidalgo	4	4	4	4	4
Jalisco	10	9	9	9	9
México	2	1	1	1	1
Michoacán de Ocampo	9	10	10	10	10
Morelos	8	8	8	8	8
Nayarit	22	22	22	22	22
Nuevo León	17	16	16	16	15
Oaxaca	14	14	14	14	14
Puebla	3	3	3	3	3
Querétaro	12	11	11	11	11
Quintana Roo	30	30	29	28	28
San Luis Potosí	11	12	12	12	12
Sinaloa	23	23	23	23	23
Sonora	28	28	28	29	29
Tabasco	20	20	20	20	21

Mapa 1. Peso gravitacional de México 1990,2000, 2010 y 2020



Tamaulipas	16	15	15	17	17
Tlaxcala	6	6	5	5	5
Veracruz	5	5	6	6	6
Yucatán	27	27	27	27	27
Zacatecas	15	18	18	18	18

Fuente: elaboración propia.

Estos cambios resaltan la importancia de considerar las dinámicas específicas de cada estado al analizar el potencial de origen, ya que factores económicos, demográficos y sociales, influyen en la atracción y retención de la población, de esta manera moldean la posición relativa de tales estados a lo largo del tiempo.

Lo anterior resulta clave para el manejo eficiente de la infraestructura de transporte, ya que anticipa flujos de movilidad y optimiza rutas. Además, contribuye a abordar problemas ambientales debido a que facilita estrategias que promueven modos de transporte sostenibles y reducen emisiones contaminantes. En resumen, esta variable es fundamental para la toma de decisiones orientadas hacia un desarrollo urbano equitativo, sostenible y adaptable a las dinámicas cambiantes de la movilidad y la población.

La interpretación de la fuerza de potencial origen proporciona una perspectiva valiosa sobre cómo la movilidad saliente relativa de los estados ha evolucionado. Este análisis puede ser crucial para entender las tendencias socioeconómicas y guiar estrategias de desarrollo territorial, algo esencial para la planificación urbana y territorial en el contexto de la movilidad y la población.

A partir del análisis de la fuerza de potencial origen, y las dinámicas observadas en la movilidad saliente de los estados mexicanos, es posible sugerir estrategias de mejora: en primer lugar, los resultados obtenidos permiten emitir recomendaciones para una adaptación de las políticas regionales a los estados que experimentan cambios en su fuerza de potencial origen. Es necesario diseñar estrategias que fomenten el crecimiento económico, la estabilidad social y la mejora de la calidad de vida, contrarrestando así dinámicas negativas, es decir, evitando la expulsión poblacional.

Para fortalecer la atracción y retención de la población en estados con potencial de origen decreciente, es imperativo priorizar inversiones en infraestructuras sostenibles. En este sentido, impulsar el desarrollo de un transporte público eficiente y opciones de movilidad activa puede ser clave.

Así, la planificación urbana sostenible se convierte en una estrategia fundamental para el desarrollo e implementación de medidas que fomenten el cuidado del medio ambiente, la mejora de la eficiencia energética y la promoción de modos de transporte ecológicos.

La implementación de incentivos destinados a promover la movilidad sostenible, como descuentos en el transporte público, la construcción de carriles para bicicletas y los programas de *carpooling*, puede resultar efectiva para reducir la dependencia del automóvil y mejorar la calidad del aire.

Asimismo, se torna esencial la creación de programas de desarrollo adaptados a las necesidades específicas de la población en estados con cambios en el potencial de origen. La mejora de servicios e infraestructura es crucial en la atracción y retención de residentes.

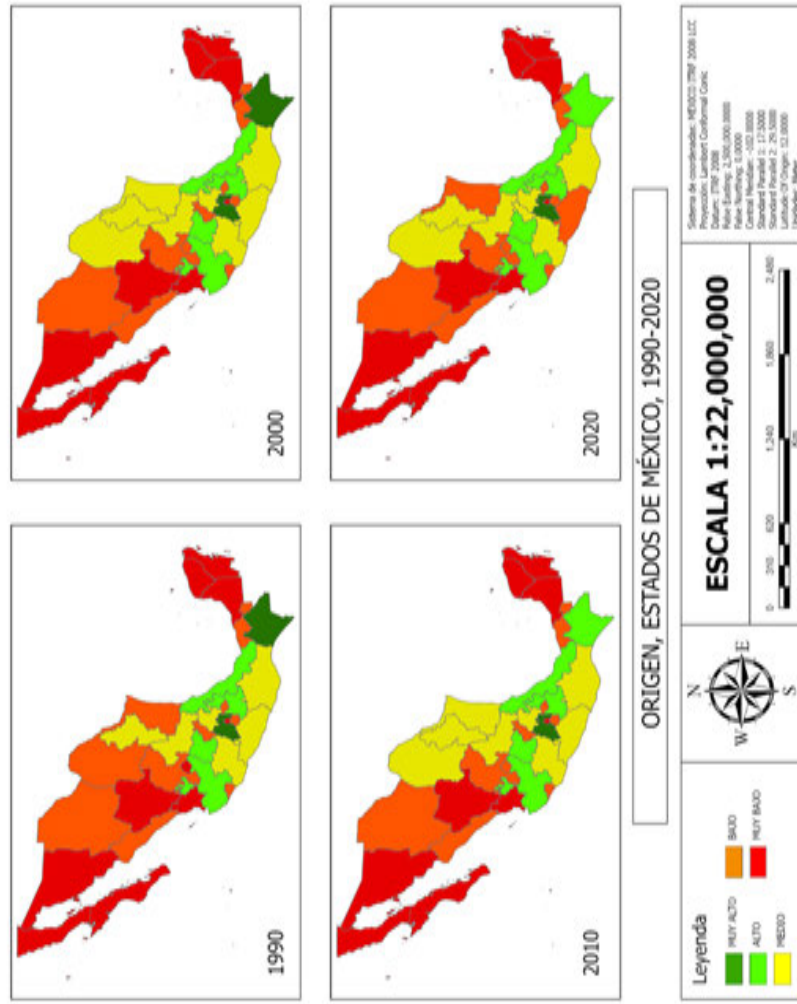
Estas estrategias deben ser diseñadas desde un enfoque integral y sostenible para el desarrollo territorial y urbano, así proporcionar un marco que busca abordar las complejidades de manera equitativa y eficiente.

Derivado de las interacciones espaciales determinadas por el modelo gravitacional, el fenómeno de destino revela la dinámica de atracción entre distintos puntos geográficos. La fuerza del destino, en este contexto, representa la movilidad entrante de la población, mediante la capacidad intrínseca de cada entidad para funcionar como un imán y atraer o retener elementos como población, inversiones y actividades económicas.

Tabla 2. Fuerza de potencial origen de México 1990,2000, 2010 y 2020

Estado	1990	2000	2010	2015	2020
Aguascalientes	24	23	23	23	21
Baja California	28	28	27	27	27
Baja California Sur	32	32	32	32	32
Campeche	30	31	31	31	31
Chiapas	13	13	12	11	11
Chihuahua	21	19	20	20	20
Ciudad de México	2	2	2	2	2
Coahuila de Zaragoza	20	21	19	18	18
Colima	29	30	30	30	30
Durango	23	24	24	24	24
Guanajuato	6	6	6	6	6
Guerrero	12	12	13	14	15
Hidalgo	8	8	8	8	8
Jalisco	5	5	5	5	4
México	1	1	1	1	1
Michoacán de Ocampo	7	7	7	7	7
Morelos	15	15	15	16	16
Nayarit	27	27	28	28	28
Nuevo León	11	10	9	9	9
Oaxaca	10	11	11	12	12
Puebla	3	3	3	3	3
Querétaro	17	16	16	15	13
Quintana Roo	31	29	29	29	29
San Luis Potosí	9	9	10	10	10
Sinaloa	19	20	21	21	22
Sonora	26	26	26	26	26
Tabasco	22	22	22	22	23

Mapa 2. Fuerza de potencial origen de México 1990,2000, 2010 y 2020



Tamaulipas	14	14	14	13	14
Tlaxcala	18	17	17	17	17
Veracruz	4	4	4	4	5
Yucatán	25	25	25	25	25
Zacatecas	16	18	18	19	19

Fuente: elaboración propia.

En el análisis de este fenómeno, a lo largo de cinco periodos, se observan variaciones interesantes en la posición de ciertos estados. Tlaxcala destaca con una fuerza de potencial destino constante y fuerte, ocupa la primera posición a lo largo del tiempo. En contraste, estados como Baja California y Ciudad de México experimentan cambios en su posición,

Aunque la Ciudad de México se mantiene en una posición superior, se evidencia una sutil disminución en su fuerza de potencial destino a lo largo de los periodos analizados (tabla 3).

Un caso destacado es Michoacán, que ha ascendido de la categoría alto a muy alto, según su clasificación. Sin embargo, su posición durante décadas en el octavo lugar sugiere una consistencia en su capacidad para atraer movilidad.

Es relevante señalar que estados como Tlaxcala, Hidalgo y Morelos se mantienen en los primeros puestos, lo que indica una constante fuerza de atracción. En contraste, estados como Puebla y Querétaro experimentan cambios en su posición; este último destaca como un mayor polo de desarrollo, fenómeno causado por un histórico proceso de industrialización que permite mayor acceso a empleos (mapa 3).

El análisis planteado aquí es fundamental para comprender las dinámicas de desarrollo regional; permite orientar estrategias de inversión, desarrollo económico y planificación territorial. En este contexto, se sugiere enfocarse en fortalecer las capacidades de atracción de estados como Hidalgo, Morelos y Puebla, considerando medidas específicas para contrarrestar los efectos negativos que conlleva un crecimiento demográfico. Estas recomendaciones pueden contribuir a optimizar las estrategias de desarrollo territorial y mejorar la capacidad de los estados para atraer y retener población e inversiones.

Con base en el análisis de las dinámicas de las fuerzas de destino en los estados mexicanos, surgen recomendaciones estratégicas clave para impulsar el desarrollo territorial y urbano, así como para fortalecer la movilidad sustentable.

En aquellos estados con una fuerza de destino constante y fuerte, como Tlaxcala, Hidalgo y Morelos, se propone mantener, e incluso potenciar, las políticas y programas destinados a mejorar la infraestructura. Estos estados podrían beneficiarse de inversiones adicionales en infraestructuras sostenibles, enfocándose especialmente en el desarrollo de modos de transporte activos y eficientes. Para los estados que experimentan fluctuaciones en su posición, la implementación de programas piloto, incentivos y proyectos específicos se presenta como una estrategia eficaz para fortalecer su atractivo, ya sea a través de mejoras en la infraestructura, servicios públicos o iniciativas culturales.

La mejora continua de la infraestructura del transporte público, la gestión eficiente del crecimiento urbano y la promoción activa de la movilidad sustentable, podrían convertirse en áreas prioritarias de enfoque.

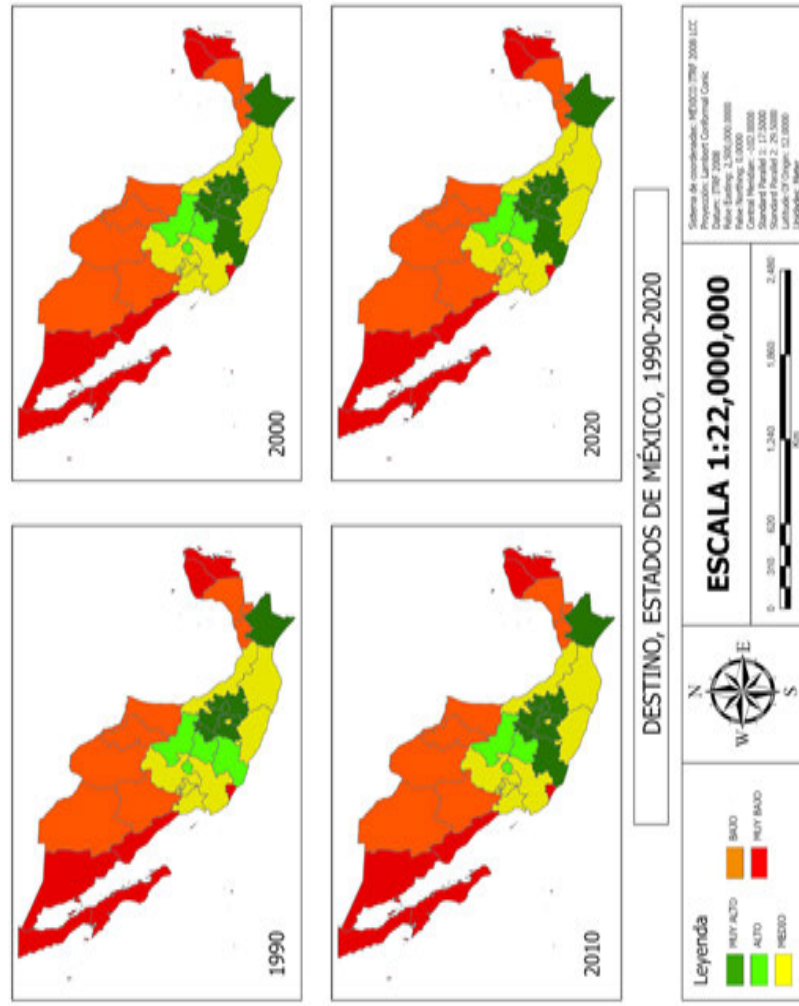
En síntesis, la adaptación de estrategias existentes, el análisis detallado de cambios en la fuerza de destino, y la implementación de medidas específicas, son fundamentales para robustecer la movilidad sustentable en los estados mexicanos. La flexibilidad en la implementación de políticas, así como la consideración de particularidades locales, contribuirán a consolidar y mejorar la posición de los estados en términos de atracción de población y actividades económicas.

El potencial nodal emerge como una herramienta esencial para identificar las áreas con mayores posibilidades de crecimiento, derivadas de dinámicas poblacionales y expansiones territoriales, lo que permite una visión más precisa y anticipada de los patrones demográficos que modelan la configuración de nuestras comunidades. Chiapa y Mendoza (2023) destacan la relevancia de este enfoque, su utilidad para la planificación territorial y el diseño de estrategias que respondan de manera efectiva a las necesidades específicas de cada región.

Tabla 3. Fuerza de potencial destino de México 1990,2000, 2010 y 2020

Estado	1990	2000	2010	2015	2020
Aguascalientes	10	10	10	10	10
Baja California	31	31	31	31	31
Baja California Sur	32	32	32	32	32
Campeche	25	25	25	25	25
Chiapas	24	24	24	24	24
Chihuahua	27	27	27	27	27
Ciudad de México	3	2	2	2	2
Coahuila de Zaragoza	23	23	23	22	22
Colima	16	16	16	16	16
Durango	20	20	20	20	20
Guanajuato	9	9	9	9	9
Guerrero	15	15	15	15	15
Hidalgo	2	3	3	3	3
Jalisco	13	14	14	13	14
México	4	7	7	7	7
Michoacán de Ocampo	8	8	8	8	8
Morelos	5	4	4	4	4
Nayarit	18	18	18	18	18
Nuevo León	21	21	21	21	21
Oaxaca	17	17	17	17	17
Puebla	6	5	5	5	6
Querétaro	7	6	6	6	5
Quintana Roo	29	29	29	29	29
San Luis Potosí	11	11	11	11	11
Sinaloa	26	26	26	26	26
Sonora	30	30	30	30	30
Tabasco	22	22	22	23	23

Mapa 3. Fuerza de potencial destino de México 1990,2000, 2010 y 2020



Tamaulipas	19	19	19	19
Tlaxcala	1	1	1	1
Veracruz	14	13	13	13
Yucatán	28	28	28	28
Zacatecas	12	12	12	12

Fuente: elaboración propia.

La interpretación del potencial nodal futuro representa la capacidad de una entidad para atraer o retener población; los valores positivos son indicativos de atracción y los negativos sugieren una posible expulsión de población.

Estados como Tlaxcala, Morelos, Querétaro, Aguascalientes e Hidalgo, destacan por sus índices positivos consistentes a lo largo de los años; indican una fuerza de atracción neta. Tlaxcala muestra un crecimiento constante, señala una capacidad continua para atraer población y actividades económicas. Morelos exhibe una atracción sostenida; mientras, Querétaro mantiene su capacidad de atracción. Aunque Aguascalientes experimenta una ligera disminución, conserva un potencial nodal positivo, al igual que Hidalgo, a pesar de su leve descenso (tabla 4 y gráfica 1).

En contraste, Ciudad de México, Estado de México, Jalisco y Nuevo León tienen valores negativos consistentes, lo que indica una expulsión continua de población que consiste con las áreas más densamente pobladas del país y con mayor concentración industrial y de servicios. Otros, como Chihuahua, Baja California y Oaxaca experimentan variaciones en su potencial nodal futuro, indican cambios en las tendencias migratorias y demográficas, debido principalmente a su ubicación geográfica en la periferia del centro del país.

Este indicador prospectivo para el crecimiento económico y demográfico es esencial para la planificación estratégica de la movilidad sustentable, permitiendo abordar de manera efectiva los retos asociados con el desarrollo y la movilidad en estas regiones. Además, el análisis del potencial nodal proporciona una visión anticipada de las dinámicas migratorias, facilita la identificación de regiones con crecimiento sostenido o desafíos de pérdida de población. Esta información es esencial para la planificación territorial y la formulación de políticas adaptadas a las necesidades específicas de cada región.

El potencial nodal, reflejado en los índices positivos de estados como Tlaxcala, Morelos, Querétaro, Aguascalientes e Hidalgo, indican la tendencia a un crecimiento económico y demográfico. Esta consistente capacidad para atraer población y actividades económicas sugiere un entorno propicio para el desarrollo sostenible. Identificar estados con mayor potencial nodal es crucial para formular estrategias de movilidad sustentable. Los estados con potencial nodal positivo pueden anticipar y gestionar de manera efectiva las crecientes demandas de movilidad asociadas con el crecimiento económico y demográfico. Estrategias proactivas de movilidad sustentable, como el desarrollo de infraestructuras eficientes y la promoción de modos de transporte sostenibles, pueden implementarse en estos estados para abordar los desafíos emergentes.

La información hasta aquí expuesta es esencial para la planificación estratégica de la movilidad sustentable, permitiendo anticipar y abordar de manera efectiva los retos asociados con el desarrollo y la movilidad en estas regiones.

El análisis del potencial nodal ofrece una visión anticipada de las dinámicas migratorias, así permite la identificación de regiones que podrían experimentar un crecimiento demográfico sostenido o, por el contrario, enfrentar desafíos en términos de pérdida de población. Este tipo de información es esencial para la planificación territorial y el diseño de políticas que aborden las necesidades específicas de cada región.

Considerando el análisis del potencial nodal en los estados mexicanos, se derivan recomendaciones estratégicas para impulsar el desarrollo territorial y abordar los desafíos asociados con las dinámicas migratorias.

En aquellos estados con una fuerza de atracción constante y fuerte, como Tlaxcala, Hidalgo y Morelos, se sugiere mantener e intensificar las políticas y programas que mejoren la infraestructura. Estas entidades podrían beneficiarse significativamente de inversiones adicionales en infraestructuras sostenibles, priorizando el desarrollo de modos de transporte activos y eficientes. La atención continua a la mejora de la infraestructura

de transporte público, la gestión eficiente del crecimiento urbano y la promoción de la movilidad sustentable podrían ser áreas clave de enfoque.

Para aquellos estados que experimentan fluctuaciones en su posición de potencial nodal, la implementación de programas piloto, incentivos y proyectos específicos, puede ser una estrategia eficaz para reforzar su atractivo. Estas iniciativas podrían abordar mejoras en la infraestructura, servicios públicos o proyectos culturales para consolidar su posición.

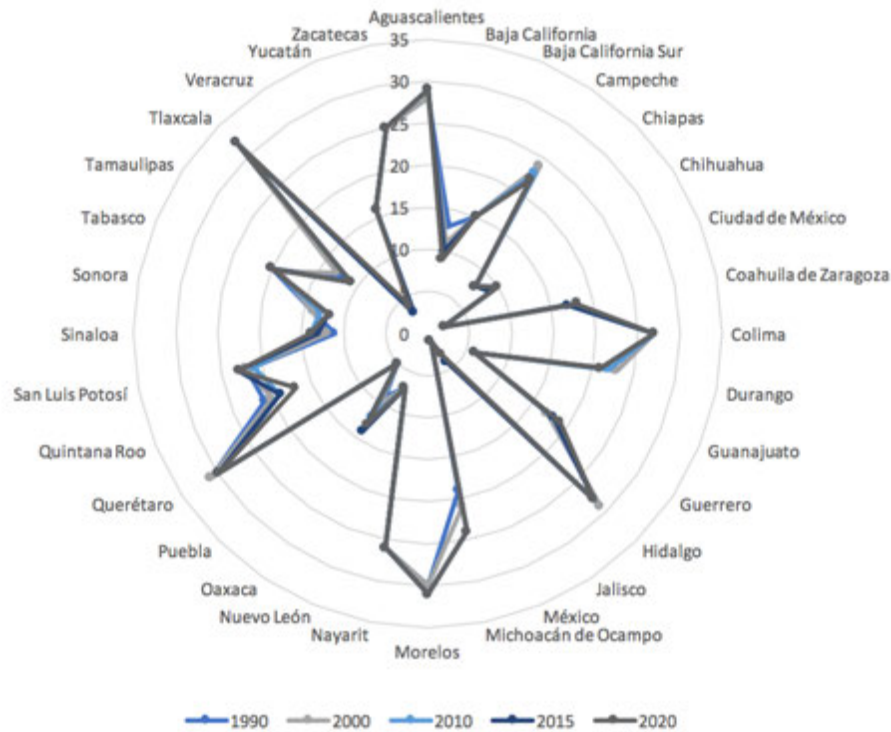
La adaptación de estrategias existentes, el análisis detallado de cambios en el potencial nodal y la implementación de medidas específicas, son esenciales para fortalecer la movilidad sustentable en los estados mexicanos. La flexibilidad en la implementación de políticas y la atención a las particularidades locales contribuirán a consolidar y mejorar la posición de los estados en términos de atracción de población y actividades económicas.

Tabla 4. Potencial nodal de México 1990,2000, 2010 y 2020

Estado	1990	2000	2010	2015	2020
Aguascalientes	1.27	1.08	1.03	1.01	0.99
Baja California	0.11	0.04	0.02	0.02	0.00
Baja California Sur	0.19	0.17	0.16	0.16	0.16
Campeche	0.55	0.49	0.48	0.48	0.49
Chiapas	-0.15	-0.15	-0.21	-0.23	-0.24
Chihuahua	0.01	-0.02	0.00	0.01	0.01
Ciudad de México	-4.10	-2.82	-2.23	-1.97	-1.89
Coahuila de Zaragoza	0.27	0.25	0.23	0.23	0.23
Colima	1.00	0.89	0.88	0.87	0.88
Durango	0.48	0.47	0.48	0.47	0.48
Guanajuato	-0.77	-0.65	-0.70	-0.71	-0.71
Guerrero	0.22	0.21	0.23	0.24	0.28
Hidalgo	1.32	1.15	1.03	0.99	0.95
Jalisco	-1.52	-1.36	-1.39	-1.39	-1.43
México	-4.95	-5.32	-5.40	-5.43	-5.43
Michoacán de Ocampo	0.31	0.44	0.52	0.53	0.55
Morelos	1.64	1.40	1.35	1.32	1.33
Nayarit	0.79	0.73	0.71	0.70	0.71
Nuevo León	-0.19	-0.21	-0.26	-0.30	-0.38
Oaxaca	0.00	0.04	0.07	0.09	0.09
Puebla	-1.18	-1.18	-1.18	-1.20	-1.27
Querétaro	1.69	1.45	1.33	1.28	1.19
Quintana Roo	0.41	0.32	0.27	0.26	0.22
San Luis Potosí	0.45	0.45	0.47	0.48	0.50
Sinaloa	0.04	0.06	0.08	0.08	0.09
Sonora	0.11	0.09	0.08	0.08	0.09
Tabasco	0.36	0.30	0.29	0.29	0.31
Tamaulipas	0.09	0.06	0.03	0.04	0.07
Tlaxcala	2.70	2.37	2.26	2.23	2.22
Veracruz	-1.99	-1.58	-1.47	-1.46	-1.32
Yucatán	0.19	0.18	0.18	0.18	0.16
Zacatecas	0.63	0.64	0.66	0.67	0.69

Fuente: elaboración propia

Gráfica 1. Potencial nodal de México 1990, 2000, 2010 y 2020



Conclusiones y recomendaciones para las potencialidades de movilidad sustentable y el fortalecimiento de la planificación territorial

El análisis de los flujos poblacionales para definir las potencialidades de la movilidad sustentable implica considerar diversos aspectos económicos, sociales, demográficos y medioambientales. Desde una perspectiva económica, la adopción de prácticas de movilidad sustentable no sólo reduce costos asociados al transporte, congestión vial y contaminación, también impulsa la innovación y el crecimiento en sectores de tecnología verde e infraestructura sostenible, y así genera empleos significativos en una economía más limpia.

Desde una perspectiva social, la movilidad sustentable juega un papel crucial en la promoción de la equidad y la accesibilidad. La planificación urbana centrada en el peatón, el fomento del transporte público eficiente y la promoción de modos de movilidad activa, mejoran la calidad de vida, además de reducir disparidades socioeconómicas al hacer que oportunidades y servicios sean más accesibles para todos los estratos de la sociedad. Además, la reducción de la dependencia de combustibles contribuye a mitigar la contaminación medioambiental y contrarresta efectos negativos del cambio climático.

En cuanto a la perspectiva demográfica, es necesario analizar el número total de población, proyecciones futuras, tasas de crecimiento y distribución por edades, para comprender la estructura demográfica. También es esencial considerar patrones migratorios mediante la identificación de zonas con alta migración y emigración.

La movilidad sustentable se convierte en un campo interdisciplinario que requiere colaboración entre instituciones académicas, la industria y el gobierno. Esta colaboración es esencial para abordar desafíos

multifacéticos asociados con la movilidad urbana, y así fomentar la formación de profesionales capacitados y la generación de conocimiento que impulse soluciones innovadoras.

Las potencialidades para la movilidad sustentable se encuentran en la infraestructura, existente o con posibilidad de ser implementada, así como en la sensibilización y educación de la población. La eficacia de las políticas de transporte también es clave. La movilidad sustentable no sólo es una cuestión de transporte, sino un tejido integral que conecta diversos aspectos de nuestras comunidades mediante la transformación de la forma en que nos desplazamos, y sentando las bases para un futuro más equitativo y sostenible.

La información sobre potencial nodal, fuerzas de atracción y expulsión, en estados mexicanos, tendencias demográficas y fenómenos de movilidad, puede proporcionar insights valiosos para desarrollar estrategias de movilidad sustentable. En estados con potencial nodal positivo se podría fortalecer la movilidad intra regional; mientras que en estados con potencial nodal negativo sería posible desarrollar programas para fomentar la movilidad sostenible interregional.

En regiones con potencial de crecimiento nodal, como Tlaxcala, Morelos, Querétaro, Aguascalientes e Hidalgo, es esencial implementar estrategias de planificación urbana sostenible para promover el desarrollo compacto y reducir la necesidad de desplazamientos largos. Esto favorece la accesibilidad a servicios esenciales y contribuye a estrategias de planificación urbana sostenible.

En áreas con fluctuaciones en el potencial nodal y fuerzas de atracción y expulsión, es necesario implementar estrategias que fomenten un desarrollo equitativo, abordando disparidades en la accesibilidad a oportunidades y servicios.

Estados con patrones migratorios cambiantes, e inversiones estratégicas en infraestructuras de transporte sostenible, podrían ser clave para adaptarse a las demandas cambiantes de movilidad. Programas de educación y concienciación sobre movilidad sustentable son esenciales para fomentar cambios en comportamientos y promover opciones más sostenibles.

En el caso específico de Tlaxcala, Morelos, Querétaro, Aguascalientes e Hidalgo, presentan características que los posicionan como potenciales nodales. Cuentan con zonas metropolitanas que destacan por su concentración demográfica y calidad de infraestructura. Estas áreas tienen consistentemente un potencial nodal alto a nivel nacional, convirtiéndolas en regiones atractivas para la inversión y el desarrollo.

La fuerza de potencial origen y destino en estos estados, muestra estabilidad en políticas económicas, demográficas y sociales, lo que indica una constante fuerza de atracción. Los estados destacan por su potencial nodal positivo a lo largo de los años, esto sugiere que son atractivos como lugares de origen y tienen el potencial de atraer población y actividades económicas.

Al comprender las dinámicas demográficas y las fuerzas que influyen en la movilidad a nivel estatal, es posible diseñar estrategias específicas que promuevan la movilidad sustentable, contribuyendo así a un desarrollo más equitativo, eficiente y amigable con el medioambiente.

En consecuencia, es imperativo desarrollar estrategias proactivas que impulsen el crecimiento de estas entidades, y este impulso debería abarcar aspectos clave que incluyan políticas específicas centradas en la promoción de la movilidad sustentable.

El análisis previo revela la existencia de potenciales nodales en estados como Hidalgo, Tlaxcala, Morelos y Querétaro, que destacan por su concentración demográfica y ubicación estratégica, lo que les convierte en regiones atractivas para la inversión y el desarrollo.

Para propiciar un flujo migratorio planeado hacia estas entidades, es fundamental adoptar un enfoque holístico que abarque políticas integrales de movilidad sustentable. Esto implica mejorar la infraestructura de transporte, además de promover activamente prácticas de movilidad sustentables y sostenibles.

En el ámbito de la infraestructura, es necesario realizar inversiones estratégicas en sistemas de transporte público eficientes, así como en el desarrollo de infraestructuras para modos de movilidad no motorizados, como ciclovías y aceras peatonales. Además de facilitar la movilidad dentro de las zonas metropolitanas, sería posible que estas regiones sean más atractivas para quienes buscan entornos urbanos con opciones de transporte diversificadas y sostenibles.

Paralelamente, se requiere implementar políticas que fomenten la adopción de modos de movilidad activa, como caminar y andar en bicicleta. Esto no sólo contribuiría a la reducción de emisiones contaminantes, también mejoraría la salud de la población y promovería una cultura de movilidad más consciente y sostenible.

La sensibilización y educación de la población son elementos clave en este proceso. Campañas educativas que destaquen los beneficios individuales y colectivos de la movilidad sustentable, podrían influir positivamente en los patrones de movilidad de la población y así fomentar una mayor adopción de prácticas sostenibles.

Asimismo, se debe diseñar e implementar políticas de planificación urbana sostenible que fomenten el desarrollo compacto y reduzcan la necesidad de desplazamientos largos. La creación de entornos urbanos que integren vivienda, trabajo y servicios esenciales, podría disminuir la dependencia del automóvil y favorecer el uso de alternativas de transporte más sostenibles.

En el contexto de fluctuaciones en el potencial nodal, y fuerzas de atracción y expulsión, estas estrategias contribuirían a crear entornos equitativos, abordando las disparidades en la accesibilidad a oportunidades y servicios. Además, en estados con patrones migratorios cambiantes, estas acciones podrían adaptarse para satisfacer las demandas emergentes de movilidad.

En resumen, el diseño de estrategias ex ante para impulsar el crecimiento de entidades como Hidalgo, Tlaxcala, Morelos y Querétaro, debe ir más allá de enfoques convencionales y abrazar políticas específicas de movilidad sustentable. La integración de infraestructuras eficientes, promoción activa de prácticas de movilidad sostenible, educación de la población y políticas urbanas sostenibles, son elementos esenciales para generar un cambio significativo y propiciar un entorno ideal para un mayor flujo migratorio hacia estas regiones.

Referencias

- Asuad, N. E. (2001). *Economía Regional y Urbana. Introducción a las teorías, técnicas y metodologías básicas*. BUAP.
- Boisier, S. (1980). *Técnicas de análisis regional con información limitada*. CEPAL-ILPES.
- Chiapa Aguillón, E., & Mendoza Meza, E. Y. (2023). ¿De dónde vienen y a dónde van? Dinámica poblacional de las zonas metropolitanas del estado de Hidalgo. *Sobre México Temas De Economía*, 1(8), 5-46. <https://doi.org/10.48102/rsm.v1i8.121>](<https://doi.org/10.48102/rsm.v1i8.121>).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). *Censos y Conteos de Población y Vivienda*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020>.
- ITDP-ONU. (2020). *Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo*, Organización de las Naciones Unidas. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/los-ocho-principios-del-transporte-en-la-vida-urbana>](<https://onuhabitat.org.mx/index.php/los-ocho-principios-del-transporte-en-la-vida-urbana>).

- Leontief, W. & Strout, A. (1963). Multiregional Input-Output Analysis. En T. Barna, Structural Interdependence and Economic Development. Macmillan.
- Miller, R. y Blair, P. (2012). Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. Cambridge University Press, 2a. ed.
- Massey, D. S., Arango, J., Hugo, G., Kouaouci, A., Pellegrino, A., & Taylor, J. E. (1998). Worlds in motion: Understanding international migration at the end of the millennium. Oxford: Oxford University Press.
- ODS-ONU Objetivos del Desarrollo Sostenible, Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities>.
- Ravenstein, E. G. (1885). The laws of migration. Journal of the Royal Statistical Society, 48(2), 167-235.
- Theil, H. (1967). Economics and Information Theory. Amsterdam: North-Holland.
- WBCSD. (2023). World Business Council for Sustainable Development. <https://www.wbcsd.org/>(<https://www.wbcsd.org>).

Impulsando el desarrollo sustentable: movilidad e innovación para un turismo responsable

Judith Alejandra Velázquez-Castro
Liza Viviana Velasco-Álvarez

Introducción

El turismo desempeña un papel importante y vital en el sistema económico y social a nivel mundial (*World Tourism Organization* [UNWTO], 2023; *World Travel & Tourism Council* [WTTC], 2023). Aunado a un crecimiento acelerado y sin planificación, el sector enfrenta el reto de conservar y salvaguardar el medioambiente, además de gestionar eficientemente el consumo de recursos naturales al depender del entorno natural en el que se desarrolla (Plumed et al., 2018; Lin et al., 2023). A medida que incrementa el flujo de turistas, las consecuencias negativas también aumentan, esto representa una amenaza para la sustentabilidad del sector, por lo cual, la planificación y gestión de los espacios son una alternativa que puede favorecer la práctica de un turismo responsable.

El desarrollo económico, así como la tendencia de destinos y viajes sustentables plantean un reto para los planificadores urbanos. Desde la creación y renovación de ciudades, hasta cambios tecnológicos resultados de la globalización. Esto es notorio en algunas iniciativas de ciudades inteligentes inspiradas por numerosas prácticas de sustentabilidad (Lu et al., 2018; Ben et al., 2019; Sodiq et al., 2019; Li et al., 2023). La urbanización sustentable resalta así la importancia de la planificación de los destinos turísticos, ya que esto tiene mayores impactos asociados con la población, los modelos de negocio y el uso eficiente de los recursos naturales, entre otros aspectos importantes (Williams et al., 2020).

Actualmente, existe evidencia de que tanto los planificadores como los responsables de la formulación de políticas públicas consideran los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) de la Agenda 2030 (Balsalobre-Lorente et al., 2023; Li et al., 2023) para materializar planes y programas que garanticen (*United Nations* [UN], 2015): el diseño de ciudades y comunidades sustentables (ODS 11); la gestión eficiente de los recursos hídricos (ODS 6); la gestión de energías no contaminantes (ODS 7); la innovación e infraestructura (ODS 9); y la producción y consumo responsables (ODS 12).

En esa misma línea, hay artículos que abordan la planificación de los destinos turísticos (Li et al., 2023; Fernández-Abila, et al., 2024), pero son pocas las publicaciones que consideran la movilidad eficiente (transporte) como clave para la sustentabilidad del turismo. Para comprender el estado actual de la presente investigación, se llevó a cabo un análisis de contenido de una serie de artículos que hacen énfasis en la movilidad para un desarrollo sustentable.

Principales preguntas de investigación: ¿Cuáles son las palabras clave más utilizadas en la investigación sobre turismo y movilidad eficiente (transporte)? Con base en el análisis de coocurrencia de palabras clave, ¿existe relación entre la movilidad, la sustentabilidad y el turismo?

De este modo, en la sección del acercamiento teórico se resalta la importancia de la urbanización e infraestructura para mejorar la movilidad y convertir a las ciudades y destinos turísticos en espacios más funcionales. En este mismo apartado se menciona la importancia de los planificadores como actores imprescindibles para el diseño y ejecución de proyectos de futuros destinos sustentables. También se explica la metodología a seguir para el cumplimiento del objetivo y de las preguntas rectoras de la investigación. En la siguiente sección, de resultados, a partir de la búsqueda de artículos científicos y del análisis de contenido, se identifican algunos de los impactos y desafíos actuales relacionados con la importancia de la movilidad como factor clave para un turismo responsable; posteriormente, se proponen algunas líneas de acción. Por último, en las recomendaciones, se menciona que una de estas alternativas es el uso de innovaciones para hacer más eficiente la movilidad de los turistas y de la propia población.

Acercamiento teórico

Urbanización, infraestructura y movilidad en el turismo

El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (*Department of Economic and Social Affairs* [DESA], 2022) estima que para el año 2050, 68 por ciento de la población vivirá en zonas urbanas; esto representa una contienda para los gobiernos, en especial, en temas de protección del medio ambiente y de desarrollo social. La urbanización es un proceso complejo que implica la transformación del entorno y que está determinada por la planificación espacial y por la inversión en infraestructura. En lo que concierne a la urbanización turística, esta tiene impactos negativos y positivos en el entorno natural y en el estilo de vida de las comunidades anfitrionas (tabla 1). Un entorno ecológico saludable es esencial para el desarrollo de la industria turística y constituye una base importante para el desarrollo económico sostenible de los destinos.

Tabla1. Impactos de la urbanización turística

Positivos	Negativos
Incremento y mejora de los servicios de primera necesidad.	Destrucción y alteración de la flora y la fauna por la construcción de caminos o complejos turísticos.
Incrementa la demanda de servicios turísticos por el aumento en el flujo de turistas.	Degradación del suelo por la construcción de espacios para la prestación de servicios turísticos.
Mayor comercio e intercambio de información.	Contaminación auditiva.
Aumento en el flujo y diversidad de transporte.	Emisiones de CO2 por el uso de transporte (El sector del transporte representa alrededor del 25% de las emisiones globales de CO2).
Conservación, construcción y modernización de caminos.	Incrementa la contaminación de los cuerpos de agua.
Mejora la experiencia del turista.	Aumenta la generación de residuos.

Fuente: elaboración propia con base en Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA, 2010); DESA (2019); y Zamparini et al.,(2022).

Como se señala en la tabla anterior, con el crecimiento de la movilidad turística también incrementa la infraestructura vial y el uso de diversos medios de transporte, lo que genera alteraciones en el paisaje. Una alternativa es la práctica de un turismo responsable, que está relacionado con el involucramiento y concientización de todos los *stakeholders* por el cuidado ambiental para conservar los atractivos turísticos, al tiempo que mejora la satisfacción del turista y la competitividad del destino (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023). Como complemento a este tipo de prácticas, los destinos tienen que renovar la infraestructura vial y diversificar las modalidades de transporte respetuosos con el ambiente para generar cambios evidentes y significativos en los patrones de movilidad entre los pobladores –prestadores de servicios, empleados, proveedores– y los turistas.

Son diversos los factores que determinan la movilidad de los destinos turísticos, desde aspectos geográficos y socioeconómicos hasta demográficos. Como ejemplo de los aspectos geográficos, las comunidades montañosas tienen opciones más limitadas en cuanto rutas y medios de transporte; además, el clima también reduce y encarece las opciones de transporte público y fomenta el uso del automóvil particular (*International Transport Forum* [IFT], 2021). El acceso a servicios básicos es otro factor que influye en los motivos por los que las personas eligen viajar, así, el transporte de alta calidad, asequible y accesible forma parte de esa movilidad (Gates et al., 2019).

Por último, como parte del sistema turístico, la infraestructura de transporte tiene la función esencial de mantener el flujo ordenado de turistas. La evidencia revela que la infraestructura y el transporte se encuentran en función de la oferta y demanda turística, es decir, que los lugares con más atracciones y un mayor flujo de turistas cuentan con más publicidad, mejor transporte e infraestructura en comparación con otros destinos rurales o poco concurridos (Bærenholdt & Meged, 2023; Lin et al., 2023; Ma & Tang, 2023).

Movilidad eficiente (transporte) para un turismo responsable

En la actualidad, la planificación de los destinos turísticos incluye aspectos esenciales como la gestión ambiental y la movilidad eficiente. Ambos aspectos forman parte de los ejes rectores de las ciudades inteligentes; los cuales, de acuerdo con Palomo-Navarro & Navío-Marco (2017) y Bencke et al.,(2020), se muestran en la figura 1.

En este contexto, es posible afirmar que estos elementos mejoran la satisfacción y facilitan la interacción de los turistas, o visitantes con el destino turístico, a la vez que incrementa la calidad de vida de los residentes de la comunidad anfitriona (Secretaría de Turismo de España, 2021), ya que contribuye al desarrollo sustentable del turismo.

Otro aspecto relevante para la movilidad eficiente es la ubicación geográfica, ya que representa un elemento esencial en la interacción entre la oferta y la demanda. La accesibilidad y los servicios son necesarios para la operación de los destinos turísticos. Se requiere de infraestructura vial y de medios de transporte para que los turistas y la comunidad anfitriona se movilicen y comuniquen. Sin embargo, el sector turístico enfrenta el desafío de formar parte de iniciativas de transporte sustentable y fomentar hábitos de movilidad eficiente. En ese sentido, la Organización Mundial del Turismo (OMT, s/f) establece como prioridad “mejorar las infraestructuras urbanas y la accesibilidad universal...”. Asimismo, la OMT (s/f) señala que el turismo requiere de innovaciones para la renovación y modernización del sector.

Figura 1. Ejes de las ciudades inteligentes



Fuente: Palomo-Navarro y Navío-Marco (2017) y Bencke et al.,(2020).

El transporte es un medio que permitirá esta renovación a partir de nuevas formas de desplazamiento; una mejor conexión entre comunidades; facilidad de comercio, e incremento en el flujo de turistas. Esta renovación requiere tecnologías menos contaminantes y de medios de transporte innovadores para movilizar a los turistas y a la población en general. Hay que recordar que la movilidad es una necesidad y característica básica en la prestación de cualquier servicio turístico, puesto que los turistas tienen que desplazarse de su lugar de origen hacia el destino que eligen; además, los empleados y prestadores de servicios turísticos también se desplazan del sitio donde viven hacia su lugar de trabajo. Todos requieren de un sistema de transporte que garantice su seguridad y el cuidado del entorno ambiental. El transporte sustentable es una alternativa innovadora de movilidad definido como:

La provisión de servicios e infraestructura para la movilidad de personas y bienes para promover el desarrollo económico y social para beneficiar a las generaciones actuales y futuras, de una manera que sea segura, asequible, eficiente y resiliente, minimizando al mismo tiempo las emisiones de carbono y otras emisiones e impactos ambientales (*United Nations Secretary-General's High-Level Advisory Group on Sustainable Transport*, 2016).

El transporte sustentable, de acuerdo con Sodiq et al.,(2019); Zamparini et al., (2022), requiere:

- Potenciar el crecimiento económico de las comunidades.
- Mejorar la accesibilidad.
- Respetar los recursos naturales.

- Incrementar las opciones de medios de transporte.
- Mejorar la equidad social.
- Tener costos accesibles.
- Generar vínculos entre los entornos rural y urbano.

El papel de los planificadores para el diseño y ejecución de proyectos de destinos sustentables

Los planificadores son los responsables de organizar y aprovechar la ocupación territorial sobre la base de sus limitantes y potenciales, tomando en cuenta las necesidades de la población (Servicio Nacional de Turismo [SERNATUR], 2016). Por lo regular, la accesibilidad y vías de comunicación de las zonas rurales son limitadas, esto es un reto que los planificadores deben considerar en el diseño de proyectos que comuniquen las actividades económicas y los servicios de las comunidades. A partir de la elaboración y aplicación de instrumentos que permitan materializar estos proyectos, los resultados se traducirán en un desarrollo regional sustentable, en donde el transporte de personas es una actividad global potencial. Por el contrario, los destinos turísticos no planificados enfrentan diversos problemas relacionados principalmente con la infraestructura y la movilidad, entre los que destacan (Koens et al., 2018):

- La congestión de vehículos en calles y avenidas principales.
- La poca o nula seguridad vial.
- Conflictos entre los residentes y los turistas por el uso de espacios públicos para estacionar sus vehículos.
- El uso de transporte público en malas condiciones.
- Escases de transporte público en horarios y días específicos.
- Pocas alternativas de transporte para movilizarse dentro del destino.

Estos efectos representan una complicación para los planificadores y autoridades públicas, por ser los responsables de proponer proyectos para renovar y modernizar los espacios viales para un mejor consumo y disfrute de los servicios y productos turísticos. Adaptar los destinos a espacios sustentables, que promuevan la movilidad eficiente y el uso de transporte alternativo para un turismo responsable, debe ser el punto de partida de la acción política. Finalmente, debe considerarse que la calidad y disponibilidad del transporte impactan en la movilidad y en el diseño de servicios más eficientes.

Metodología

El objetivo principal de esta investigación es identificar las tendencias de movilidad turística, con énfasis en el uso de innovaciones, para la propuesta de estrategias que impulsen el desarrollo sustentable y responsable del turismo. Por esto, se llevó a cabo la búsqueda sistematizada de artículos que versan sobre el tema en mención. En la siguiente sección se presenta el análisis de contenido a partir de la codificación realizada por el *software Atlas.ti 23*; además, se da respuesta a las preguntas de investigación planteadas, a la vez que se mencionan las mejores prácticas y recomendaciones de movilidad sustentable identificadas para un turismo responsable.

Resultados

Con soporte del *software Atlas.ti 23*, se procedió con el análisis de los artículos seleccionados. En primer lugar, con base la pregunta ¿cuáles son las palabras clave más utilizadas en la investigación sobre turismo y movilidad eficiente (transporte)?, en la figura 2 se ilustra la frecuencia de estas.

Figura 2. Frecuencia de palabras clave



Fuente: elaboración propia a partir del software Atlas.ti 23.

Como se observa en la figura 2, las palabras más utilizadas en las investigaciones analizadas son: movilidad, turismo, sustentable, desarrollo, innovación, turístico, verde, planificación, ambiente, espacial, urbana, destino y economía. Este hallazgo brinda un argumento convincente para reformar políticas que promuevan, simultáneamente, la inclusión, la planificación territorial y la movilidad verde, como una estrategia dual para lograr el desarrollo sustentable y reducir el impacto ambiental del sector.

De acuerdo con la pregunta ¿existe relación entre la movilidad, la sustentabilidad y el turismo?, se muestra la tabla de coocurrencia (tabla 2) entre los términos turismo, desarrollo sustentable y gestión.

Tabla 2. Coocurrencia

	Desarrollo sustentable Gr=23		Gestión Gr=19	
	count	coefficient	count	coefficient
Turismo Gr=27	20	0.67	16	0.53

En donde Gr = Enraizamiento del código. Esto es, número de citas que han sido codificadas por ese código.

Fuente: elaboración propia a partir del *software Atlas.ti 23*.

Los códigos Turismo y Desarrollo sustentable tienen una relación positiva de 67 por ciento, y los términos Turismo y Gestión, 53 por ciento, lo que complementa el resultado anterior, al confirmar la relación entre estos. Dichos hallazgos amplían la comprensión de la literatura, además de mostrar el papel crucial de la gestión y la planificación en el desarrollo sustentable, al impulsar el acceso a servicios de transporte para todos los *stakeholders*. Esto, a su vez, promueve prácticas respetuosas con el medio ambiente, ya que la movilidad verde se caracteriza por la adopción de modos de transporte e infraestructuras ecológicos, y se alinea con la literatura que enfatiza en la importancia de las políticas de transporte eficiente y sustentable en la lucha contra el cambio climático.

Por último, se categorizaron y codificaron los artículos analizados. El *software* permitió identificar y clasificar un total de 138 códigos en cinco categorías: 1. COVID-19 (9); 2. Desarrollo sustentable (23); 3. Gestión (20); 4. Investigación (9), y 5. Turismo (27). En resumen, los artículos examinan la contribución de la movilidad turística al crecimiento económico de los destinos; la planificación del turismo urbano; la importancia de la sustentabilidad ambiental en el turismo; la movilidad rural inteligente y la gestión del paisaje como método para el desarrollo del turismo sustentable (figura 3). Asimismo, se analiza el desarrollo turístico sustentable de pequeños destinos rurales. Se concluye que la movilidad sustentable y el turismo en comunidades rurales se apoyan mutuamente y contribuyen al logro de los Objetivos de Agenda 2030 (ODS). Se destacan recomendaciones de políticas para promover la innovación verde en el turismo urbano y rural, así como la necesidad de mejorar las políticas y regulaciones para el desarrollo turístico sustentable en pequeños destinos. Finalmente, se enfatiza en la importancia de la armonía entre las personas y la naturaleza en el turismo rural.

Mejores prácticas

Para aportar más claridad al debate del tema de movilidad y transporte sustentable ilustrados en la figura 3, se resume la información en la tabla 3, disponible en los artículos analizados sobre los impactos y las mejores prácticas de movilidad en turismo.

Tabla3. Mejores prácticas de movilidad en turismo

Artículo	Impacto / Práctica
Sodiq et al.,(2019)	<p>El estudio señala que una estrategia de transporte sustentable debe reconocer las cuatro áreas emergentes de innovación en el transporte urbano: a) movilidad; b) logística urbana; c) gestión de sistemas inteligentes, y d) habitabilidad.</p> <p>Además, señala que dos ecociudades (Fundación Qatar Ciudad de la Educación en Qatar y Ciudad de Masdar en Abu Dhabi,) han incorporado estos cuatro principios en su sistema de transporte urbano en toda la ciudad.</p>
Liu et al.,(2022).	<p>La construcción del primer sistema de transporte en el sur de China aumentó la movilidad turística. Después de la construcción básica de las instalaciones, la afluencia incrementó, convirtiéndose en uno de los principales centros de transporte (por su ubicación); lo que también impulsó el desarrollo turístico regional.</p>
Zamparini et al.,(2022).	<p>Las personas que caminan se trasladan en bicicleta a sus lugares de trabajo, o utilizan el transporte público habitualmente, toman decisiones similares durante sus vacaciones.</p>
Barenholdt y Meged (2023).	<p>Las políticas de turismo urbano intentan abordar la crisis climática, exacerbada por los viajes en avión y en crucero que implica visitar las ciudades. Las emisiones de efecto invernadero procedentes del transporte aéreo y marítimo se mantienen fuera de la preocupación de la política turística.</p> <p>También es un tema inconveniente de plantear en las prácticas de las personas cuando anhelan su próxima visita a un destino turístico.</p>
Balsalobre-Lorente et al., (2023).	<p>El estudio analiza el efecto a largo plazo del ingreso per cápita, el turismo, las rentas de los recursos naturales, la urbanización y las TIC sobre la sustentabilidad ambiental en 36 economías de la OCDE. Los resultados muestran la contribución positiva de la urbanización, los recursos naturales y el turismo a las emisiones de CO₂, mientras que las TIC reducen las emisiones.</p>
Hussain et al., (2023).	<p>El artículo señala que los medios de transporte sustentables y la forma de pasar unas vacaciones responsables son indicadores de las preferencias para el turismo rural.</p>

Li et al., (2023).	En comparación con los destinos rurales, existen inclinaciones políticas, más publicidad y mejor transporte e infraestructura en las atracciones turísticas de destinos urbanos.
Liu et al., (2023).	Proporciona evidencia de que la aglomeración de una misma industria puede reducir los costos de transporte y fortalecer la difusión de conocimientos y tecnología, a fin de promover la mejora de la estructura industrial. Explora la eficiencia de la innovación verde de la industria turística como un camino factible que es útil para lograr la armonía entre el crecimiento económico del turismo, la optimización del entorno ecológico y la mejora de la innovación.
Rivera et al., (2023).	De los turistas, 79 por ciento tiene la intención de utilizar modos de transporte más respetuosos con el medio ambiente, como caminar, andar en bicicleta o el transporte público en lugar de taxis o alquiler de autos.
Rosalina et al., (2023).	Se muestra evidencia del destino turístico de Bali, de que todos los caminos (para acceder a los sitios turísticos) facilitan también el transporte de productos agrícolas, beneficiando así tanto a los agricultores y guías turísticos.
Wang et al., (2023).	El transporte es uno de los factores impulsores importantes del desarrollo económico del turismo. El sistema de transporte turístico promueve los productos en diversos mercados, orienta su consumo y transforma el comportamiento de la demanda.
Fernández-Abila et al., (2024).	Los destinos turísticos rurales y pequeños, pobres en recursos experimentan una conectividad limitada; por lo que la planificación de su desarrollo turístico es un desafío debido a los conflictos territoriales entre los sectores empresariales.

Fuente: elaboración propia.

Recomendaciones para una movilidad eficiente

A partir de la identificación de las mejores prácticas e impactos del transporte sustentable implementadas en el ámbito turístico, se proponen algunas recomendaciones y líneas de acción en espera de que esta información incida en los debates y esfuerzos para modificar los patrones de movilidad y transitar hacia un turismo más responsable:

- Los planificadores deben considerar las necesidades de las comunidades para desarrollar una comprensión integral de sus comportamientos y adaptar mejor los servicios de transporte en función de su contexto. Tomar en cuenta los patrones de traslado y los comportamientos de movilidad con la intención de no excluir a ciertos segmentos; por ejemplo, a personas que no puedan manejar o que no cuenten con un permiso legal para conducir.
- Deben realizarse estudios a profundidad que permitan identificar aspectos tales como: comunidades o destinos con mayor necesidad de medios de transporte; la frecuencia del uso de transporte público o privado; la dependencia del automóvil privado (propio o rentado), y la distancia entre los atractivos y los servicios turísticos (hospedaje y alimentación).
- Fomentar hábitos de movilidad verde entre la comunidad anfitriona y los turistas o visitantes. Por ejemplo: desplazamiento a pie o en vehículos compartidos.
- Utilizar medios de transporte no motorizados, por ejemplo: renta de *scooters*, bicitaxis y bicicletas.
- Uso de transporte público. Para ello es necesario establecer políticas de precios coherentes para cada modo de transporte que apoyen ambos la movilidad sustentable y la inclusión social.

Para priorizar el tema de movilidad, los destinos turísticos deben basarse en soluciones inteligentes. Esto puede ser logrado con la innovación verde y el aumento de la eficiencia en los procesos de la gestión del suministro cadena, diseñando productos y servicios más ecológicos, y reemplazando medios de transporte convencionales con alternativas benignas. Esto ayudará a disminuir las emisiones y la rotación de recursos naturales; mejorar la percepción del turista sobre la calidad del servicio turístico, y aprovechar nuevas fuentes de crecimiento y prosperidad para la comunidad anfitriona.

Conclusiones

A nivel global, el sector turístico ha transformado numerosas regiones al generar fuentes de empleo e infraestructura, crear empresas, contribuir al desarrollo social, y mejorar la calidad de vida de las comunidades anfitrionas (Robinson et al., 2019). Sin embargo, también son evidentes los problemas espaciales y demográficos, el acceso desigual a los servicios básicos, las violaciones a las normas ambientales, y la falta de transporte.

El turismo es una actividad económica supeditada a los cambios en el entorno social, económico, ambiental, político, tecnológico y hasta de salud pública. Estos cambios pueden beneficiar o afectar de manera directa a la comunidad anfitriona, así como a las empresas o a cualquier otro *stakeholder* relacionado con la prestación del servicio. A nivel global, los cambios representan un desafío para la gestión de cualquier destino turístico, por lo que se deben priorizar mecanismos que garanticen el desarrollo de la actividad turística.

Aunado a lo anterior, la infraestructura proporciona las instalaciones y servicios para las actividades turísticas; así, los caminos para acceder a los atractivos turísticos también facilitan el comercio y el traslado de la población (Rosalina et al., 2023). El uso de medios de transporte sustentable o alternativos es un tema central para la urbanización turística. Sin embargo, la inversión en intervenciones puede no ser una medida eficiente por sí sola para abordar la desigualdad, rezago social o erradicar las privaciones.

Los resultados de esta investigación sugieren fomentar la movilidad y el uso de transporte sustentable en función del destino o atractivo turístico a visitar, para garantizar que los beneficios de la urbanización se compartan y que nadie quede rezagado. Esto subraya la importancia de las soluciones de transporte sustentable

para abordar los problemas ambientales de manera efectiva. Las políticas de urbanización y movilidad deben considerar las necesidades y particularidades de las comunidades, incluido el acceso igualitario a los servicios, los derechos de propiedad y la participación en la toma de decisiones para el mejoramiento de la infraestructura pública y el transporte; además de centrarse en los grupos vulnerables. Así, la investigación ofrece información valiosa para los responsables de la formulación de políticas, ya que indica que las intervenciones específicas en el sector turístico y de transporte podrían acelerar el progreso hacia los objetivos de desarrollo sustentable.

La urbanización contribuye al deterioro ambiental con el aumento significativo de la movilidad de las zonas rurales a las urbanas. Por lo que, los planificadores deben centrarse en alternativas sustentables. Además, el sector del transporte también influye en ese deterioro, por lo que es necesario introducir un sistema de transporte sustentable que facilite el traslado entre las zonas urbanas y rurales. En consecuencia, el uso de medios de transporte público alternativos en áreas urbanas puede traer una disminución significativa de la presión sobre el medio ambiente. Esto requiere iniciar diversas campañas de sensibilización medioambiental y promover el uso de energía eléctrica eficiente. Los destinos turísticos necesitan tecnologías innovadoras y vehículos híbridos eficientes, porque la movilidad de turistas fomenta el aumento de la demanda de transporte. Los formuladores de políticas públicas pueden influir en los residentes y turistas para adoptar un estilo de vida sustentable que incluya la movilidad verde y el uso de fuentes de energías renovables.

Referencias

- Bærenholdt, J. & Meged, J. (2023). Navigating urban tourism planning in a late-pandemic world: The Copenhagen case. *Cities*, 136: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104236>.
- Balsalobre-Lorente, D., Abbas, J., He, C., Pilar, L. & Shah, S. (2023). Tourism, urbanization and natural resources rents matter for environmental sustainability: The leading role of AI and ICT on sustainable development goals in the digital era. *Resources Policy*, 82: 1-13 <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103445>.
- Ben, N., Eljaoued, W., Bellamine, N. & Colomo-Palacios, R. (2019). Towards sustainable collaborative networks for smart cities co-governance. *International Journal of Information Management*, 56 (1): 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.11.005>.
- Department of Economic and Social Affairs, DESA (2019). World Urbanization Prospects The 2018 Revision. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>.
- Department of Economic and Social Affairs, DESA (2022). World Population Prospects 2022. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf.
- Fernández-Abila, C., Tan, R., Zhalimar, D., Paz, R., Arcala, R., Lizada, J., Monteclaro, H., Ricopuerto, J. & Salvador-Amors, A. (2024). Characterizing the sustainable tourism development of small islands in the Visayas, Philippines. *Land Use Policy*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106996>.
- Gates, S., Gogescu, F., Grollman, C., Cooper, E. & Khambhaita, P. (2019). Transport and inequality: An evidence review for the Department for Transport. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/953951/Transport_and_inequality_report_document.pdf.

- Hussain, S., Ahonen, V., Karasu, T. & Leviákangas, P. (2023). Sustainability of smart rural mobility and tourism: A key performance indicators-based approach. *Technology in Society*, 74. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102287>.
- Koens, K., Postma, A. & Papp, B. (2018). Is overtourism overused? Understanding the impact of tourism in a city context. *Sustainability*, 10 (12). <https://doi.org/10.3390/su10124384>.
- Li, C., Liang, Q., Lin, B. & Zhai, J. (2023). Landscape management and planning as a spatial organization method connecting CES supply-demand assessment and sustainable tourism development. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 44: 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100705>.
- Lin, Y., Zhang, F., Cai, G., Jin, Y., Zhang, L. & Ge, Y. (2023). Spatio-temporal pattern and driving factors of tourism ecological security in Fujian Province. *Ecological Indicators*, 157: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111255>.
- Liu, J., An, K. & Shawn, J. (2023). Threshold effect and mechanism of tourism industrial agglomeration on green innovation efficiency: Evidence from coastal urban agglomerations in China. *Ocean & Coastal Management*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106908>.
- Liu, J., Yue, M. & Tong, Y. (2022). The contribution of tourism mobility to tourism economic growth in China. *PlosOne*, 17 (10): 1-24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275605>.
- Lu, H., De Jong, M., & Ten-Heuvelhof, E. (2018). Explaining the variety in smart eco city development in China-What policy network theory can teach us about overcoming barriers in implementation? *Journal of Cleaner Production*, 196: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.266>.
- Ma, M. & Tang, J. (2023). Nonlinear impact and spatial effect of tourism urbanization on human settlement environment: Evidence from the Yellow River Basin, China. *Journal of Cleaner Production*, 428: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139432>.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023). Turismo responsable. <https://www.mincit.gov.co/minturismo/analisis-sectorial-y-promocion/turismo-responsable#:~:text=EI%20TURISMO%20RESPONSABLE%20es%20el,beneficio%20para%20las%20poblaciones%20locales>.
- Organización Mundial del Turismo (OMT). (s/f). El turismo en la Agenda 2030. <https://www.unwto.org/es/turismo-agenda-2030>.
- Palomo-Navarro, A. & Navío-Marco, J. (2018). Smart city networks' governance: The Spanish smart city network case study. *Telecommunications Policy*, 42 (10): 872-880. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.10.002>.
- Plumed, M., Gómez, D. & Martín, C. (2018). Planificación turística, promoción y sostenibilidad ambiental: el caso de España. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 8 (15): 7-17. <https://www.redalyc.org/journal/5045/504554927001/504554927001.pdf>.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). (2010). Impacto de Desarrollos Turísticos. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/430/1/mx.wap/impacto_de_desarrollos_turisticos.
- Rivera, A., García, A. & Herrera, C. (2023). Estrategia de turismo responsable. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/minturismo/analisis-sectorial-y-promocion/turismo-responsable/consultar-y-conocer-la-estrategia-de-turismo-respo/estrategia-de-turismo-responsable-2023.pdf.aspx>.
- Robinson, D., Newman, S. & Stead, S. (2019). Community perceptions link environmental decline to reduced support for tourism development in small island states: A case study in the Turks and Caicos Islands, *Marine Policy*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103671>.

- Rosalina, P., Dupre, K., Wang, Y., Putra, I. & Jin, X. (2023). Rural tourism resource management strategies: A case study of two tourism villages in Bali. *Tourism Management Perspectives*, 49: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2023.101194>.
- Secretaría de Turismo de España. (2021). Destinos turísticos inteligentes. Impulsamos un desarrollo de turismo sostenible. <https://www.segittur.es/destinos-turisticos-inteligentes>.
- Servicio Nacional de Turismo (Sernatur) (2016). Manual de destinos: elementos para la gestión de destinos turísticos. <https://www.sernatur.cl/wp-content/uploads/2018/11/Manual-de-Destinos-Elementos-para-la-gestio%CC%81n-de-destinos-turisticos-1.pdf>.
- Sodiq, A., Baloch, A., Alim, S., Sezer, N., Mahmoud, S., Jama, M. & Abdelaal, A. (2019). Towards modern sustainable cities: Review of sustainability principles and trends. *Journal of Cleaner Production*, 227: 972-1001. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.106>.
- United Nations, UN (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>.
- United Nations Secretary-General's High-Level Advisory Group on Sustainable Transport, (2016). Mobilizing Sustainable Transport for Development. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2375Mobilizing%20Sustainable%20Transport.pdf>.
- Wang, S., Zhou, Y., Guo, J. & Mao, J. (2023). Did high speed rail accelerate the development of tourism economy? -Empirical analysis from Northeast China. *Transport Policy*, 143: 25-35. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.09.004>.
- World Tourism Organization (UNWTO). (2023). Tourism's importance for growth highlighted in world economic outlook report. <https://www.unwto.org/news/tourism-s-importance-for-growth-highlighted-in-world-economic-outlook-report>.
- World Travel & Tourism Council (WTTC). (2023). Economic Impact Research. <https://wttc.org/research/economic-impact#:~:text=In%202022%2C%20the%20Travel%20%26%20Tourism,%2C%20only%2014.1%25%20below%202019>.
- Zamparini, L., Domenech, A., Miravet, D. & Gutierrez, A. (2022). Green mobility at home, green mobility at tourism destinations: A cross-country study of transport modal choices of educated young adults. *Journal of Transport Geography*, 103: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103412>.

Movilidad sustentable en ciudades intermedias. Caso de la ciudad de Cuenca, Ecuador

*Grace Guerrero Zurita
Eréndira Yaretni Mendoza Meza*

Resumen

El artículo plantea la problemática de la movilidad sustentable en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Destaca algunas opciones tomadas en su planificación, como la importancia de reducir emisiones, promover energías alternativas, planificar el espacio urbano considerando al peatón, y la necesidad de participación y evaluación de la formación y capital social para la planificación urbana. Se discute si las opciones de política pública tomadas en dicha ciudad son consistentes con la sostenibilidad. Para su realización, se parte de un análisis documental de los esfuerzos de planificación de la ciudad, informes públicos sobre las opciones tomadas. Para su contrastación, se emplean, principalmente, notas de prensa y entrevistas con autoridades y ciudadanos, además de tesis académicas que se han realizado en universidades de la ciudad, y la observación participante como usuarios del sistema de transporte. La revisión de la parte teórica se basa en artículos científicos sobre la temática de la movilidad sostenible.

Algunos apuntes teóricos

La movilidad sustentable emerge como una respuesta a los desafíos ambientales y urbanos contemporáneos, buscando transformar los sistemas de transporte para lograr un equilibrio entre la eficiencia, la equidad social y la preservación del medio ambiente. Se ha consolidado como un imperativo global, en respuesta a las crecientes preocupaciones ambientales y los desafíos asociados con la expansión de los sistemas de transporte. A través de iniciativas y acuerdos internacionales, se ha establecido un marco integral para abordar la necesidad de transformar la movilidad urbana y rural hacia prácticas más sostenibles. El Acuerdo de París, firmado en 2015, ha canalizado los esfuerzos internacionales en el cambio climático, que incluyen acciones específicas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, con enfoque creciente en la descarbonización del sector de transporte (United Nations, 2015).

Este contexto internacional refleja la convergencia de esfuerzos globales para tratar la movilidad sustentable, destacando la interconexión entre políticas nacionales, innovaciones tecnológicas y prácticas locales.

Desde la perspectiva de la economía ambiental, la movilidad sustentable estudia las externalidades negativas asociadas con el transporte, como la contaminación del aire y el cambio climático. Por lo que a través de este enfoque se busca desarrollar políticas que fomenten la sostenibilidad en el transporte (Khan y Anderson, 2018).

Dentro del proceso de Planificación Urbana y Diseño Sostenible, la movilidad sustentable se vincula estrechamente con el diseño inteligente de las ciudades y de espacios que promueven modos de transporte más sostenibles e interconectados, como caminar, andar en bicicleta y utilizar el transporte público. Esto sugiere examinar estrategias de densificación, creación de infraestructuras amigables con el peatón y la integración de modos de transporte para construir ciudades más habitables (Cerberero y Koclelman, 1997).

La integración de tecnologías emergentes, de acuerdo con Sperling y Gordon (2009), como vehículos eléctricos, la conducción autónoma y la movilidad compartida, juega un papel crucial en la movilidad sustentable. Lo anterior es crucial en cuanto a las innovaciones en la eficiencia del transporte, la reducción de emisiones y la mejora de la accesibilidad.

La movilidad eléctrica, de acuerdo con Sovacool y Nygaard (2018), ha emergido como una estrategia pertinente y necesaria a nivel internacional. Países como Noruega han liderado la adopción de vehículos eléctricos mediante políticas de incentivos y desarrollo de infraestructuras de carga, influyendo en la agenda global para reducir la dependencia de los combustibles fósiles en el transporte. Sin embargo, se considera que hay dimensiones sociales clave que se han descuidado en la transición de la tecnología hacia sistemas eléctricos (V2G), en especial respecto a las preocupaciones de los consumidores sobre la confianza y degradación de las baterías, los atributos ambientales y climáticos de la transición, el uso de recursos naturales, externalidades, modelos de negocio, justicia energética, resiliencia urbana, entre otras, que si no son investigadas pueden dificultar la transición social (Sovacool, Noel y Kempton, 2018, 17).

La promoción de modos de transporte activos, como caminar y andar en bicicleta, ha ganado terreno internacionalmente. Ciudades como Ámsterdam y Copenhague son ejemplos paradigmáticos de la transformación exitosa hacia entornos urbanos que fomentan la movilidad activa (Pucher & Handy, 2010). A escala global, se observa un cambio hacia sistemas de transporte público eficientes y sostenibles. Ciudades como Singapur y Hong Kong han implementado tecnologías inteligentes y planes de movilidad integrada para mejorar la accesibilidad y reducir la congestión (Newman & Kenworthy, 2015).

Dentro de este paradigma, la movilidad compartida (Shaheen, Cohen & Zohdy, 2016), incluyendo carpooling, ridesharing, y plataformas tecnológicas como Uber y Lyft, han influido en la transformación de los patrones de movilidad en diversas ciudades del mundo. Esto permite recalcar la importancia de la participación comunitaria y equidad.

La movilidad sustentable busca garantizar que las soluciones propuestas sean inclusivas y equitativas (Dill & Carr, 2003). La participación comunitaria se presenta como un componente esencial para comprender las necesidades locales y garantizar que las intervenciones beneficien a todos los estratos sociales.

Problema del tránsito a la movilidad sostenible

En la búsqueda de respuestas a los desafíos que plantea el crecimiento urbano, las ciudades intermedias se encuentran en la encrucijada de transformar sus sistemas de movilidad, abandonando paradigmas obsoletos y adoptando prácticas más sostenibles. Este imperativo responde a la incomodidad cotidiana del tránsito que ha dejado de ser una simple molestia para convertirse en una amenaza ambiental y social.

En el caso específico de ciudades intermedias como Cuenca, en Ecuador, con su rico legado histórico y sus antiguas infraestructuras urbanas, el desafío adquiere matices particulares, demanda soluciones innovadoras y adaptadas a sus características singulares.

Esta problemática, a su vez, incluye una serie de cuestiones, que se darán en medidas distintas en cada ciudad, dependiendo de su configuración, densidad, carga vehicular, calidad de vías, etcétera. Entre otros problemas del tránsito y movilidad, se incluye, por ejemplo, la falta de vías para la cantidad de vehículos, los embotellamientos, la contaminación por ruido, la contaminación del aire, la falta de señalización, el peligro en las vías, la accidentalidad, y un largo etcétera.

La importancia que se otorga actualmente al cambio climático ha ampliado esta problemática hacia aspectos medioambientales clave. Estos incluyen la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes locales, como el dióxido de nitrógeno (NOx) y las partículas. La disminución de estas emisiones es fundamental para mejorar la calidad del aire y abordar los impactos a nivel global y local. Además, es importante evaluar el grado de cumplimiento para los principales contaminantes en cada región, lo que proporciona información relevante sobre la calidad del aire y la necesidad de reducir las emisiones (Álvarez, 2019, pp. 5,7,11).

Otro aspecto que se destaca es el papel de las energías alternativas en la contribución del transporte a la movilidad sostenible y a la transición energética. Esto implica analizar el potencial de cada tipo de energía para reducir las emisiones y promover la eficiencia en los vehículos, así como evaluar los obstáculos para su despliegue masivo, incluyendo aspectos económicos e infraestructurales (Álvarez, 2019, p. 5).

El cambio a una movilidad sostenible no resuelve necesariamente los problemas de tránsito en un territorio determinado, puede tener impactos concretos respecto a la contaminación por ruido o la contaminación del aire, pero no necesariamente incide en la fluidez del tránsito o la demanda de espacio vial; aunque existen vehículos eléctricos de dimensiones reducidas, la mayoría ocupan un espacio similar a los vehículos de combustión. Alguna característica, como el que no se necesita cambiar de marcha –y ello supone una aceleración más rápida–, podrían tener algún efecto (Álvarez, 2019, p. 14). Así, se requieren medidas complementarias, como la mejora del servicio público, la introducción de ciclovías, o la reubicación de espacios de servicios para hacerlos más accesibles (p.e. la desconcentración de las zonas de alto tránsito, “ciudad de los quince minutos”, impulso a la movilidad a pie).

Se consideran cuatro tipos de vehículos eléctricos: con batería (BEV), híbridos enchufables (PHEV), híbridos (HEV), y de celda de combustible (FCEV) (Mazda, sf). Para que el cambio hacia una movilidad sostenible sea viable, se requiere un aumento importante en la oferta de vehículos eléctricos. Antes de Covid-19, en 2019, se tenía como proyección que, en el lapso de tres años, los fabricantes de equipos originales (OEM) pusieran en el mercado unos 340 modelos de vehículos eléctricos.

En Ecuador, al año 2023, el costo de esos vehículos se colocó en un rango de entre 30000 y 150000 dólares, que se considera todavía un carro caro, no competitivo frente a los vehículos convencionales de gasolina y diésel. La competitividad se debe considerar tanto en el costo de adquisición, como en los costos de mantenimiento (TCO, total cost of *ownership*) y en la autonomía de los vehículos (kilómetros recorridos sin recarga).

Otro aspecto que se ha criticado sobre el cambio de automotores eléctricos es la utilización de baterías de litio, que si bien pueden almacenar mucha energía en un espacio pequeño, y tiene una vida útil más larga que otras baterías, muestra una alta vulnerabilidad a cambios de temperatura, incluido el riesgo de inflamación; es más cara de producir y tiene una alta dependencia a recursos críticos, por lo que el impacto ambiental, de no producir gases de efecto invernadero, se compensa en el proceso de extracción y en su disposición final, que tienen costos ambientales altos (figura 1).

Figura 1. Huella de carbono y biocapacidad por persona, Ecuador



Fuente: presentación del Plan Integrado de Movilidad Urbana Sostenible, PIMUS, Guayaquil, 2023.

La huella de carbono en el Ecuador es relativamente baja, en especial si se compara con otros países. Para el año 2020, se calculó en 1.7 gha (hectáreas globales por persona); mientras la biocapacidad por persona estaba en 1.9 gha; lo que supone una posición positiva (es mayor la biocapacidad que la huella). Para ejemplificar con países que tienen un balance negativo, en Estados Unidos, la huella se calcula en 8 gba, frente a una biocapacidad de 3.4; en España, la biocapacidad está en 1.5, y la huella en 4.37 gha. (municipio de Guayaquil, 2023).

La ciudad de Cuenca, Ecuador

La ciudad de Cuenca es la tercera ciudad del Ecuador por su población, de aproximadamente 360000 habitantes en 2023. Las otras dos ciudades mayores, Quito y Guayaquil, superan los dos millones de habitantes. Se encuentra en el centro-sur del Ecuador, con una altura promedio de 2560 msnm (metros sobre el nivel del mar). Históricamente ha sido centro administrativo y de intercambio de servicios con su región, el austro, que implica a las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago. Vivió durante la colonia y gran parte de la época republicana con cierto aislamiento del eje de desarrollo del Ecuador (las ciudades de Quito y Guayaquil), lo que le ha llevado como región a impulsar procesos de desarrollo más independientes, como la integración del mercado interno, o la incorporación de nuevas actividades productivas. Por esto, la expresión de pobreza y extrema pobreza es menor en Cuenca que en otras ciudades con población similar (Bolay et al., 2001, p. 61ss).

Figura 2. Ciudad de Cuenca, Centro histórico y Valle



Fuente: MLS-Ecuador (sf). <https://mls-ecuador.com/es/noticias/cuenca-ecuador-hermosa-ciudad-andes-ecuatorianos-y-valle>.

Cuenca fue fundada en el año 1557, sobre las ruinas de la ciudad inca de Tomebamba (que a su vez se asentó sobre una ciudad cañari). Es reconocida como un espacio de importante cultura, con varias universidades locales, y un patrimonio cultural único. Se le considera un atractivo turístico importante por su centro histórico, su belleza arquitectónica, una serie de eventos culturales como la bienal de pintura, y la cercanía a vestigios arqueológicos prehispánicos (Bolay et al., 2001, p. 64).

La configuración de la ciudad, ubicada en un valle amplio, cruzada por cuatro ríos, y relativamente pocos desniveles, permite cierta fluidez en el tránsito, con excepción de las zonas centrales. El centro colonial se caracteriza, para fines del trazado vial, por calles estrechas que permiten un sólo sentido. Diversas intervenciones urbanas han achicado el espacio de vía carrozable, a favor de espacios para el uso peatonal o de bicicletas.

La relación de personas con vehículos es muy alta en la ciudad de Cuenca. En el censo, se cuentan 361524 habitantes en 2022, en el sector urbano, y 234577, en el sector rural; en total, 596101 habitantes en el cantón. En el mismo año, se matriculan en el cantón Cuenca 150047 vehículos, lo que daría un promedio de un vehículo por cada cuatro habitantes (3.97 para ser exactos). De los vehículos, 85.62 por ciento son de gasolina, y 13.48 por ciento de diésel, lo que implica que 98 por ciento de los vehículos son de combustión de hidrocarburos. Se cuenta en ese año con 1231 vehículos híbridos, y 71 eléctricos, incluyendo la flota de tranvías y vehículos de alta gama, como Tesla (cinco vehículos). De los 150000 vehículos, 47846 son automóviles, 42076 SUV, 26834 camionetas, 21759 motocicletas, 6063 camiones, 2337 furgonetas, 1343 autobuses (INEC, 2023).

Según Daniel Orellana, director de Llactalab (centro de investigación urbana), en el Cantón Cuenca “el crecimiento del parque automotor es cuatro veces más rápido que el crecimiento poblacional”. A este alto

número de vehículos se suman las obras de repavimentación, que llevan a que el cierre de carriles sea habitual, y que en recorridos específicos en horas pico se duplique y hasta triplique el tiempo de traslado (El Mercurio, 2022 c).

El tránsito en ciudades intermedias: los problemas de una ciudad antigua

A medida que crece una ciudad, las necesidades de transporte y movilización se modifican. De transportarse a pie o bicicleta, se pasa a la necesidad de contar con transporte urbano, los servicios privados (taxis, camionetas), hacia servicios públicos (buses y otros medios). Las ciudades intermedias (entre 100.000 habitantes y un millón), son las que mayor crecimiento han tenido en los últimos años en Latinoamérica.

Figura 3. Congestión en centro histórico



Fuente: El Mercurio, noviembre, 2022.

La dinámica será distinta en cada ciudad, dependiendo de su compacidad; es decir, el equilibrio en la ocupación física del territorio: una ciudad tiene mayor compacidad cuando sus componentes tienen mayor proximidad; es decir, sus usos y funciones urbanas se ubican en espacios cercanos, configurando lo que se denomina ciudad compacta (Díaz & Medina, 2019, p. 118s).

Otro elemento que diferencia las dinámicas de transporte y movilidad es la configuración física de las ciudades, pues será muy distinto en las ciudades de montaña que en valles más o menos planos, o en ciudades que se extienden hacia sus afueras por muchos lados o por un solo sector, por ejemplo, al existir barreras naturales a la expansión (un río, barrancos, o áreas naturales protegidas, o infraestructuras que requieren áreas de protección).

Ciudades intermedias, de 100000 o más habitantes, requieren de una más extensa red vial, dependiendo de cómo se produce su expansión, y la densidad de ocupación.

Las ciudades con centros históricos suelen añadir a esta problemática que sus vías son muy estrechas; esto produce incompatibilidad de sus vías con el tránsito carrozable, como las ciudades medievales europeas que sólo admiten peatones. En Hispanoamérica, el trazado de las ciudades coloniales sí permite el uso carrozable de las vías. Pero se encuentra con otros problemas, como el estado de las vías. Por poner una referencia, aunque se trata de una ciudad metropolitana, un dato de Bogotá, en 2008, señala que 19 por ciento de las vías arteriales, 44 por ciento de las intermedias y 56 por ciento de las locales, están en malas condiciones (Cámara de Comercio de Bogotá, 2008). Las ciudades intermedias suelen tener menos recursos para inversión en su estado vial. Esto lleva, en muchas ciudades de Latinoamérica, a modificar su concepción de la movilidad, para reducir el uso excesivo del automóvil, haciendo masivo el transporte público.

Cabe mencionar la aseveración de Díaz Tejeda, (2012, citado por Lozano y Pomaquero, 2021, p. 150), respecto a que en algunas ocasiones las decisiones son más como una forma de propaganda política, optando por soluciones vistosas y populares antes que por opciones sostenibles. La introducción de sistemas de trolevías, tranvías y trenes urbanos, buses eléctricos, pueden en muchas ocasiones caer en esa observación.

Otros elementos a considerar en las ciudades con un centro histórico importante son: poca disponibilidad de espacios de parqueadero, dificultades para la carga y descarga, tipo de pavimento (en el caso de empedrados y adoquines), entre otros que dificultan contar con sistemas de movilidad óptimos (Unesco España, 2016).

Una breve revisión de los planes de movilidad en la ciudad de Cuenca

La planificación pública del desarrollo en el Ecuador tuvo un impulso importante a partir de la Constitución del año 2008; tras esto, se crean al menos cinco normativas que generaron ejercicios casi permanentes de planificación: el Código Orgánico del Sistema de Planificación y Finanzas Públicas (en adelante Coplafip), que crea el sistema de planificación descentralizado; el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (en adelante COOTAD), que regula los gobiernos subnacionales, la Ley de Participación Ciudadana, todas del año 2010; luego, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Gestión y Uso del Suelo (Lootugs), y la Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales, estas dos últimas de 2016.

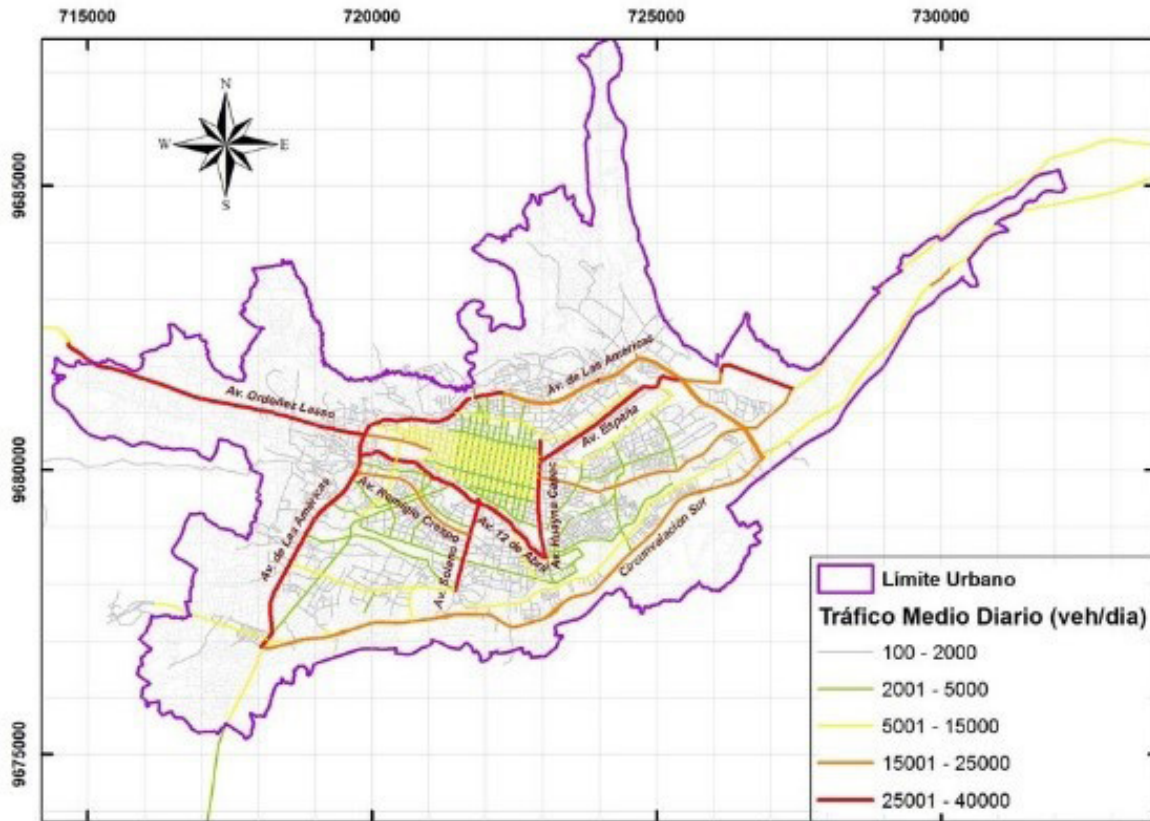
Por la aplicación de estas normativas, los municipios (y otros dos niveles territoriales que tiene Ecuador) se vieron en la necesidad de proponer Planes de Desarrollo Territorial al principio de cada periodo administrativo (que actualmente es cada cuatro años). Por las normas de elecciones en el país, a mitad del periodo de los gobiernos locales se produce el cambio de la administración nacional, lo que implica un nuevo Plan de Desarrollo Nacional, al que los planes locales deben alinearse. Esto supone que cada dos años, aproximadamente, es necesario un nuevo ejercicio de planificación territorial en las localidades.

La problemática del tránsito se incluye generalmente en los planes de desarrollo territorial. Pero en ciudades con mayores problemáticas ha dado lugar a planes específicos de movilidad. Quito tiene un Plan Maestro de Movilidad Sostenible 2022-2042; Guayaquil, al escribir este artículo, está en proceso de construcción de su Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible (PIMUS). El país cuenta con un Plan Estratégico de Movilidad que se plantea para los años 2013 a 2037 (MTOPE, 2016), y trata de la conectividad inter urbana, pero no desarrolla la problemática de tránsito dentro de las ciudades.

La ciudad de Cuenca presenta los planes de desarrollo de los años 2009, 2011, 2015 y 2019, 2022; pero

también dos planes específicos para la problemática de tránsito: el Plan de Movilidad y Espacios Públicos, en 2015; y el Plan de Electromovilidad, en 2023. Como antecedente, en 2005, antes de la normativa mencionada, ya se cuenta con un plan de movilidad para la ciudad: “Cuenca se mueve contigo”.

Figura 4. Vías principales y tráfico, Ciudad de Cuenca



Fuente: Plan de Movilidad y Espacios Públicos (2015).

El plan de 2015 propone atender la ordenación del territorio “hacia una nueva forma de leer las ciudades desde su componente dinámico, es decir, la movilidad sostenible”. (Municipalidad de Cuenca, 2015, p. 12), que es entendida como incorporar otras prioridades, como los modos no motorizados, en la solución al modelo de ciudad compacta que se tenía. También este plan supone al tranvía como base del programa de transportes, y piensa la ciudad hacia los 500000 habitantes, proyección que se supone alcanzaría en treinta años.

Entonces, el plan de movilidad es, principalmente, un plan que busca ordenar el territorio desde los barrios (microurbanismo) relacionándolos por las vinculaciones de proximidad. Esto supone promover la densificación desconcentrada (en los barrios, no sólo en el sector central), para lo cual debe resolverse desagregando los viajes cotidianos.

Otro elemento destacable es que se plantean los espacios públicos de la ciudad como soporte para la nueva movilidad, por el potencial de uso de los mismos en movilización peatonal o en ciclo vías. De esto se deriva “la visión del peatón como sistema estructurante de la ciudad” (Municipalidad de Cuenca, 2015, p. 13). De esta manera, planteará un modelo con tres claves:

1. La creación de una infraestructura personalizada para el peatón.
2. La utilización del concepto espacio público desde una visión sistémica.
3. La planificación inversa desde la proximidad hasta la distancia.

El tema del cambio climático no fue prioritario en el plan de 2015. Se menciona una sola vez en el documento, al hablar del efecto invernadero (Municipalidad de Cuenca, 2015, p. 219). Al analizar los datos de calidad de aire, se menciona que los promedios anuales de contaminantes atmosféricos no superaron los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud, lo que explicaría que no se priorice esa temática.

El plan de 2023 se centra en la electro movilidad como alternativa a los vehículos de combustión interna. En ese plan, la movilidad sostenible lo es principalmente desde el punto de vista ambiental y energético, en línea con la ampliación de temáticas de la que se hizo referencia en la primera parte de este escrito. El estudio fue financiado por el fondo TUMI de Alemania, especializado en la movilidad urbana.

Así, la comprensión de movilidad sostenible en el lenguaje del plan de 2015 es distinta de la del plan 2023, que se centra específicamente en el logro de metas de mitigación al cambio climático. Lo concreto de este punto implica que debe considerarse como un documento complementario que no reemplaza al plan estratégico; incluso, la cobertura de temáticas tratadas y de estrategias es mucho menor que la del plan de 2015.

Queda la inquietud de si el plan de 2023 se alinea con el anterior, o si podría implicar una política pública muy diferente. Es posible pensar que, de las tres claves mencionadas en el plan de 2015, el de 2023 profundiza, en cierto modo, la primera clave: la infraestructura personalizada para el peatón, aunque se mencione más el tema del cambio de vehículos (bicicletas, bicimotos, y otras formas de movilidad individual eléctricas, transporte público eléctrico).

Vías para peatones

El plan de 2015 subraya la idea de reestructurar la movilidad en torno al peatón. La integración del espacio público en el sistema de movilidad es la respuesta principal a ese deseo u orientación del plan, mejorando la estructura funcional de la ciudad.

La peatonización de espacios urbanos busca “brindar una mayor satisfacción al ser humano que reside, trabaja, visita y camina nuestras ciudades” (Brenes, 1995, p. 12), como parte de un enfoque que busca un ambiente apropiado, que permita “reencontrar al hombre y la ciudad, en un ambiente y escala adecuados al primero” (Brenes, 1995, p. 15). El objetivo de la peatonización no es limitar los carros en las calles, sino un equilibrio en el espacio urbano público, por lo que supone un reordenamiento del tráfico (Ídem, 27). Se mencionan como casos a considerar especialmente ciudades europeas, como Copenhagen (desde los años 60), y vías como Avenida de la Constitución y Plaza de la Alfalfa, en Sevilla. España; la calle Madero, en Ciudad de México, entre otras. (Lozano & Pomaquero, 2021, p. 156).

La peatonabilidad es baja en Latinoamérica. Según un estudio de 2011 de la CAF, en quince ciudades grandes y medianas, el total de vías destinadas a los peatones alcanzaba 50.5 km (kilómetros), de una extensión total de 245000 km de vías (CAF, 2011, p. 211). Esto, a pesar de que varias ciudades optaron por peatonizar calles, por motivos de turismo o para reducir la contaminación en el centro, dada la estrechez de algunas vías. En Ecuador hay algunos ejemplos emblemáticos: de peatonización completa (algunas calles del centro de Quito, como la calle Sucre); de ampliación y mejora de equipamiento en las veredas (centro de la ciudad en

Cuenca, Cotacachi y Otavalo, la avenida Amazonas y el sector Mariscal, en Quito), o de espacios peatonales junto a ríos (Malecón 2000 en Guayaquil, Malecón de Manta).

Aunque el Plan de Movilidad en la ciudad de Cuenca opta por la peatonización en el año 2015, un estudio de 2021 muestra que uno de cada tres ciudadanos todavía cuestiona la peatonización realizada, en especial por la afección o restricción al tráfico vehicular, y por las afectaciones económicas. Lo más problemático es que al segmentar la encuesta, la mayoría de los residentes frentistas muestran esa desaprobación, lo que implica que es mejor vista por residentes de otros lugares de la ciudad, o por turistas (lo que puede hacer cuestionar la segregación de la muestra). (Lozano & Pomaquero, 2021, pp. 162,163).

Las bicicletas urbanas y el circuito de ciclovías

Como segundo impulsor de movilidad sostenible se considera la utilización de bicicletas. Estas son vistas como un medio de transporte sostenible que ayuda a contrarrestar externalidades negativas como la congestión vehicular, la contaminación ambiental, la accidentalidad, la subutilización de espacios públicos, entre otros. (Álvarez et al, 2019, p. 10).

Figuras 5. Sistema público de bicicletas



Fuente: página web de la EMOV Cuenca, <https://www.cuenca.gob.ec/content/emov-ep>.

En el caso de Cuenca, ya en 1996, se implementó la primera ciclovía denominada Ciclovía Calle Quito. En el plan de 2005 se presentó un plan de vías para bicicleta; si bien la propuesta incluía un trazado de red urbana de carácter radial y algunos esquemas tipo de intervención el mismo no incidió en la generación de infraestructuras, excepto que, tras la reconstrucción de redes de alcantarillado, surge la iniciativa de contar con sendas de uso compartido. En 2012, se desarrolló un estudio de ciclovías urbanas, y del Sistema de Transporte Público en bicicleta (Estudio MOVERE). El plan de 2015 retoma estos estudios como elemento complementario al PMEP (Municipalidad de Cuenca, 2015, p. 186).

En el plan 2015 se expresa que se mantuvieron ocho reuniones con grupos de bici usuarios, ciclistas y organizaciones promotoras del uso de la bicicleta. Estos destacaron la situación de vulnerabilidad por la alta accidentalidad que se tiene, lo que implica concienciar en los demás usuarios sobre una cultura de respeto. Proponían, principalmente, una campaña de respeto vial, así como potenciar la red de ciclo vías y sendas de uso compartido con señalización, y desarrollar un sistema de transporte público en bicicleta (Municipalidad de Cuenca, 2015, 27).

Actualmente, hay unos 67 kilómetros de corredores para uso de bicicletas, pero no forman un circuito completo. En 2022, se anunció un plan de añadir 25 kilómetros, básicamente segregando en las vías existentes, con pintura y postes abatibles (El Mercurio, 2022 a).

El sistema de alquiler de bicicletas públicas fue introducido en el año 2019, con una flota inicial de 240 bicicletas, a las que se puede acceder mediante un sistema de membresía con uso de una tarjeta electrónica, en veinte estaciones de bicicletas compartidas. El costo por viaje es de 25 centavos. En una evaluación del año 2022, se menciona que el uso de las bicicletas disminuyó en la pandemia, que alcanzaría unos 4000 viajes por día, a unos 1000 en 2022 (El Mercurio, 2022 b).

El tranvía de Cuenca: una solución problemática

La posibilidad de contar con un tren de interiores en la ciudad de Cuenca se analizó desde el año 1999, cuando aparecieron las primeras propuestas. La discusión respecto a si usar un tranvía o un sistema de buses de tránsito rápido (Bus Rapid Transit o BTR, como los sistemas de Quito, Loja y Guayaquil, implementados en esa época), culmina durante la alcaldía de Paúl Granda, en el año 2011; el Gobierno Nacional estableció un mecanismo de financiamiento para estudios definitivos, a través del Instituto Nacional de Preinversión. En 2013, fueron firmados los contratos con la compañía francesa Alstom, para la provisión, instalación y puesta en servicio del sistema, la construcción del patio taller y la plataforma viaria, con deuda nacional y municipal (El Universo, 2013).

La construcción, que se esperaba se realizara en dos años, tardó casi siete en concretarse. El metro entró en funcionamiento en 2020. La obra se presupuestó en 230 millones de dólares, pero terminó costando cerca de 300 millones; el crédito francés al municipio es de 50 millones, que paga en cuotas anuales de cinco millones, con un monto estimado de operación de ocho millones anuales (Primicias, 2021).

El tan alargado periodo de construcción se debió a problemas de financiamiento, principalmente, dada las crisis fiscales del país, en especial a partir del año 2016; supuso también varios problemas en la ciudad, pues las obras paralizadas por casi cinco años hacían inviable el tránsito en las calles intervenidas, algunas de las cuales eran y son muy comerciales. Se calcula que al menos 200 negocios quebraron y una cantidad similar se mudó entre los años 2016 y 2020 (Primicias, 2020).

Figura 6. Tranvía de Cuenca



Fuente: Facebook de la Empresa de Movilidad. Fuente: Facebook de la Empresa de Movilidad.

Los estudios de base para el funcionamiento del tranvía suponían alcanzar cerca de cuarenta mil pasajes por día. Empezó con quince mil por día (Primicias, 2020), y en 2023 moviliza veinte mil por día (Primicias, 2023 a). Otros estudios señalan que el mínimo requerido es de sesenta y cuatro mil pasajeros por día, lo que es difícil considerando la población actual en el recorrido, por lo que habla de la necesidad de repoblamiento (El Mercurio, 2020). El actual alcalde considera que este sistema “nunca llegará a estar ni siquiera en el equilibrio económico” (Primicias, 2023 a). Para esto se deberían tener al menos cinco líneas de integración, y manejar un pasaje que cubra el valor real que en marzo de 2023 se calcula en 0.81 centavos. Ese monto es poco viable: en la práctica se empezó con un pasaje de 35 centavos como tarifa normal, y 30 para modalidad multi viaje (con integración), aunque en algún momento se llegó a cobrar un dólar: lo que implica un déficit importante, de algo más de 2.4 millones de dólares al año, que se cubre con subsidio municipal. Se han dado problemas para la provisión de repuestos, y una dependencia muy fuerte a los proveedores franceses (Primicias, 2023b) (Mercurio, 2020).

El funcionamiento del tranvía es totalmente eléctrico. Una breve crisis energética en el país, en el último trimestre de 2023, no implicó paralizaciones en el servicio, dado que se cuenta con cinco subestaciones propias del sistema.

A pesar de estos elementos, que podemos considerar negativos, la existencia del tranvía se considera un importante aporte a la movilidad, y en el plan de electro movilidad se aprecia cómo un elemento motiva a los cuencanos a impulsar un cambio aún más radical, hacia la electromovilidad. Sin negar el posible atractivo, o la facilidad e inclusión, los datos parecen indicar que Cuenca ha aumentado un problema a la situación del

tránsito, antes que se haya ganado en el transporte público, mientras en las otras ciudades del Ecuador se ha preferido sistemas de tránsito rápido.

Red de transporte público

Integración intermodal

La integración de los servicios de transporte en un territorio busca una movilidad global, con una interacción más eficiente entre los elementos de un sistema. Se asume que una red integrada de transporte supone una mayor calidad de servicios para el usuario, ampliando su capacidad de elección. La integración incluye la interacción de diversas formas de servicio de transporte, el fomento del uso, la facilitación de los desplazamientos, la conciencia del transporte en la cultura de los ciudadanos (Cordero, 2012, p. 10).

Los servicios de transporte en la ciudad de Cuenca son públicos y privados. La red de transporte público incluye a los tranvías y a las bicicletas públicas. Los servicios de buses y taxis son privados. La planificación del sistema de buses es responsabilidad del municipio, a través de la Empresa de Movilidad y de la Dirección Municipal de Tránsito, ente encargado de planificar el transporte público y comercial, lo que incluye las modalidades de transporte de carga, transporte escolar, transporte mixto y buses rurales.

Se cuenta en la actualidad con 35 líneas de buses, operadas por ocho cooperativas de transporte, que utilizan paradas obligatorias en sus recorridos. Con excepción del tranvía, no hay rutas o vías exclusivas para el transporte público (Municipio de Cuenca, 2024).

El principal mecanismo de integración multimodal, planteado en la ciudad de Cuenca, entre los diversos servicios, ha sido el tema de la integración espacial y tarifaria entre el servicio de buses con el servicio de tranvía.

Para la integración tarifaria en Cuenca se plantea el uso de un medio de pago común, la tarjeta de pago electrónico de transporte, denominada tarjeta “Movilizate”. Esta tiene cuatro categorías: gris (para turistas), roja o normal, azul, para estudiantes menores de 18 años, y amarilla o tarjeta de atención prioritaria. Puede ser utilizada en los servicios de bicicletas, buses urbanos y tranvía.

La integración espacial supone que unas líneas de buses cumplen la función de alimentadores del tranvía, lo que permitiría utilizar un solo pasaje si el tranvía cumple con la función de vía troncal. Como ya se señaló, esto se ha dado de manera incompleta, pues se planteaba contar con al menos cinco líneas de integración, lo que no se ha dado.

Otras formas de integración del transporte son la integración de la información, la integración con vehículos privados, las estaciones de intercambio, entre otras que no encontramos aún en la experiencia de la ciudad de Cuenca (Cordero, 2012, 31 ss).

La integración de lo rural

El Cantón Cuenca tiene 21 parroquias rurales, que forman parte del Cantón, sumando más de 234000 personas. Algunas de esas parroquias están prácticamente conurbadas. Hay que añadir algunos sectores periféricos de la ciudad que comparten características con el sector rural. Como indicativo de la importancia poblacional de la ruralidad de Cuenca, la población rural del Cantón Cuenca es mayor que la población de los trece cantones o municipalidades adicionales de la provincia de Azuay.

Las condiciones de accesibilidad y movilidad del sector rural y periférico son distintas que en la ciudad. Al tener una ciudad importante, los problemas de accesibilidad y movilidad de las periferias se vinculan con el acceso a los servicios que están concentrados en la urbe.

Gran parte del sector rural está fuertemente vinculado con la ciudad como espacio de trabajo, cumpliendo funciones residenciales, lo que implica una cantidad importante de flujos diarios. El transporte micro regional (suburbano) inició recorridos en líneas formales desde el año 1965, extendiéndose a las periferias, pero sólo tendría alcance en quince parroquias (Flores, 2021, pp. 123, 124).

No consta que el Plan de Movilidad de 2015, o el de electromovilidad de 2023, integren a las parroquias rurales. Ello supone territorios segregados y desigualdades en el acceso a las oportunidades de desarrollo, por lo que sería necesario que se atienda específicamente en la planificación de la movilidad (Flores, 2021, p. 40) Podría pensarse en varias alternativas de solución complementarias, como el mejoramiento de la red de transporte urbano-periférico, la integración del transporte público (tarifaria y espacialmente) (Flores, 2021, p. 219) y, al mismo tiempo, algunas formas de desconcentración de los servicios, que hagan innecesaria la movilización hacia la ciudad.

La electro-movilidad como eje de futuro

En marzo de 2023 la empresa municipal de movilidad (EMOP-EP) presentó el plan de electromovilidad para la ciudad de Cuenca (“e-cuenca”). Este esfuerzo se realizó con el apoyo de la Cooperación Técnica Alemana, y supuso generar un espacio de trabajo con varias universidades de la ciudad. En este plan se señala como justificativo que la electromovilidad es una alternativa sostenible al uso del vehículo de combustión, y que permite reducir la huella de carbono de la ciudad de forma progresiva, lo que permitiría alcanzar sus metas de lucha contra el cambio climático (EMOV-EP, 2023, p. 9).

La justificación de encontrar una alternativa sostenible al vehículo de combustión se señala como “vital para garantizar un futuro de equidad social, sostenibilidad ambiental y prosperidad económica” (EMOV-EP, 2023, p. 9). Este punto se da por hecho en el documento, no se aclara la relación que habría entre la electromovilidad y los fines mencionados.

Lo que sí se menciona como factores que favorecen el desarrollo de la electromovilidad son los lineamientos y compromisos de política pública, como un marco sólido para el desarrollo de esa movilidad sostenible. Se destaca que el uso del tranvía como medio de transporte público eléctrico más relevante ha permitido acercar la electromovilidad a la población cuencana, y servir como base de la movilidad en la ciudad (EMOV-EP, 2023, p. 8).

Las medidas propuestas en ese plan para fomentar la electromovilidad, a corto, mediano y largo plazos, son:

1. Estudio para el diseño de una red de electrolíneas en Cuenca.
2. Impulso del desarrollo de proyectos de I+D+i sobre electromovilidad.
3. Puesta en marcha de pilotos de bus eléctrico en Cuenca.
4. Generación de alternativas de financiamiento para el transporte público eléctrico, comercial y de micromovilidad.
5. Estudio para determinar la ubicación de un centro logístico urbano para el centro histórico con bajas emisiones.
6. Generación de una prospectiva energética de la demanda de distribución de energía eléctrica.

7. Financiamiento parcial de la compra de bicicletas eléctricas públicas.
8. Desarrollo de infraestructuras para el impulso de la micromovilidad eléctrica. (EMOV-EP, 2023, 26 ss)

Conclusiones

Hay una cultura de planificación y un interés de construir el futuro que se muestra en los planes de la ciudad de Cuenca, que se considera pionera en el Ecuador en la temática de planificación urbana y ordenamiento territorial. Destaca también en los últimos planes un esfuerzo de participación, principalmente de la academia, y en el caso de los planes de movilidad, también de colectivos de la comunidad. Sería importante en otras ciudades intermedias comprobar si existe la formación adecuada para la planificación urbana, y un capital social que facilite estos esfuerzos.

La opción por el peatón es un elemento de ordenación muy interesante, pero hay que ver cómo funciona en la práctica. Los avances son muy pobres en ese campo, luego de siete años de ejecución del plan (aunque cabe mencionar algunos imponderables como la paralización de la construcción del tranvía, la crisis de Covid-19, crisis políticas en el Ecuador, entre otras). Puede mencionarse también que hay una tendencia a expansión de la ciudad, lo que hace que los recorridos peatonales sean poco viables para mucha gente de las periferias.

Cuenca optó por un mecanismo troncal más caro y menos eficiente (el tranvía), en vez de los sistemas de tránsito exclusivo como en Loja, Quito y Guayaquil. La posibilidad real a mediano plazo de esta solución de autofinanciar su funcionamiento es restringida, lo que lleva a pensar en la sostenibilidad económica como limitante frente a la sostenibilidad ambiental. La carga en subsidios que asume el municipio es alta, en consideración a los recursos con los que cuenta la ciudad (que, por otro lado, son muy importantes en comparación con otras ciudades más pequeñas).

A pesar de los esfuerzos de planificación, se observa que la ciudad mantiene problemas de tránsito importantes, tanto en relación con su configuración (calles estrechas en el centro de la ciudad), como por las opciones de política pública (por ejemplo, la vía exclusiva para el tranvía supuso una descarga de vehículos hacia otras vías aledañas) y opciones de preferencia personal (el número de vehículos matriculados en el cantón aumenta, son principalmente vehículos de combustión). La no superación de estos problemas puede ahondar una percepción social de que la planificación no funciona, o que la opción de electro movilidad no necesariamente es la más adecuada para la ciudad.

No se visualizan esfuerzos concretos de integración con el sector rural del cantón en la planificación de la movilidad. Esto es problemático en un territorio en el que la población rural es relativamente alta.

La integración intermodal es también una perspectiva a realizar, de la que se pueden observar algunos avances, al contar con un mecanismo central (el tranvía) y con rutas establecidas para la movilidad peatonal y de ciclovías. Falta, principalmente, el trabajo de integración del tranvía con el sistema de transporte urbano, y la posibilidad de una integración tarifaria.

Cuenca asume el tema de electromovilidad, pero aparece más como moda o como aprovechar una oportunidad de cooperación, que como un tema de convencimiento ciudadano, como se refleja en el número de vehículos eléctricos; la transición social hacia electromovilidad requiere la atención de algunas preocupaciones de la sociedad.

El caso de la ciudad de Cuenca puede servir como motivación para otras ciudades de tamaño medio, que no han abordado aún esta problemática. La opción por el peatón, la orientación a la movilidad eléctrica, los

esfuerzos de planificación participativa de la movilidad; la conservación del patrimonio histórico, le dan a la ciudad cierto carácter de laboratorio, con propuestas innovadoras, con las que se intenta contribuir a la eliminación de la congestión, el fomento a la multi modalidad, la reducción de emisiones, la promoción de la equidad y la mejora del acceso al transporte público, entre otras opciones de movilidad. La expectativa por los resultados de esa planificación es alta. Deseamos a la ciudad éxito en la aplicación de estos planes, y que se convierta en un referente internacional, cuyo ejemplo aporte para que otras ciudades sean más sostenibles.

Referencias

- Álvarez, Eloy. (2019). Transición energética y transporte. El papel de las energías alternativas y las convencionales. En: *Economía industrial*, ISSN 0422-2784, N° 411, 2019 (Ejemplar dedicado a: vehículo eléctrico), pp. 21-34.
- Álvarez, Viviana; Boccardo, Miguel; Pedraza, José; Pérez, Carlos; Rueda, William. (2019) Análisis de las ciclorutas y su aporte a la movilidad sostenible. Universidad EAN, Especialización en Gerencia de Proyectos, Seminario de Investigación.
- Bolay, Jean-Claude; Rabinovich, Adriana; Cabannes, Yves; Carrión, Andrea. (2001). Informe final. Proyecto de monitoreo de ciudades intermedias PGU ALC / IREC-DA-EPFL.
- Brenes, Eduardo. (1995). Peatonización: una opción para el rescate humano. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Brenes, Eduardo. (2014). "El espacio peatonal y las ciclovías son necesarias para la vida urbana." *Ambientico*, no. 240-241, Feb.-Mar. 2014, pp. 25+. Gale OneFile: Informe Académico, link.gale.com/apps/doc/A370031415/IFME?u=anon~49390dbb&sid=googleScholar&xid=283bf248. Accessed 17 Jan. 2024.
- Corporación Andina de Fomento (CAF). (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Panamá.
- Cervero, Roberth; Kockelman, Kara. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219.
- Díaz, Myriam; Medina, Mariaelena. (2019). Concepto de compacidad urbana en el contexto de borde urbano. En: *El borde urbano como territorio complejo*. Editores: Fabián Aguilera y Fabián Sarmiento. Universidad Católica de Colombia.
- Dill, Jennifer; Carr, Theresa. (2003). Bicycle commuting and facilities in major U.S. cities: If you build them, commuters will use them. *Transportation Research Record*, 1828(1), pp. 116-123.
- El Mercurio. (2020). Regresa tarifa de un dólar del boleto para el tranvía; se mantiene 30 centavos con tarjeta. Nota de prensa, 26 de diciembre de 2020. <https://elmercurio.com.ec/2020/12/26/regresa-tarifa-de-un-dolar-del-boleto-para-el-tranvia>.
- El Mercurio. (2022 a). Prevén ampliar red de ciclovías en Cuenca. Nota de prensa, 21 de agosto de 2022 <https://elmercurio.com.ec/2022/08/21/preven-ampliar-red-de-ciclovias-en-cuenca>.
- El Mercurio. (2022 b) Bici Pública busca recuperar registros de usuarios y viajes prepandemia. Nota de prensa, 27 de diciembre de 2022. <https://elmercurio.com.ec/2022/12/27/uso-bici-publica-usuarios-demanda-viajes>.
- El Mercurio. (2022, c) Tres razones que explican el caos vehicular en Cuenca; 14 de noviembre 2022 <https://elmercurio.com.ec/2022/11/14/razones-caos-vehicular-cuenca>.

- El Universo. (2013). Obras para tranvía de Cuenca ya se ejecutan. Nota de prensa, 3 de julio de 2013. <https://www.eluniverso.com/noticias/2013/07/03/nota/1110576/obras-tranvia-cuenca-ya-se-ejecutan>.
- EMOV-EP. Empresa Pública de Movilidad de Cuenca (2023) Plan de electromovilidad de Cuenca.
- Flores Juca, Gonzalo (2021). Movilidad sostenible en las zonas periféricas de Cuenca, Ecuador: Un enfoque en la integración urbano-rural (Tesis doctoral). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). Base de datos de transporte en Ecuador.
- Kahn, Mathew; Anderson, S. T. (2018). The economics of green cities. . *Journal of Economic Perspectives*, 32(2), 173-194.
- Lozano, Germán; Pomaquero, Patricia. (2021). El paradigma de la peatonización; estrategias para la implementación de proyectos aplicados en el centro histórico de Cuenca-Ecuador. En: *Imaginario Social*, vol 4-2-2021. Universidad de Guayaquil.
- MAZDA (sf) Tipos de vehículos eléctricos. En <https://www.mazdaespanol.com/centro-de-recursos-3jn3i/tipos-de-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos>.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). (2016). Plan estratégico de Movilidad 2013-2037
- Municipalidad de Cuenca. (2015). Plan de Movilidad y Espacios Públicos.
- Municipalidad de Cuenca. (2024). Transporte Público <https://www.cuenca.gob.ec/node/616>.
- Municipio de Guayaquil. (2023). Ecología, sostenibilidad y movilidad. Presentación dentro del Plan de capacitación para la construcción del Plan Integrado de Movilidad Urbana Sustentable del Cantón Guayaquil.
- Newman, Peter; Kenworthy, Jeffrey (2015). *The end of automobile dependence: How cities are moving beyond car-based planning*. Island Press.
- Primicias. (2020). El tranvía de Cuenca: el alto precio de una promesa de modernidad. Nota de prensa 27 de febrero de 2020. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/tranvia-cuenca-precio-promesa-modernidad>.
- Primicias. (2021). Tranvía de Cuenca: una pieza suelta que no consigue integrar a la ciudad. Nota de prensa. 16 de febrero de 2021, <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/tranvia-cuenca-pieza-suelta-integrar-ciudad-transporte>.
- Primicias. (2023a). Tranvía de Cuenca cumple tres años sin integración y con deudas por pagar. Nota de prensa, 25 de septiembre de 2023. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/tranvia-cuenca-pendientes-operacion-deudas>.
- Primicias. (2023b). Tranvía de Cuenca necesitará más dinero para cubrir gastos de 2023. Nota de prensa 23 de marzo de 2023.
- Pucher, John; Dill, Jennifer; Handy, Susan. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. *Preventive Medicine*, 50, S106-S125.
- Shaheen, Susan; Cohen, Adam; P., & Zohdy, I. (2016). *Shared mobility policy playbook: Lessons from cities worldwide*. Transportation Sustainability Research Center, University of California, Berkeley.
- Sperling, Daniel; Gordon, Deborah. (2009). *Two billion cars: Driving toward sustainability*. Oxford University Press.

- Sovacool, Benjamin; Nygaard, Ivan. (2018). Vehicle-to-grid (V2G) or grid-to-vehicle (G2V)? Assessing the impact of regulatory, economic, and social factors on electric vehicle deployment. *Energy Research & Social Science*, 35, 193-205.
- Sovacool, Benjamin; Noel, Lance; Kempton, Willet (2018) The neglected social dimensions to a vehicle-to-grid (V2G) transition: A critical and systematic review. *Environmental Research Letters* 13(1) January 2018
- Unesco España, (2016). El Libro Blanco sobre la Movilidad en las Ciudades Patrimonio de la Humanidad de España: la problemática del tráfico en los cascos históricos y sus posibles soluciones. Grupo de Ciudades Patrimonio de la Humanidad de España (GCPHE).
- United Nations. (2015). United Nations Framework Convention on Climate Change. Obtenido de Paris Agreement: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>.

Transición tecnológica en la movilidad, imprescindible para ciudades sustentables

*Roberto Morales Estrella
Eduardo Rodríguez Juárez
Leandro Olgún Charrez*

Introducción

En el *Texto del Balance Global* (GST-Global Stocktake), considerado el centro de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP28), existe un cambio sustantivo que se refiere a pasar de “reducir tanto el consumo como la producción de combustibles fósiles” a la de hacer la transición (Sengupta, 2023). Se trata de un concepto de tal magnitud que contempla la dimensión tecnológica y la energética hacia un nuevo modelo económico con ciudades que cuenten con una movilidad sustentable.

El cambio climático representa una problemática de alta complejidad, generada por una multidimensionalidad de fenómenos y diversos de factores entrelazados, aún no claramente determinados, que convergen e influyen recíprocamente en distintos grados; sus interrelaciones son contingentes y, por ende, difíciles de predecir (Mosqueira, 2023). ¿Acaso se pudo prever cómo iba a tocar tierra en Acapulco el huracán Otis?

La naturaleza multidimensional del cambio climático es porque surge como un problema sin precedentes, con la capacidad de distorsionar las estructuras sociales, económicas y ambientales a nivel global (Joseluis, 2022).

Tal magnitud y complejidad del cambio climático, requiere ir más allá de la búsqueda y aplicación de políticas y medidas de mitigación, para centrarse en el desarrollo de las tecnologías necesarias en las naciones más rezagadas, de tal forma que la sustentabilidad debe superar el concepto central del mercado, de privilegiar la rentabilidad. La prioridad no debe ser el mercado, sino la sustentabilidad para lograr el bienestar de la población, sobre todo la más vulnerable, que generalmente son las que menos contaminan, pero son las que más padecen los impactos de los fenómenos climáticos, como las olas de calor, huracanes, inundaciones, sequías, tormentas invernales y pérdida de la biodiversidad.

Un elemento clave no abordado lo suficiente fue el financiamiento, dado el fracazo en el cumplimiento del acuerdo establecido en la COP21 (United Nations Climate Change, 2015), celebrada en París el 12 de diciembre de 2015, al que llegaron 195 naciones, respecto a los cien mil millones de dólares anuales, como hoja de ruta a cumplir en el año 2020, en apoyo a las naciones más vulnerables frente a los efectos del cambio climático, que según Christiana Figueres, secretaria ejecutiva de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), fue un acuerdo de solidaridad con los más vulnerables, pero no se ha cumplido. Se alienta a las naciones desarrolladas que lo cumplan a más tardar en 2025, sin embargo el rezago ya es evidente.

Con base en la propuesta teórica del autor BB (2023), el papel de la tecnología y la energía han sido fundamentales en la existencia de la humanidad y del capitalismo, ya que, sin la tecnología, ni la energía, no hubiera sido posible la conquista de grandes territorios, como el sometimiento de las poblaciones originarias de lugares conquistados y la depredación de sus recursos.

Se confirma lo expresado por José Ortega y Gasset en 1933, al decir “que sin la técnica el hombre no existiría ni habría existido nunca” (Gasset, 2000); en consecuencia, el desarrollo de las tecnologías climáticas y las ecotecnologías, no deben estar sometidas al mercado, ni sujetas a la dinámica de la tasa de retorno de la inversión que, en la lógica capitalista, debe ser superior a la tasa de interés y a la inflación.

De esta manera, la transición tecnológica de los procesos industriales y, por ende, de la movilidad, que es uno de sus resultantes, debe estar sujeta al beneficio social antes que al interés del capital.

Una economía de la naturaleza

Sin naturaleza, el ser humano y toda vida biológica no existiría, por ello es trascendental que a toda actividad fundamentada en la generación de los valores de uso, que satisface las necesidades humanas, y el de cambio, que se refiere al intercambio en los espacios de los diversos mercados de los valores de uso, se le agregue el valor de la naturaleza, que es la sustentabilidad; una economía verde donde todas las actividades productivas y sociales sean sustentables. Esto es llevar la economía del conocimiento, donde el eje articulador de todos los procesos es el conocimiento científico, a la economía de la naturaleza o economía verde, donde el eje articulador sea la sustentabilidad basada en el conocimiento científico que guíe al desarrollo tecnológico hacia la sustentabilidad y la inclusión. Fortalecer a la naturaleza que sustenta nuestras vidas, nuestros medios de vida, y dar pauta para la existencia de los mercados, cuya regulación debe estar sujeta a la sustentabilidad y al sentido social, no a la alta rentabilidad como único propósito, sino despojarlos de toda especulación. Toda ruta hacia el neto cero debe incluir la protección y restauración de la naturaleza (Hansen & Josue, 2023).

La economía verde (Enelx, 2024) tiene en el centro de su práctica generar los valores económicos como resultado del conocimiento, además de la práctica del desarrollo sostenible a través de la inversión pública y privada, así como la extranjera directa, para construir una infraestructura sustentable, social y ambiental. Su crecimiento se fundamenta en baja generación de CO², de forma tal que la producción de bienes y servicios no sea en detrimento del medio ambiente; sólo así se estaría en la posibilidad de reducir las vulnerabilidades ante el cambio climático, además de generar bienestar social con mayor equidad.

En la llamada economía verde surgen los mercados de carbono (PNUD, 2022). Se trata de espacios de intercambio de créditos de carbono que se aplican para compensar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de diversos organismos que eliminan o reducen emisiones de estos gases. Existen dos tipos de mercados de carbono: el Mercado de Cumplimiento Regulado (CCM), cuya obligatoriedad puede ser de nivel internacional, nacional o regional, se regula la comercialización y las asignaciones de carbono, su papel en la reducción de emisiones de GEI ha ido incrementándose; al otro tipo se le conoce como Mercado Voluntario de Carbono (VCM), un espacio donde organizaciones, empresas e individuos ofrecen y demandan créditos de carbono de manera voluntaria, es un mecanismo para impulsar la realización de proyectos de neutralización-compensación de emisiones de carbono (Azil et al., 2021).

Los mercados de carbono han venido adquiriendo una gran importancia, por ejemplo, el valor del CCM supera los cien mil millones de dólares. La importancia ha sido resultado del interés de grandes inversionistas

como bancos, sociedades financieras, compañías de seguros, administradoras de fondos, etcétera, mejor conocidos como inversionistas institucionales. La importancia adquirida está en función del interés de los inversionistas, ya que pueden comprar créditos de carbono en el mercado voluntario (VCM) ya sea para compensar o neutralizar sus emisiones, o para realizar proyectos de eliminación de las mismas.

Los mercados de carbono son un factor de gran relevancia para impulsar la canalización de financiamientos hacia el neto cero, claro no es gratuito, porque los inversionistas buscarán siempre la rentabilidad de su capital, pero están en la ruta del neto cero. A la par de las inversiones y proyectos que representan los mercados de carbono está la descarbonización de las economías nacionales y la gestión de los riesgos de las inversiones, por ejemplo, una de cada cinco de las dos mil grandes empresas que cotizan en el mercado de valores, ya han adoptado el neto cero en sus operaciones.

El mecanismo de los mercados de carbono puede enfocarse en el impulso de soluciones basadas en la naturaleza, como el rescate del carbono azul, que se refiere a los ecosistemas costeros y de océanos reguladores naturales del clima, puesto que los mares cubren 72 por ciento de la superficie del planeta, y capturan 40 por ciento del carbono que se emite por las actividades humanas, tanto las industriales como las comerciales y sociales.

La depredación de zonas de manglares para instalar complejos turísticos impactan negativamente a la sustentabilidad de las diversas zonas, como el caso de Calica Vulcan, que extrae piedra caliza en las costas del estado de Quintana Roo, México; además de la sobre pesca de diversas especies, ya sea por falta de control de prospectiva científica y gestión de la diversas pesquerías, o por la pesca ilegal de nacionales y de embarcaciones extranjeras, que aplican artes de pesca inadecuada y ponen en peligro de extinción a las diversas especies animales y otros recursos marinos, sin dejar de mencionar los fenómenos naturales como el del niño y el sobrecalentamiento de los mares. Para rematar, la invasión de plásticos en los océanos.

Ante el tamaño y la complejidad de lo avanzado de la contaminación, los financiamientos que se puedan generar por medio de los mercados de carbono son insuficientes, sin embargo, no dejan de ser una opción que hay que intensificar.

Negocios verdes

Una economía verde requiere de negocios verdes, es por ello que financiar el desarrollo de tecnologías climáticas empresariales es fundamental, sobre todo porque la reducción de 90 por ciento de los gases de efecto invernadero (GEI) debe provenir de tecnologías comprobadas (McKinsey Sustainability, 2023) y escalar lo suficiente en 2030. La visión de Marcin Scigan, director de Asociaciones de la COP28, se basa en el programa GBB100 (Harry, 2023) –iniciativa de aceleración de negocios verdes entre McKinsey & Company con la COP28– mediante el que se impulsará la creación de cien empresas verdes, cuyo despliegue será con base en tecnologías climáticas.

El programa GBB100-COP28 (McKinsey Sustainability, 2023) está orientado a crear empresas verdes emergentes que aborden la crisis climática con el propósito de construir un futuro más sostenible. El programa de acelerador consiste en identificar a emprendedores innovadores en un mapa de ruta cuyo objetivo sea lograr 1.5 grados de temperatura y hacia el neto cero, lo que implica que las empresas vayan más allá de la descarbonización para consolidar una generación de empresas verdes con miras de aprovechar un mercado de doce billones de dólares en productos y prácticas de mercado sustentables.

Las actividades que contempla el GBB100-COP28 son: la realización de cumbres de creación de empresas ecológicas escalando y acelerando proyectos que impliquen desarrollo de tecnologías climáticas; el secuestro de carbono en diversas regiones, el neto cero de emisiones CO2 significa recortar las emisiones de gases de efecto invernadero hasta hacerlas nulas; apoyar la producción de acero libre de carbono utilizando hidrógeno verde, el cual también forma parte de un programa específico que busca la participación de los actores gubernamentales; también se incluye como actividad estratégica la producción de equipos originales (OEM) para vehículos eléctricos y lograr avances sustantivos en movilidad sustentable.

Movilidad consustancial al ser humano

Hace más de diecisiete millones de años los primeros homínidos empezaron a cambiar su forma de desplazarse: de las ramas a caminar, evolucionaron y se movieron sobre sus patas traseras para conseguir sus alimentos y protegerse de los cambios de clima; se hicieron nómadas en el año 20000 a.C., condición que se extendió al periodo de 18000 a 10000 a.C.; más adelante, los Homo sapiens vivieron varias veces por año en aldeas provisionales. Cualquier entidad sedentaria, por antigua que se pretenda, nace siempre de un pueblo nómada (Jacques, 2010), por lo que la capacidad de movilidad es fundamental para la sobrevivencia de los humanos, hoy todavía lo vemos en aquellos grupos que siguen las corridas de los peces y las dinámicas agrícolas, incluso los grandes movimientos migratorios que se han convertido en todo un desafío para el capitalismo, que se fundamenta en el mercado generando grandes brechas de desigualdad y pobreza.

La movilidad espacial o capacidad de desplazarse de diversos grupos humanos para buscar mejores condiciones de vivir, tiene una condición fundamental para la sobrevivencia de la especie humana; para Vicent Kaufman (2002), la movilidad de la especie humana es su capacidad adquirida, en un largo proceso evolutivo, para trasladarse de un lugar a otro en busca de satisfacer sus necesidades. La movilidad es un proceso de desplazamiento físico que impacta en sus actividades diarias y sus patrones de conducta social.

Conforme ha incrementado la población, también ha crecido la necesidad de desplazarse espacialmente, al grado que en medio de esta vorágine tecnológica y de hiperconectividad, hoy se pueden observar cuatro tendencias fácilmente identificables: conducción autónoma, conectividad, electrificación y movilidad compartida, lo que ha implicado una transición tecnológica en todo tipo de movilidad, sobre todo en la industria automotriz.

Las estrategias se han venido diversificando, como la filosofía base cero, que va más allá de la reducción de costos para construir una visión hacia la búsqueda de nuevas tecnologías en todas las dimensiones de movilidad: aérea, micromovilidad, bicicletas, tradicionales o eléctricas, y *scooters* eléctricos, que se están ampliando con nuevos diseños y mejores aditamentos. También se ha modificado el uso del transporte masivo, o el uso de vehículos eléctricos que también están marcando una tendencia creciente, aunque con algunos contratiempos en la regulación y en los desarrollos tecnológicos, sobre todo por el tipo de baterías y la infraestructura pública para facilitar la electromovilidad.

La transición tecnológica en los procesos industriales, sobre todo en los diversos sectores de movilidad, requieren de inversiones y conocimientos especializados que no están al alcance de las economías tecnológicamente rezagadas, el gran cuello de botella sigue siendo el financiamiento, ya que las naciones tecnológicamente desarrolladas y las transnacionales tecnológicas sólo tienen una visión de mercado, por lo que la transferencia financiera para las economías vulnerables es en forma de crédito, traducido en más deuda y rezago.

La rápida urbanización sujeta a una escasa e ineficiente planificación y la priorización del transporte individual, es una realidad en ciudades de naciones con economías emergentes; los resultados han dejado mucho que desear, tanto en lo que al medio ambiente respecta, como en la salud de los habitantes. Así es cuestionable el desarrollo humano y social de los que viven en estas ciudades, situación que hace necesaria la integración de los diversos sistemas con que cuentan. La ruta a diseñar e instrumentar es la construcción y desarrollo de urbes más compactas, con infraestructuras y herramientas tecnológicas suficientes, para aprovechar la hiperconectividad que se está intensificando cada día más. Serían ciudades inteligentes, es decir, conectadas, que requieren un desarrollo orientado al transporte desde una estrategia territorial, articulando los diversos espacios, ya sean habitacionales e industriales, orientados a la educación, la ciencia, la tecnología, a las áreas comerciales y de esparcimiento. El desempeño de estas áreas necesita de transporte de todo tipo, colectivo o individual, con espacios destinados a estacionamientos, lo que hace imprescindible diseñar y operar sistemas de movilidad eminentemente sustentables, previendo que los espacios descritos no sean generadores de gases efecto invernadero (GEI).

Resulta oportuno mencionar que la aportación de modelos económicos sustentados en la preservación del patrimonio natural y de los servicios ecosistémicos (Samaniego, Toro, Jimenez, & Estefano, 2022) están basados en una economía circular, para superar la economía lineal generadora de desechos, y lograr que los materiales y productos permanezcan el mayor tiempo posible mediante procesos de reutilización y reciclaje, llevando a cabo el análisis del ciclo de vida del producto, desde la obtención de las materias primas, hasta su consumo final, con el objetivo de evitar la generación de desechos, lo más que se pueda, e impulsar la preservación de la naturaleza con la disminución de las emisiones de GEI.

Desarrollar ciudades inteligentes (Wim, 2012) es incorporar componentes clave a la tecnología en toda su gran diversidad, a un plan urbanístico o de una ciudad que vea a la tecnología con un enfoque holístico orientado a los servicios para revitalizar a las ciudades, que supere el registro de rezagos en todo su desempeño, fundamentalmente en la movilidad, ya que se convertiría en cuellos de botella con emisiones de GEI si no se logra un escalamiento en su desarrollo tecnológico y operativo sostenible.

Respecto a la transformación digital, las naciones, sobre todo las más desarrolladas, registran avances inusitados. En economías como las latinoamericanas se requiere adaptar la inteligencia artificial (IA) para atender las demandas tecnológicas de los sectores económicos y sociales (Jimenez, 2023), en virtud de que la transformación digital se sustenta en tres pilares esenciales: la conectividad inalámbrica, la eficiencia energética y la inteligencia artificial, que son la base de la producción, diversificación y aprovisionamiento de microprocesadores para el internet de las cosas (IoT), pero sobre todo para dar soporte al desarrollo tecnológico a los sistemas de movilidad.

Urbanismo y movilidad Sostenibles

Para superar los estragos que provocan los efectos del cambio climático, es necesario plantearnos cómo vivimos, dónde vivimos, cómo producimos y cómo nos trasladamos a los diferentes puntos de las ciudades donde transcurren nuestras vidas. También es importante cuestionarnos acerca de cómo nos multiplicamos, cómo van envejeciendo las poblaciones, como la europea y la japonesa.

Las urbes siempre han sido el atractivo de las migraciones rurales. El flujo poblacional, sin una planificación socioeconómica, congestiona a las ciudades, donde los migrantes piensan que van a encontrar mejores

condiciones de vida. En la mayoría de las veces, son espejismos que se traducen en informalidad laboral, cinturones de miseria y las llamadas ciudades perdidas, debido a la falta de empleo y a la incapacidad de los modelos económicos neoliberales dominados por la dinámica de los mercados y las escasas oportunidades de formación de talentos que podrían ser absorbidos por las actividades económicas. Estas últimas están en constante lucha por lograr mejores posicionamientos de liderazgo en los mercados.

El modelo económico neoliberal, que ha dominado siempre, ha priorizado el lucro por encima del medio ambiente y de los valores sociales y humanos. Las urbes han crecido y se han multiplicado sin una lógica sustentable, aprovechando económicamente los recursos naturales y depredándolos. Aplican tecnología ajena a todo sentido ambiental, con el único afán de lograr el máximo beneficio financiero y de acumulación, sin ningún criterio de sustentabilidad. Esto ha llegado a un punto de inflexión donde, o logramos el neto cero o caminaremos hacia la extinción de la humanidad.

El cambio climático es un fenómeno multidimensional, un problema altamente complejo. Sus impactos son tan profundos que transforman las estructuras económicas, políticas y sociales. Afecta la biodiversidad, desde el comportamiento de la flora y la fauna hasta la disponibilidad de recursos naturales, su escasez o extinción. Los cambios o mutaciones afectan los patrones alimentarios y el comportamiento social y económico (Samaniego y otros, 2022).

Como ya es sabido, muchos de los cambios climáticos y sus efectos son irreversibles, por lo que las acciones que se tomen serán insuficientes, sobre todo si los gobiernos y los agentes económicos se tardan aún más en aplicar las medidas de mitigación. Ante tal situación, la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), en coordinación con la organización denominada Carnegie Climate Governance Initiative (C2G) y la Fundación Torcuato Di Tella (FTDT), realizaron estudios para implementar las metodologías de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y de las tecnologías para la remoción de dióxido de carbono (RDC), articulándolas a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

Fundamentalmente, se enfocaron en el Objetivo 11 que se refiere a “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2023); en su meta 11.2 establece:

De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público. Prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de mayor edad.

Con base en lo anterior, la CEPAL articuló lo que denominó el Gran Impulso para la Sostenibilidad, una serie de políticas ambientales, sociales, económicas y tecnológicas, que promuevan un modelo de desarrollo donde la tecnología, si bien debe favorecer a la alta productividad, no debe ser en detrimento del medio ambiente, de los recursos naturales y de la biodiversidad, por el contrario, debe ser un factor estratégico que facilite la resiliencia climática de las diversas naciones de América Latina. En este esquema de desarrollo resiliente de la sustentabilidad, se identifican ocho sectores estratégicos, entre los cuales está el de Movilidad sostenible y los espacios urbanos; los otros sectores que forman parte de la ecuación de este modelo de desarrollo sustentable y resiliente climático son: transformación de la matriz energética con base en energías renovables; la revolución digital para la sostenibilidad; la industria manufacturera de la salud; la industria de la ciudad; la bio-economía, así como las soluciones basadas en la naturaleza, la economía circular y el turismo sostenible.

En voz de especialistas como Dolores Barrientos Alemán, representante de México ante el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PUMA) (OCDE, 2018), desde 2011, tanto a nivel global como en México, 70 por ciento de las emisiones de GEI es por el transporte y por el cómo se genera la electricidad (Garduño, 2021). Según estudios realizados por la ONU (Boyd, 2022), la contaminación atmosférica provoca la muerte prematura de nueve millones de personas anualmente.

La masa vehicular en el mundo alcanza la cifra de mil millones 320 mil unidades que usan combustibles fósiles (Valtierra, 2019). La transición al uso de combustibles renovables, no es ni rápido ni fácil, dado que implica una transición tecnológica, económica y social. Dependerá, en gran medida, del cambio de las infraestructuras tecnológicas de las plantas de la industria automotriz y de las cadenas de valor, es decir, los insumos y las prácticas de mercado.

La industria automotriz mexicana es una de las principales en el mundo, dado que alcanza el séptimo lugar a nivel global y el primer lugar en América Latina. Según datos de INEGI (2024) las ventas de vehículos ligeros, en diciembre de 2023, fue de 142959 unidades, mientras que, en diciembre de 2022, la cifra llegó a 123282 unidades, representando un avance de 115.9 por ciento. La venta anual en 2023 ascendió a 1361433 unidades; mientras que, en 2000, las ventas sumaron 820413. Si bien en 2020 la cifra cayó a un poco más de 950000 unidades, fue por los impactos de la pandemia de Covid-19. Estas cifras evidencian la dinámica del mercado de vehículos ligeros en México, que representa una demanda de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel.

El autotransporte es el sector que genera 23.4 por ciento (Persis, 2020) de gases de efecto invernadero equivalentes a más de 68 millones de litros de gasolina. Reducir la generación de gases contaminantes debe ser parte de un proceso de planificación integral, desde la perspectiva de modelos urbanísticos y de políticas globales, federales, estatales y municipales, armonizando estrategias que tengan como propósito el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sustentable, en congruencia con los lineamientos y acuerdos globales como los que emanan de la COP28.

La desigualdad social tiene enormes implicaciones en la generación de GEI, México es un país muy desigual, uno de los indicadores es el índice de Gini, cuyos valores van de 0 a 1, el cero significa que no hay desigualdad, pero conforme se va alejando del cero, la desigualdad se incrementa. En 1994, el índice de Gini fue de .0546; al inicio del presente milenio mejoró, puesto que en 2002 registró un valor de 0.525 (Suarez-Lastra, Rivera, & Campos, 2013), este coeficiente se acercó más al cero en 2016, al registrar 0.464, y para 2022, la desigualdad bajó más, puesto que el índice llegó a 0.413 (Gomez, 2023).

A pesar de que ha disminuido la desigualdad en los últimos años, prevalece la clase media en las urbes y la cultura del automóvil como principal medio de transporte, para un sector importante de la población, todo en detrimento del transporte masivo como el metro, el trolebús, y los transportes como el metrobús y las combis, estas últimas se distinguen por ser el transporte de más baja calidad, en virtud del escaso mantenimiento a las unidades y la impericia de los operadores, quienes van a velocidades inadecuadas para las vialidades de una urbe, además de maltratar a los usuarios y la saturación, al transportar a 27 personas en un espacio totalmente insuficiente, este tipo de transporte es altamente contaminante.

La movilidad en las urbes es una necesidad social de los habitantes, para llegar al centro de trabajo, llevar a los hijos a los centros educativos, asistir a los centros de salud, de abastecimiento, tiendas y a lugares esparcimiento; en sí, para realizar todo tipo de gestión que implica la vida en comunidad urbana. En consecuencia, es un derecho social “necesario preservar y garantizar de forma igualitaria” (Gonzalez, 2010, p. 7), que se identifica con el objetivo número 11 de desarrollo sostenible denominado “Ciudades y comunidades sostenibles.

Sin embargo, dada la carencia de una planificación urbana sostenible, en la mayoría de las urbes, la dinámica del mercado ha privilegiado a la circulación y la movilidad del vehículo privado, lo que propicia un aumento de las desigualdades sociales, puesto que la infraestructura física obedece más a las necesidades de la masa de autos, que en horas pico se covierten en grandes estacionamientos por la alta congestión vehicular, además de las pérdidas de horas productivas de trabajo. Con todo esto, se incrementa la generación de GEI, y esto repercute en el cambio climático, además de las afecciones a la salud de los habitantes, pues una de cada cinco personas muere a consecuencia de la contaminación atmosférica. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), en 2019, este tipo de contaminación provocó la muerte prematura a cuatro millones doscientas mil personas, por enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cánceres.

El dióxido de carbono (CO₂), producido principalmente por los motores de combustión interna, además de la climatización, ventilación, industria manufacturera y producción de electricidad, aporta 88 por ciento de los GEI (Zickfeld et al., 2023).

Si bien el transporte es un gran generador de gases, también se vincula a la productividad de todas las actividades económicas, además de ser un factor estratégico de cohesión social y territorial (OTLE, 2023). Parece difícil considerar como alternativa la construcción de espacios que enfrenten los efectos del cambio climático y ofrezcan calidad de vida a los habitantes.

Ciudades resilientes inteligentes y sustentables

La movilidad urbana sostenible y resiliente debe ser considerada como un derecho social y humano (Gonzalez, 2010); además, implica un desarrollo tecnológico en virtud de que conlleva el diseño, construcción y mejoramiento de infraestructura que abarca vialidades, centros de abastecimiento de combustible, seguridad y operación estratégica de la semaforización; además, se requiere de vehículos, desde una perspectiva multimodal.

La investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, tanto para vehículos como de materiales para las vialidades, exige la participación de todos los integrantes de una ciudad: familias, instituciones educativas y de investigación, así como de las diversas autoridades y órdenes de gobierno, sin faltar los organismos públicos y privados, para armar un macroplan maestro de movilidad que impulse la construcción de capacidades suficientes para dar respuesta a los cambios climáticos y a las necesidades de los habitantes, para desplazarse con seguridad y calidad, dentro y fuera de los espacios de las ciudades.

El concepto de sostenibilidad en el paradigma tecnológico debe lograr el equilibrio entre las necesidades de movilidad y accesibilidad, y la eficiencia que la sociedad requiera para lograr la resiliencia ambiental, pero con la cohesión social suficiente, mediante la construcción de una nueva cultura de convivencia donde se haga un uso racional y conciente del vehículo particular, privilegiando al transporte colectivo y masivo, sistema que está obligado a lograr mejores niveles de calidad integral, sin menoscabo de la eficiencia operativa.

Es imprescindible tener claro que todo habitante de una ciudad tiene la necesidad de movilidad, que es la capacidad y posibilidad de moverse; está considerada como una necesidad básica que debe satisfacerse con todos los parámetros de calidad, incluso debe ser considerada como un elemento de la canasta básica. En este sentido, las políticas públicas son factores estratégicos de inclusión y cohesión social, que consideran la gran diversidad de la población: personas adultas mayores, personas con discapacidad, mujeres; así como el tipo de transporte, sin dejar de considerar a los estacionamientos, y toman en cuenta al ser humano como objetivo esencial de toda la movilidad, que debe estar sustentada en un modelo sostenible, asegurando la protección del

medio ambiente y la cohesión social, en torno a una consciencia social, respecto de los desafíos del cambio climático.

En medida que la población se incrementa, las ciudades se multiplican; si bien su crecimiento ha sido amorfo por falta de planeación urbana, han crecido en proporción directa a la dinámica demográfica, por lo que los espacios, las vías y los transportes para llegar a los destinos de la población no obedecen a una planeación ecológica, más bien han seguido las líneas que marcan los mercados, tanto de productos como de servicios, lo que ha prevalecido en primera instancia.

Según el Banco Mundial (Schrader-King, 2023), 56 por ciento de la población mundial vive en ciudades; dada la tendencia demográfica que se observa, siete de cada diez personas vivirán en ciudades.

Las urbes o ciudades deben ser consideradas como ecosistemas, donde sectores y actividades, como escuelas, hospitales; mercados físicos y virtuales; edificios gubernamentales; fábricas; centros de diversión como cines y teatros, entre otras actividades físicas y virtuales, requieren de vías y transportes, físicos o los que se basan en la conectividad por internet, donde los servidores y las plataformas tecnológicas también provocan calentamiento y contaminación, por lo que juegan un papel fundamental. Una ciudad inteligente se expresa en la alta conectividad como el internet de las cosas (IoT).

Una ciudad del conocimiento (Tedesco, 2010) es la que tiene como eje articulador la utilización intensiva del conocimiento en los procesos económicos, políticos y sociales, conlleva nuevas formas de organización social y económica, exige nuevas políticas públicas y privadas. Aunque en la isla de Usedom, en el mar Báltico, se creó en 1932 la ciudad científica de Peenemünde (Tijerina, 2007), su propósito fue hacer converger a industriales, científicos, políticos y militares, para desarrollar investigación, crear nuevas tecnologías con propósitos bélicos. En 1937 contaba con un equipo de más de cien científicos para los fines militares de Alemania.

De esta manera, si es posible crear espacios territoriales para fines bélicos, también lo es crear ecosistemas urbanos con fines ecológicos, para que sean una plataforma social y territorial, y sus habitantes tengan una vida más humana al establecer los derechos humanos como la base de su dinámica productiva, social y política, con capacidades resilientes para disminuir la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático. Un factor estratégico será contar con un sistema de transporte y movilidad que no genere GEI, con políticas públicas y privadas para que el desarrollo tecnológico se fundamente en la Gobernanza Sustentable del Entorno (ESG), garantizando un aprovechamiento racional y sostenible de los recursos naturales; pero también la conectividad deberá enmarcarse en este paradigma de sustentabilidad incluyente y de equidad social, dotando del sentido social, antes que el mercantil, a la tecnología, para que contribuya a la sustentabilidad antes que a la rentabilidad financiera.

A fin de no rebasar 1.5 grados de calentamiento global, se requiere una transición hacia un nuevo modelo integral, en los ámbitos global, nacional y local; es decir, que este nuevo modelo incluya lo económico como un sistema generador y abastecedor de alimentos. y de todos los bienes y servicios que requiera la población en los diversos países, con precios que estén al alcance de toda la población; en lo social, que se impulse una cultura de los derechos humanos y los valores que integren a los diversos grupos sin discriminación, independientemente de su color de piel, religión y postura ideológica; en lo político, impulsar las formas de gobierno democrático y de inclusión; en lo tecnológico, donde el desarrollo y escalamiento deben estar regulados como fundamento para dotar de valores sociales a los científicos, tecnólogos, empresarios y población en general; de tal forma que toda la tecnología existente, o por descubrir y desarrollar, esté sujeta al sentido ético y social, antes que al sentido de mercado, pero sobre todo un sistema de movilidad que sea resultado de la planeación urbana,

económica y social, regido por la gobernanza sustentable de entorno (ESG), que implica la captura del CO₂ como el diseño y aplicación de medidas de mitigación de los GEI.

Cynthia Smith (2011) en su trabajo de investigación denominado “Diseñar con el otro 90%: Ciudades”, que realizó en diversas ciudades marginadas del mundo, plantea que las ciudades son cada vez más complejas, dado que están en constante transformación, con características físicas y geográficas, así como culturas e historias diversas.

Existen ciudades islas, es decir, enclaves de clase mundial, habitadas por grupos de altos ingresos que consumen espacios territoriales a un alto costo social y económico, pero sobre todo cultural y ecológico, sin faltar el ingrediente de la discriminación económica o por ingresos, desplazando a los pobres para poder competir con los mercados globales, mediante la construcción de aeropuertos, centros tecnológicos, autopistas de cuota, campos de golf, centros comerciales con tiendas de alta gama, hoteles y comunidades cerradas.


En la Ciudad de México existe la zona conocida como Santa Fe, en la alcaldía de Cuajimalpa, la cual se caracteriza por sus complejos habitacionales y centros comerciales de lujo; en esta zona, el transporte dominante es particular, vehículos compactos; es poco el transporte colectivo, sin embargo, en las zonas de medianos y bajos ingresos, o marginadas, el transporte predominante es el colectivo y el masivo, como el metro y el metrobús, lo que se replica en la ciudad capital de otras entidades como Puebla e Hidalgo. Este tipo de transporte se distingue por su baja calidad, sobre todo las llamadas combis, en cuyo espacio reducido transportan hasta veinte o veinticinco personas en situaciones incómodas, por no llamarles inhumanas, el vehículo es operado por personas generalmente jóvenes, con pésimos modales y a velocidades superiores a las reglamentarias. Por esta forma de circular las GEI se incrementan, además, por el escaso mantenimiento.

Otro fenómeno que se ha empezado a registrar es la población migrante, que ya se ha quedado en estas ciudades populares, incrementándose las necesidades de transportación colectiva y masiva, además de los cambios culturales que ya se empiezan a registrar.

Este tipo de transporte, que existe en las zonas urbanas populares, tiende a ser el que más GEI genera, porque es la forma dominante de uso del suelo urbano en los diversos países, sobre todo en el mundo sudamericano (Beardsley, 2008). Cabe señalar que la desigualdad urbana tiene altos impactos en el desarrollo humano, sobre todo en rubros como la salud, la nutrición, la igualdad de género y la educación.

La población crece a diferentes ritmos en el mundo, pero no ha dejado de incrementarse; además, la dinámica poblacional es diferente, hay regiones como Europa y Asia, sobre todo Japón, donde predomina la población de adultos mayores, en el caso de México, todavía su población es de jóvenes. El promedio de edad es de 27 años (Presidencia de la República de México, 2015), pero para 2050, aproximadamente, va cambiar, puesto que la tendencia prevista por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), de acuerdo con la SEMARNAT (2014), es hacia el envejecimiento, sobre todo porque la esperanza de vida se estima sea de 79.4 años, cuando en 1950 fue de 49.7 años, por lo que el sistema de transporte de personas y de mercancías debe cambiar, sobre todo porque la transición energética ya está avanzando con los vehículos autónomos y con uso de combustibles verdes, es así que para esos años se estima que los transportes ya no serán de motores de combustión interna.

Todas las ciudades, en virtud de la importancia que representan en la generación de GEI, se enfrentan al desafío de diseñar sistemas alternativos en procesos industriales, en productos de consumo, de sus tipos de habitación, pero sobre todo de un sistema de transporte resiliente y ecológico.

El gran desafío que representa el cambio climático obliga a potenciar las capacidades de respuesta resiliente de las naciones más vulnerables y, en general, de todo el planeta, para aplicar un diseño ecológico (Vera )

Jeannete, 2021, pp. 11-13) que busca desarrollar estrategias de intervención, permitiendo abordar directamente la profundización de la desigualdad en todas sus vertientes, lo que ha venido acentuar el cambio climático.

En virtud de que el concepto de diseño ecológico busca la alineación entre los procesos naturales que faciliten el funcionamiento del medio ambiente y la dinámica de crecimiento de las urbes, su base es la infraestructura verde, que hace referencia a un sistema de soporte y movilidad urbana enfocado en la naturaleza, a fin de responder a los riesgos socio urbanos y climáticos. En cuanto a los primeros, la sociedad en general y las zonas marginadas en particular, se enfrentan a la criminalidad: asaltos en el transporte de pasajeros, extorsión a los operadores, y corrupción de diversas autoridades en cuanto a permisos y rutas de circulación.

En referencia a los riesgos climáticos, están el manejo de las aguas pluviales en las inundaciones, los efectos de las olas de calor, la pérdida de la biodiversidad urbana, la falta de manejo ético y humano de las poblaciones de perros y gatos que han sido abandonados, el manejo de la basura y la falta de una articulación eficiente de rutas, de los diversos medios de movilidad; por ejemplo, si bien hay pistas para bicicletas, vialidades para autos y para el transporte masivo, no está centrado en la población, dado que cada vez se reducen más los espacios para que puedan transitar peatones, el riesgo de ser atropellados, ya sea por una bicicleta o por un vehículo automotor, es muy alto, dado que los espacios destinados a las paradas de los diversos transportes no respetan los espacios de los peatones que buscan abordar su transporte para dirigirse a sus diversos destinos.

Es imprescindible aplicar un diseño ecológico a partir de una infraestructura verde centrada en el ser humano, y no en el mercado; exige una humanización de la movilidad multimodal con mayor seguridad pública y calidad en el trato por parte de los operadores, como en las condiciones de las unidades, en general, ya que no reciben el mantenimiento adecuado y oportuno puesto que buscan una alta rentabilidad, llevando las unidades al extremo de su operación, lo que propicia riesgos de siniestros viales que ponen en riesgo la vida de la población, tanto de los pasajeros, como de los peatones y operadores de los diversos transportes.

El diseño ecológico también demanda la aplicación de soluciones innovadoras, con la participación de la propia ciudadanía. En esto, las instituciones de educación, tanto de bachillerato como de nivel superior y posgrado, pueden participar en los diversos proyectos que deriven en una mejora de la movilidad urbana y de la mitigación de los efectos del cambio climático y la resiliencia, como factores para contribuir a la construcción de las ciudades del futuro.

Las ciudades crecen, no solo por el incremento de su dinámica demográfica, es decir, por sus nacimientos que superan las tasas de mortalidad, si no, en mayor medida, por la atracción de contingentes provenientes del interior, y hoy por grupos de migrantes; pero las capacidades de absorción de las ciudades no crecen a la misma velocidad y calidad, esto propicia la formación de grandes asentamientos humanos no planificados, aún en la dinámica de los nuevos fraccionamientos que han venido ganando espacios territoriales a las actividades agrícolas, por lo que la problemática se incrementa por la falta de una visión de futuro de la sociedad en general, alcanza un alto rango de responsabilidad de los diversos órdenes de gobierno, que en gran medida operan de manera desarticulada y no bajo un macroplan maestro, lo que deriva en diversas formas de vulnerabilidad territorial, que ya es multidimensional: ecológica, económica, social, cultural, y de movilidad, que sin planeación propicia grandes cuellos de botella en la dinámica urbana, limitando oportunidades de trabajo y desarrollo social.

Es así como aplicar la infraestructura verde se ubica como un regenerador urbano, tanto para enfrentar los desafíos del cambio climático como para mejores condiciones de convivencia, y dotar de calidad humana a las ciudades, sobre todo, sentando las bases para las nuevas urbes del futuro.

La industria automotriz está marcando la movilidad del futuro

La movilidad del futuro transformará por completo sus sistemas regulatorios y de gestión, fundamentalmente, el comportamiento social de las diversas ciudades, que para entonces deberán ser ciudades inteligentes o estarán en camino de serlo, por la hiperconectividad, la tendencia irreversible, o para moverse en tiempos más cortos y precisos; claro, no faltarán los riesgos como los ciberataques, que cada vez son más sofisticados, los efectos del cambio climático, golpeando en mayor medida a las ciudades tecnológicamente más rezagadas, que no tienen un diseño ecológico de su urbanización.

Jessica Boothe, directora de la Consumer Technology Association (CES24), y Brian Comiskey, director de Thematic Program (Alejandro, 2024) explicaron las tendencias tecnológicas del CES24, destacan la de vehículos autónomos e inteligentes, y presentan el XPENG AEROHT un vehículo híbrido, con doble función de movilidad, es decir, puede cambiar del modo terrestre al modo aéreo, en virtud de que está diseñado con un estructura de tres ejes y seis ruedas, lo que le permite una tracción de 6x6, con dirección en las ruedas traseras, esto le facilita tener una capacidad de carga y para poder moverse en todo terreno. Su diseño es de una estética cibernética, caracterizada por líneas nítidas que se asemejan a un vehículo de exploración lunar.

También se presentó la innovación que sustituye los espejos laterales y retrovisores, a través de un sistema basado en cámaras, lo que da a los conductores una mejor visibilidad, con alertas de seguridad y control de combustible para lograr una eficiencia energética.

La innovación se llama Software eMirror Safe X (Innovation Awards, 2024), una plataforma tecnológica que incluye funciones como vista transparente, atenuación reactiva y procesamiento avanzado de imágenes, fabricada por la empresa Forvia, que fue una de las ganadoras del premio de innovación en el CES24.

Otra empresa ganadora fue la Continental, con su Radar de Visión Parking (RVP), que utiliza el cinturón de radar para reemplazar los sensores ultrasónicos. Funciona con cuatro cámaras de visión envolvente para mejorar las operaciones de estacionamiento, con este sistema informático para un estacionamiento automatizado se está modificando la movilidad urbana.

No sólo los automóviles están siendo impactados por el desarrollo tecnológico, también las motocicletas; por ejemplo, la empresa Honda, que también se hizo acreedora al premio de innovación en CES24, creó la Honda Motocompact, con lo que da un nuevo sentido al transporte personal, mediante un diseño plegable y, lo más importante, cero emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esto permite al usuario trasladarse a diversos puntos de una ciudad a 24 kilómetros por hora; no usa combustibles fósiles porque es eléctrico, utiliza un toma corriente de 110 voltios; además, puede conectarse a un smartphone para ajustar sus configuraciones personales, como iluminación y los modos de conducción; su indicador de carga y velocímetro son digitales.

Con el propósito de lograr un sistema de transporte libre de contaminación, la empresa China de innovación y desarrollo automotriz denominada Techrules construyó un vehículo híbrido, dotado con tecnología de turbina aeronáutica. También construyeron vehículos deportivos denominados Ren, incorporándoles la tecnología de potencia híbrida, con un generador de turbina aeronáutica de 80 kilowatts, y su sistema de 96 mil revoluciones por minuto. Estos vehículos pueden recorrer dos mil kilómetros con 80 litros de queroseno de avión.

Se observa una tendencia en la industria automotriz donde las empresas fabricantes de productos de electrónicos están entrando a este sector, tales como Apple, cuando Steve Jobs creó el Vvehicle, y Google, que construyó su *self-driving car* llamado Waymo.

Kenichiro Yoshida, presidente de Sony Corporation, anunció que será tendencia su Sony Vision-S, un

vehículo compacto para cuatro personas y, claro, es eléctrico, pero con una tecnología de alta conectividad y conducción autónoma.

Respecto a la movilidad, si bien ha sido siempre expresión de innovaciones tecnológicas, las tendencias muestran que será más intenso el desarrollo tecnológico en este sector, orientado hacia la disminución de las emisiones de GEI, pero falta desarrollar la infraestructura ecológica que contemple la inclusión de los espacios territoriales y sus poblaciones marginadas, donde la tecnología pareciera que no los toma en cuenta; si no es considerado el desarrollo tecnológico automotriz, no será suficiente.

La construcción de una nueva cultura urbana en el contexto del paradigma tecnológico

La problemática es muy compleja respecto a la creación de urbes resilientes con capacidades para enfrentar el cambio climático, además de ser los espacios donde la vida humana y biológica sean un ecosistema integrado, resiliente con las capacidades suficientes para garantizar un desenvolvimiento de toda la humanidad, con dignidad y en armonía con la naturaleza. Sin embargo, las acciones son lentas y enfrentan intereses económicos que dan preferencia a las dinámicas del mercado, y a la lucha por territorios para apoderarse de los recursos naturales, a pesar de que hay programas como ONU-Habitat, que es el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Urbanos, cuyo objetivo es “promover la urbanización sostenible como motor del desarrollo y la paz para mejorar las condiciones de vida de todas las personas” (ONU-Habitat, 2019).

Son diversos programas en gran número de países, con un enfoque de transformación de las ciudades y los asentamientos humanos, mediante el conocimiento y asesoramiento sobre políticas públicas y asistencia técnica para reducir la desigualdad espacial y la pobreza en las comunidades rurales y urbanas. Así se busca aumentar la prosperidad compartida en ciudades y regiones, y articular la acción de mitigación climática, mediante la promoción de la prevención y respuesta efectiva ante las crisis urbanas (Monsalve, Elkin Velazques, 2024), donde la movilidad representa un factor crítico, porque sin esta no podrían lograr los objetivos y los enfoques descritos.

En el informe de los Indicadores Mundiales de Propiedad Intelectual (*World Intellectual Property Indicators*) (Tang, 2023) es posible observar que después de la pandemia se incrementó la protección intelectual de los desarrollos tecnológicos. China fue el país que destacó en 2021, con 46.8 por ciento de las 3400500 patentes en el mundo; Estados Unidos participó con 17.2 por ciento al llegar a 591473 patentes, muy por debajo del 1585663 de China; Japón con sus 289200 patentes, equivalentes a 8.4 por ciento del total mundial, sólo alcanzó el tercer lugar.

México, según cifras del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI, 2024) sólo llegó a 20796 patentes, lo que evidencia la poca inversión en materia de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Marca una brecha tecnológica muy difícil de superar en el corto plazo. Dentro de las 75 ciudades productoras de ciencia en el mundo, la ciudad de México ocupa el lugar 44.

El Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT, 2023) reporta que en 2020 existían 32674 investigadores miembros del Sistema Nacional; se estimaba que, para enero de 2023, el número ascendería a 36714; sin embargo, no hay una cifra oficial que se haya divulgado.

Los investigadores están distribuidos en siete áreas del conocimiento científico: 1. Matemáticas, física y ciencias de la tierra; 2. Biología y química; 3. Medicina y ciencias de la salud. 4. Humanidades y ciencias de la

conducta; 5. Ciencias sociales; 6. Biotecnología y ciencias agropecuarias, y 7. Ingenierías (Colin, 2023); en 2013, (Atlas Ciencia Mexicana, 1989-2013) su distribución por entidad federativa fue desigual, ya que sólo ocho de las 32 entidades federativas tienen más de 600 investigadores; la Ciudad de México es la que tiene el mayor número de investigadores integrantes del Sistema Nacional, con más de siete mil, que en la realidad actual podría más alta.

La concentración de investigadores, generalmente, es en las instituciones de educación superior, la I+D es dependiente del gasto público, que es muy bajo, del orden del 0.5 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB), cuando las naciones que dominan en el desarrollo tecnológico global superan cuatro y cinco por ciento de su PIB, recursos provenientes en un 60 por ciento del sector privado. En cambio, en México es al revés, la nación depende fundamentalmente del presupuesto público, que en los años recientes (2018- 2024) está destinado fundamentalmente al sector social, lo cual no está mal, pero no se cumple con el uno por ciento del PIB para estos fines. Por esta razón, no es viable postergar el desarrollo científico-tecnológico como la columna vertebral de la dinámica nacional, sobre todo en la ruta de la generación de ecotecnologías orientadas a la mitigación de los efectos del cambio climático.

Los retos y desafíos que enfrentarán la humanidad y las ciudades son visibles, pero los impactos son imprevistos, por esto, todas las organizaciones y, en especial los diferentes órdenes de gobierno, locales, nacionales e internacionales, así como la sociedad en general, deben generar las herramientas y los conocimientos necesarios. Sólo organizándose en redes, tanto de expertos como de gobiernos y comunidades, es como la humanidad estaría en posibilidad de hacerlo. Para *IESE Cities in Motion Strategies* (Ricart & Pascual, 2023), la ruta es la creación de una gobernanza sustentable innovadora, con un modelo urbanístico basado en cuatro factores: ecosistema sostenible, actividades innovadoras, equidad entre ciudadanos y una efectiva conectividad.

Las líneas estratégicas pueden ser: enfoque innovador de la gobernanza inteligente; impulsar la I+D+i destinando recursos financieros suficientes; difundir las mejores prácticas de diseño urbano ecológico y resiliente con una amplia participación social. Las actividades a implementar socialmente serían las de organizar a los habitantes de las diversas ciudades en eventos de networking, donde estén presentes las diversas instituciones de educación superior para que identifiquen necesidades y recursos, además de desarrollar los proyectos de investigación que den como resultado las acciones pertinentes para crear sistemas de movilidad en armonía, como en situaciones de crisis frente a posibles casos de urgencia climática, así reducir la vulnerabilidad de las ciudades frente a los efectos e impactos de los siniestros naturales provocados por el cambio climático.

Las ciudades del futuro serán las que cuenten con las capacidades suficientes para enfrentar los efectos del cambio climático, además de ser un espacio territorial apto para que sus habitantes cuenten con los recursos que les impulse hacia un desarrollo sustentable. Se requiere una organización social en redes cognitivas, articular a las instituciones educativas de todos los niveles, con los diversos sectores de la población, para que los flujos de conocimiento tengan un mapa de ruta hacia la resiliencia climática, y aprovechar la experiencia social y su relación con el entorno.

Estos flujos de conocimiento deben tener la característica de sustentabilidad, basados en modelos de economía circular regional, vinculando las actividades de las micro, pequeñas y medianas empresas, además de los pequeños productores agrícolas y manufactureros, como los centros de distribución de productos al detalle. La infraestructura física urbana deberá obedecer a la dinámica demográfica de los diversos asentamientos urbanos, lo que ya se está rehabilitando desde la perspectiva ecológica; todo esto no será posible si no se cuenta con un sistema de movilidad multimodal, lo que implicará también incluir en el plan maestro urbano

la producción de los diversos tipos de vehículos, desde los personales hasta los diversos tipos de transporte masivos, las unidades de transporte de carga, y su tránsito en las vialidades urbanas; todo exigirá nuevas políticas públicas y privadas, es un cambio cultural integral.

Es más fácil concebir esta propuesta que llevarla a la práctica, por la diversidad de intereses económicos y políticos, sobre todo por la efervescencia de los tiempos políticos que se viven en los ámbitos local, nacional e internacional, la correlación de fuerzas antagónicas, geopolíticas y geotecnológicas, que están delineando las décadas de los años 2050 y 2070, aunque la incertidumbre seguirá siendo la reina del futuro.

Conclusiones

Los acelerados cambios del orden natural, de biodiversidad, climáticos, geopolíticos y en el contexto del paradigma tecnológico, han provocado transformaciones sociales que, a nivel global, han venido a generar una alta complejidad de la vida de todo ser humano. La desigualdad y la pobreza como flagelo secular que parece perpetuarse, las nuevas enfermedades, las ambiciones hegemónicas por dominar territorios y recursos, hacen cada vez más difícil la vida de las presentes generaciones, pero las futuras enfrentarán una mayor complejidad, por eso, es momento de destinar más recursos a la I+D+i, y a la conciencia ética y moral, para que toda actitud humana sea proactiva.

Las migraciones reflejan todo lo contrario, son más numerosas, ya no persiguen las corridas de las diferentes especies, como las migraciones de nuestros ancestros, hoy las migraciones son por la búsqueda de ciudades con mejores condiciones de empleo y de vida, por necesidades de mayor seguridad, porque los migrantes huyen de la represión política o criminal, y por las amenazas de extinción genocida (como los palestinos); pero también hoy se observan migraciones climáticas.

La respuesta está en hacer de los derechos humanos y del sentido ético de la tecnología, como de la justicia social y la equidad, nuestra mejor forma de vida; esto significa dotar de mayor sentido humano a las ciudades de mundo.

Referencias

- Atlas ciencia mexicana. (15 de julio de 1989-2013). Tabla 12.2 *Evolución de número de Investigadores SNI por entidad*. Recuperado en enero de 2024, de atlasdelcienciamexicana: https://www.atlasdelcienciamexicana.org/es/sni_2013/Tabla%2012.2%20SNI.pdf.
- Azil, A., B. R., V. B., C. B., C. L., & T. N. (28 de octubre de 2021). McKinsey Sustainability. Recuperado en enero de 2024, de mckinsey.com: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/putting-carbon-markets-to-work-on-the-path-to-net-zero>.
- BB. (4 de diciembre de 2023). *Medium.com*. thehonestsorcerer.medium.com: <https://thehonestsorcerer.medium.com/capitalism-cannot-turn-into-anything-but-autocracy-bf176012f64e>.
- Beardsley, J. (15 de octubre de otoño 2007-invierno 2008). Mil millones de habitantes de barrios marginales y contando. *Harvard Design Magazine* (27).
- Boyd, D.R. (2022). Cambio Climático y Medio Ambiente; página web ONU, Noticias ONU, Mirada Global, Historias humanas; <https://news.un.org/es/story/2022/02/1504162#:~:text=Ciudad%20Apodaca%2C%20M%3%A9xico.-,La%20contaminaci%C3%B3n%20mata%20nueve%20millones%20de%20>

- personas%20al%20a%C3%B1o,doble%20que%20el%20COVID%2D19&text=Un%20informe%20revela%20la%20existencia,poluci%C3%B3n%20y%20zonas%20altamente%20contaminadas.
- Colin, A. N. (7 de agosto de 2023). *Universidad de Guanajuato-eugreka*. Recuperado en enero de 2024, de ugto.mx: [https://www.ugto.mx/investigacionyposgrado/eugreka//contribuciones/362-el-sistema-nacional-de-investigadores-sni-en-numeros-analisis-por-areas-del-conocimiento#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20padr%C3%B3n,III%20y%20em%C3%A9ritos%20\(7.79%25\)](https://www.ugto.mx/investigacionyposgrado/eugreka//contribuciones/362-el-sistema-nacional-de-investigadores-sni-en-numeros-analisis-por-areas-del-conocimiento#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20padr%C3%B3n,III%20y%20em%C3%A9ritos%20(7.79%25)).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: En la mitad del camino hacia 2030*. (CEPAL-ONU, Ed.) Santiago: CEPAL Division de Documentos y Publicaciones.
- CONAHCYT. (7 de junio de 2023). *Primeros Cambios Grandes Mejoras*. Recuperado en enero de 2024, de conahcyt.mx: <https://conahcyt.mx/conacyt-avanza/#:~:text=SISTEMA%20NACIONAL%20DE%20INVESTIGADORES,-El%20Sistema%20Nacional&text=Se%20calcula%20que%20para%202020,total%20de%2032%20674%20miembros>.
- Enel X Global Retail. (5 de enero de 2024). *Enel X*. corporet.enelx.com: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/what-is-green-economy>.
- Garduño, M. (22 de abril de 2021). 70% de Gases de efecto invernadero son causa del transporte y generación eléctrica. *Forbes*. <https://www.forbes.com.mx/noticias-70-gases-efecto-invernadero-transporte-refinerias-onu>.
- Gasset, J. O. (2000). *Meditación de la Técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*. España: Alianza.
- Gomez, A. G. (24 de agosto de 2023). *México Como Vamos*. Recuperado en enero de 2024, de ENIGH 2022: <https://mexicocomovamos.mx/animal-politico/2023/08/enigh-2022-como-vamos-en-desigualdad/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20los%20datos,2016%20a%200.413%20en%202022>.
- Gonzalez, C. M. (2010). *Movilidad Urbana Sostenible: un reto energético y ambiental*. (C. M.-O. Social, Ed.) Madrid, Madrid, España: Comunidad de Madrid.
- Gonzalez, C. M. (2010). *Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental*. Madrid: Caja Madrid.
- H. B. (23 de diciembre de 2023). *in*. linkedin.com: https://www.linkedin.com/posts/harry-bowcott-742a292_mckinseysustainability-gbb100-startups-activity-7114660651720921088-CSBd.
- Hansen, T., & J. K. (12 de diciembre de 2023). *McKinsey & Company Capital y naturaleza*. Recuperado en enero de 2024, de mckinsey.com: <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/how-we-help-clients/natural-capital-and-nature/roundtables/building-a-nature-positive-economy-in-the-spotlight-at-cop28?stcr=0EA33EE71ADD4FFA8137E0383D6BCBC3&cid=other-eml-alt-mip-mck&hlkid=66c8bc058ef84c05b>.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). (2024). IMPI en *Cifras 1993-2021*. México: IMPI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (4 de enero de 2024). *INEGI*. Recuperado el enero de 2024, de inegi.org.mx: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/am_raiavl/am_raiavl2024_01.pdf.
- Jacques, A. (2010). *El Hombre nómada*. Bogotá Colombia: Luna Libros Ltda.
- Jimenez, E. P. (26 de octubre de 2023). *dpl news*. Recuperado en enero de 2024, de dplnews.com: <https://dplnews.com/desarrollo-soluciones-oportunidad-latam-qualcomm>.
- Joseluis, S. (2022). *Soluciones basadas en la naturaleza y remoción de dióxido de carbono*. (C.-N. UNIDAS, Ed.) Santiago, Chile, Chile: CEPAL Naciones Unidas.

- McKinsey Sustainability. (15 de octubre de 2023). *McKinsey Sustainability*. Recuperado el enero de 2024, de mckinsey.com: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/how-we-help-clients/green-business-building>.
- McKinsey Sustainability. (13 de diciembre de 2023). McKinsey Sustainability. Recuperado en enero de 2024, de mckinsey.com: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/sustainability-blog/cop28-wrap-up?stcr=1DD31D0741134B9FBAFD48A261F5930C&cid=other-eml-alt-mip-mck&hlkid=fcd9325036684bae8466fd9c70209da6&hctky=9796853&hdpid=d44e97d3-e109-485a-ae6f-696f1b95>.
- Mónica, & M. V. (19 de mayo de 1919). The Climate Reality Project. Recuperado en enero de 2024, de climatereality.lat: <https://www.climatereality.lat/movilidad-limpia-y-eficiente-para-el-para-el-combate-al-cambio-climatico>.
- Monsalve, Elkin Velazques. (8 de enero de 2024). *ONU-Habitat/ Empoderar a las ciudades del mañana*. Recuperado en enero de 2024, de onuhabitat.org: <https://onuhabitat.org.mx>.
- Mosqueira, E. (2023). *BID Mejorando vidas*. Recuperado en septiembre de 2023, de blogs-iadb: <https://blogs.iadb.org/administracion-publica/es/capacidades-estatales-y-cambio-climatico-la-gestion-publica-de-los-problemas-complejos/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (12 de marzo de 2018). *OCDE Mejores Políticas para una vida mejor*. Recuperado en enero de 2024, de Foro OCDE México 2018, un futuro con crecimiento e inclusión: <https://www.oecd.org/fr/foro/contact/doloresbarrientosrepresentanteparamexicodelpnuma.htm>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (19 de Diciembre de 2022). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado en enero de 2024, de who.int: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health#:~:text=Los%20efectos%20combinados%20de%20la,2%20millones%20de%20muertes%20prematuras](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health#:~:text=Los%20efectos%20combinados%20de%20la,2%20millones%20de%20muertes%20prematuras).
- Organización de las Naciones Unidas (ONU-Habitat). (10 de junio de 2019). *ONU -Habitan*. Recuperado el enero de 2024, de onuhabitat.org: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/sobre-onu-habitat>.
- Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE). (2023). *Descarbonización del Transporte*. Observatorio del Transporte y La Logística de España. Madrid: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Persis. (5 de octubre de 2020). *Portal Ambiental*. Recuperado el enero de 2024, de portalambiental.com.mx: <https://www.portalambiental.com.mx/sabias-que/20201005/que-puedes-hacer-por-una-movilidad-limpia-y-eficiente>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (27 de mayo de 2022). *PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) Climate Promise*. Recuperado el enero de 2024, de climatepromise.undp.org: <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-son-los-mercados-de-carbono-y-por-que-son-importantes>.
- Presidencia de la República de México. (12 de agosto de 2015). *México, un país joven*. Recuperado en enero de 2024, de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/epn/articulos/mexico-un-pais-joven#:~:text=y%2030%20a%20C3%B1os-,Nuestra%20poblaci%20n%20tiene%20una%20edad%20media%20de%2027%20a%20C3%B1os,hombres%20y%2050.04%20con%20mujeres>.

- Ricart, J. E., & Pascual, B. (17 de septiembre de 2023). *IESE*. Recuperado el enero de 2024, de Cities in Motion- Ciudades sostenibles integradas: <https://www.iese.edu/es/claustro-investigacion/cities-in-motion>.
- Samaniego, J. L., Toro, E. R., Jimenez, J. H., & Estefano, S. (2022). *Panorama de las hijas de ruta de Economía Circular en ALCA*. (N. Unidas, Ed.) Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Samaniego, J., Santiago, L., Toro, E. R., Merico, L. F., Jimenez, J. H., Rouse, P., & Harrison, N. (2022). *Soluciones basadas en la naturaleza y remoción de dióxido de carbono*. Santiago, Chile : CEPAL-ONU.
- Schrader-King, K. (3 de abril de 2023). *Banco Mundial*. Recuperado el enero de 2024, de Desarrollo Urbano: <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#:~:text=En%20la%20actualidad%2C%20alrededor%20del,10%20personas%20vivir%20en%20ciudades>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (26 de agosto de 2014). *El Medio Ambiente en México 2013-2014*. Recuperado en enero de 2024, de Población y Medio Ambiente: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/01_poblacion/1_1.html.
- Sengupta, T. (14 de diciembre de 2023). *Downn to Eart*. [downtoearth.org: https://www.downtoearth.org.in/news/climate-change/cop28-global-stocktake-adopted-final-text-attempts-stronger-language-on-fossil-fuels-93357](https://www.downtoearth.org.in/news/climate-change/cop28-global-stocktake-adopted-final-text-attempts-stronger-language-on-fossil-fuels-93357).
- Smith, C. (18 de octubre de 2011). *Places*. Recuperado en enero de 2024, de [placesjournal.org: https://placesjournal.org/article/design-with-the-other-90-cities](https://placesjournal.org/article/design-with-the-other-90-cities).
- Suarez-Lastra, M., Rivera, N. R., & Campos, J. D. (2013). *Desigualdad, Desarrollo Humano y la Condición Urbano Regional en México*. INEGI, <https://www.inegi.org.mx/eventos/2013/desigualdades/doc/P-MiguelSuarez.pdf>. México: INEGI-Colegio de México.
- Tang, D. (2023). *World Intellectual Property Indicators 2023*. Geneva Switzerland: Organización WIPO.
- Tedesco, J. C. (2010). *Educación en la sociedad del conocimiento*. México: FCE.
- Tijerina, A. N. (2007). *Ciudades del conocimiento: Elementos para su diseño y planeación*. México: Plaza y Valdés S.A. de C.V.
- United Nations Climate Change. (14 de diciembre de 2015). *United Nations Climate Change*. Recuperado en enero de 2024, de [unfccc.int: https://unfccc.int/es/news/final-cop21#:~:text=Los%20gobiernos%20decidieron%20que%20trabajar%20en,los%20100.000%20millones%20de%20d%20B3lares](https://unfccc.int/es/news/final-cop21#:~:text=Los%20gobiernos%20decidieron%20que%20trabajar%20en,los%20100.000%20millones%20de%20d%20B3lares).
- Valtierra, M. (19 de julio de 2019). *The Climate Reality Project*. Recuperado en enero de 2024, de [climatereality.lat: https://www.climatereality.lat/movilidad-limpia-y-eficiente-para-el-combate-al-cambio-climatico](https://www.climatereality.lat/movilidad-limpia-y-eficiente-para-el-combate-al-cambio-climatico).
- Vera, F., & Jeannete, S. (2021). *Diseño ecológico: Estrategias para la ciudad vulnerable- adaptando la ciudad informal de ALCA al cambio climático*. Washintong: BID.
- Vicent, K. (2002). *Re-Thinking mobility contemporary sociology*. Great Britain: Routledge.
- Wim, E. (1º de octubre de 2012). *McKinsey & Company Sector Publico*. Recuperado en enero de 2024, de [mckinsey.com: https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-smart-city-solution](https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-smart-city-solution).
- Zickfeld, K., Maclsaac, A. J., Josep G., C., Sabine, F., Jackson, R. B., Jones, C. D., Zaehle, S. (4 de diciembre de 2023). *Nature Climate Change*. (Nature, Productor) Recuperado en enero de 2024, de [nature.com: https://www.nature.com/articles/s41558-023-01862-7](https://www.nature.com/articles/s41558-023-01862-7).

Implementación de diez mil pasos, diario, en enfermedades no transmisibles. Búsqueda sistematizada

José Arias Rico
Esther Ramírez Moreno
Lizet García Ríos
Osmar Antonio Jaramillo Morales
Ana Paula Cupertino
Tania Catalina Chinchilla Salcedo
Rosa María Baltazar Téllez

Resumen

En la actualidad, el sedentarismo es uno de los principales desencadenantes del sobrepeso y la obesidad en adultos, lo que conlleva enfermedades crónicas no transmisibles. Es necesario implementar estrategias de actividad física para la promoción de la salud en la población, entre estas, caminar diario diez mil pasos, ya que esto equivale a treinta minutos de ejercicio moderado que se debe realizar cada día, según la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para no clasificar a una persona como sedentaria.

El propósito de esta investigación fue conocer cuál es la relación que existe entre los diez mil pasos cada día y la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles en la población adulta.

La metodología utilizada fue la búsqueda, en diferentes plataformas (PubMed, Dialnet, Scholar y Elsevier), de las palabras clave: diez mil pasos, diario, y enfermedades crónicas. Se realizó una selección de artículos publicados en periodos de los años de 2018 a 2024.

Como resultado, se encontró que el efecto en las personas adultas que caminan diez mil pasos cada día es una mejoría en los parámetros bioquímicos de glucosa, colesterol y triglicéridos. La estrategia propuesta de caminar media hora al día ayuda a mejorar el estado metabólico de adultos con enfermedades no transmisibles.

Introducción

La actividad física se define como “cualquier movimiento corporal asociado con la contracción muscular que incrementa el gasto de energía por encima de los niveles de reposo, o también como todos los movimientos de la vida diaria, incluyendo el trabajo, la recreación, el ejercicio y las actividades deportivas”. Los beneficios a la salud física y mental han sido enlistados en múltiples publicaciones (Perea-Caballero et al., 2019). Este mismo autor refiere que podría haber una mejoría en la salud de las personas que realizan actividad física moderada y de manera continua.

El sector salud recomienda la actividad física en escuelas, centros de trabajo, hogar y unidades deportivas. Entre las ventajas de las caminatas se encuentra: horario de libre elección, puede ser individual o en grupo para una mayor motivación, se establece el propio ritmo sin necesidad de tener instructores como en otro tipo de actividades (Williams et al., 2018, Paluch et al., 2021). Este tipo de actividad física permite mantener la masa muscular y evitar complicaciones en pacientes con enfermedades no transmisibles.

La Organización Mundial de la Salud recomienda la realización de ejercicio diario, mínimo, por treinta minutos, lo que equivale a caminatas de diez mil pasos cada día. Las recomendaciones internacionales sobre la práctica de actividad física marcan los requerimientos mínimos necesarios que permitan obtener beneficios a la salud, la adopción y la mejora de la condición física, mental y social de las personas. Se ha establecido que el no cumplimiento de estas recomendaciones permite estimar diferentes niveles de riesgo de enfermedades no transmisibles (hipertensión arterial, dislipidemias, sobrepeso y obesidad) (Paredes et al., 2020).

En 2018, sólo 27.5 por ciento de la población mundial adulta alcanzaba las recomendaciones de actividad física que marca la OMS. En 2021, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) reporta resultados en el Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico (MOPRADEF) 2022. En este informe se establece que 39.6 por ciento de la población mayor de 18 años se considera activo físicamente, 73.9 por ciento, lo hace por motivos de salud (INEGI, 2021). Actualmente, esta tendencia hacia el sedentarismo se mantiene, y en 2025 se calcula una reducción de 10 por ciento de la actividad física (Guthold et al., 2018).

Las conductas sedentarias se asocian al incremento de prevalencia de obesidad en la población, esto genera mayores riesgos de enfermedades no transmisibles, como enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2, entre otras. Los índices de obesidad se han incrementado a nivel mundial desde hace más de 40 años, y afectan a una de cada tres personas adultas. En 2014, se registró 39 por ciento de personas de 18 años con sobrepeso y 13 por ciento con obesidad (Malo Serrano et al., 2017).

Las enfermedades no transmisibles son aquellas de larga duración (tienen un periodo de más de seis meses), generalmente de progresión lenta, por razones multifactoriales: genéticas, fisiológicas, ambientales, y comportamentales.

Se eligió esta revisión sistemática debido a que la asociación positiva entre el conteo de pasos diario y la prevención o gestión de las enfermedades no transmisibles se puede respaldar con la implementación de políticas de salud pública destinadas a promover la actividad física en la población en general. Esto puede incluir iniciativas para fomentar entornos urbanos con mayor accesibilidad para las caminatas, o programas de actividad física en la comunidad.

Epidemiología de las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades no transmisibles son responsables de 41 millones de muertes anuales, lo que representa 74 por ciento de todos los fallecimientos en el mundo. Dentro de este grupo, las enfermedades cardiovasculares encabezan la lista con 17.9 millones de defunciones cada año, seguidas del cáncer con 9.3 millones, las enfermedades respiratorias crónicas con 4.1 millones y la diabetes con dos millones, incluyendo las muertes relacionadas con la nefropatía diabética. Estas estadísticas subrayan la magnitud del impacto de las enfermedades no transmisibles en la salud global y la necesidad urgente de abordarlas de manera integral (OMS, 2019).

La actividad física insuficiente es el cuarto factor de riesgo más importante a nivel mundial, ya que provoca

seis por ciento de todas las muertes. Ante estas cifras, la OMS declara las enfermedades no transmisibles como un problema de salud pública (Álvarez G et al., 2014).

Hace cuarenta años, el número de personas en el mundo con una composición corporal normal de acuerdo con la edad era mucho mayor que las personas obesas. Este panorama ha tenido un cambio drástico actualmente, ya que el número de personas con sobrepeso y obesidad se duplica respecto de la cantidad de personas con un índice de masa corporal (IMC) normal. Si se continúa con esta tendencia, en 2030, más de 40 por ciento de la población tendrá sobrepeso, y más de la quinta parte será obesa (Malo Serrano et al., 2017).

La actividad física debería convertirse en una forma de prevenir las enfermedades no transmisibles para la mejora de la calidad de vida. Según la ENSANUT (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición) 2021 sobre Covid-19, una de cada cuatro personas con 60 años de vida, o más, tiene diabetes diagnosticada; 30 por ciento de los adultos que viven con diabetes en México desconocen su condición. En México, la prevalencia por diagnóstico médico previo de hipertensión fue de 15.7 por ciento, fue mayor en las mujeres (17.6 por ciento) que en los hombres (13.8 por ciento) (Barquera et al., 2020).

De acuerdo con Méndez-Hernández (2021), con la implementación de los diez mil pasos diario, se puede prevenir la incidencia de obesidad en los adultos con enfermedades no transmisibles, con la disminución de entre 14 y 25 por ciento de su peso corporal. En el caso de participantes con un peso saludable, se propicia el incremento de masa muscular (entre uno y dos kilogramos) durante la realización de esta estrategia.

Metodología

Para el presente estudio, se realizó la búsqueda con base en los lineamientos generales para el reporte de revisiones sistemáticas (PRISMA). Esta herramienta contribuye a mejorar la claridad y transparencia en los artículos de este tipo, ya que conlleva una serie de pasos: define primero la pregunta de investigación de manera clara y específica; desarrolla un protocolo detallado que describe los objetivos, criterios de inclusión y exclusión, métodos de búsqueda y análisis de datos; realiza búsquedas exhaustivas en múltiples bases de datos y fuentes adicionales; selecciona estudios basados en los criterios predefinidos; extrae datos relevantes de los estudios incluidos utilizando un formulario específico; evalúa la calidad de los estudios y el riesgo de sesgo; analiza y sintetiza los datos; evalúa la heterogeneidad y el sesgo entre los estudios; presenta y discute los resultados de manera clara y concisa (figura 1).

Las fuentes de información y búsqueda fueron localizadas en bases de datos electrónicas y revistas especializadas en el tema. La indagación abarcó la información disponible en las bases de datos de PubMed, Scielo, Science Direct y Google Scholar, en donde fueron encontrados 84 artículos publicados entre los años 2018 y 2024, filtrados después leer su título y resumen. Se registraron 52 artículos restantes después de eliminar los duplicados, por lo que sólo 22 artículos fueron incluidos en la revisión sistemática. El registro del protocolo se realizó en Open Science Framework con el folio osf.io/c6epd.

Para acceder a los artículos localizados que no estaban disponibles completamente, fue necesario hacer una solicitud al autor, vía electrónica. En la selección se tomó en cuenta estudios completos en inglés y español; de la misma manera, el título y el resumen del estudio tenían que estar relacionados con el tema central de la búsqueda sistematizada, en caso contrario, fueron descartados. Los trabajos que se identificaron a partir de la búsqueda de palabras clave, se seleccionaron para su evaluación respecto a la relevancia por los investigadores. Se obtuvieron resúmenes y textos completos. Los artículos incluidos, luego de la selección, se sumaron a una

base de datos bibliográficos y estos se consideraron de alto nivel por su relevancia en función de los criterios de elegibilidad. Con los criterios de inclusión, se aceptaron los artículos que analizaron el efecto de los diez mil pasos sobre variables como diabetes, presión alta y obesidad (figura 1).

Selección de los estudios

Para la búsqueda de los artículos se utilizaron palabras claves en español y en inglés.

Tabla 1. Palabras clave para artículos de efecto de diez mil pasos en la salud de adultos con enfermedades no transmisibles , en español e inglés

Población objetivo	Diez mil pasos en la salud	Adultos con enfermedades no transmisibles
Adultos	Diez mil pasos diarios, caminata diaria, sedentarismo, inactividad física, enfermedades crónicas.	Hipertensión. Diabetes mellitus. Hipercolesterolemia. Obesidad.
Target population	Ten thousand steps for health.	Adults with no transmissible diseases.
Adults	Ten thousand steps a day, daily walk, sedentary lifestyle, physical inactivity, chronic diseases.	Hypertension. Mellitus diabetes. Hypercholesterolemia. Obesity.

Fuente: elaboración propia.

Los autores consultaron, desde el mes de enero de 2024, en los buscadores de PubMed, Scielo, ScienceDirect y Google Scholar, encontrando 75 títulos publicados entre los años 2018 y 2024. Estos artículos fueron filtrados después de leer su título y resumen; así se detectaron 53 artículos repetidos, por lo que sólo 22 fueron incluidos en la revisión sistemática.

Criterios de elegibilidad

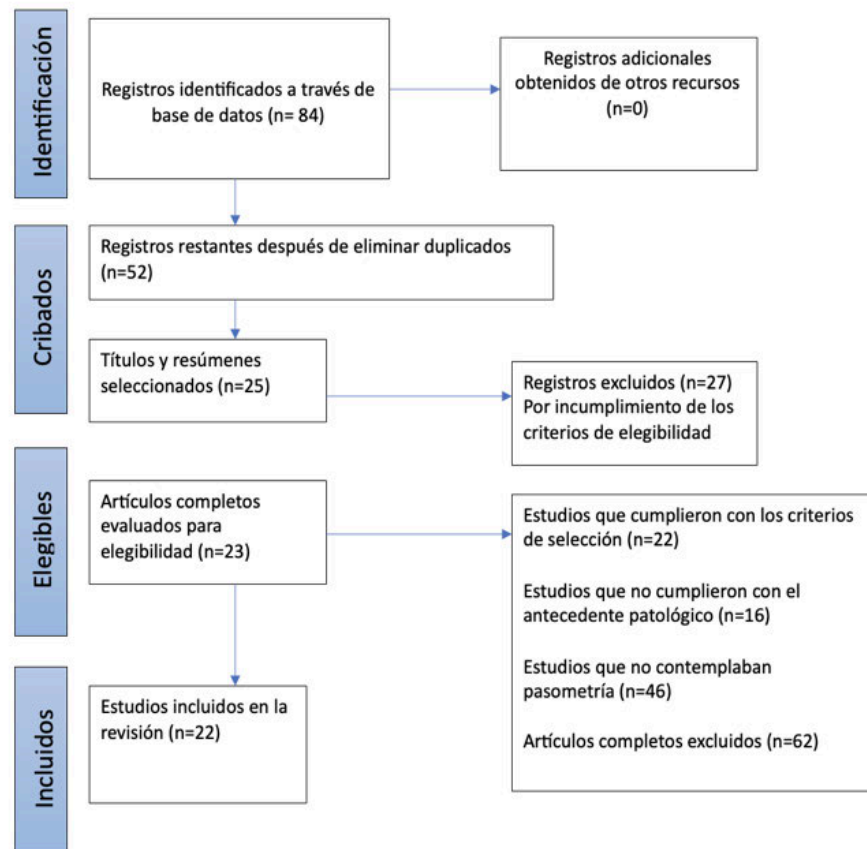
Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

1. Sujetos en edad adulta ≥ 18 años.
2. Sujetos con enfermedades crónicas no transmisibles (diabetes tipo I, hipertensión, obesidad cáncer, Insuficiencia renal crónica).
3. Investigaciones de cohorte, intervención, transversales.
4. Estudios que incluyeron pasometría, con fecha de publicación entre 2018- 2024.

Los criterios de exclusión se consideraron para aquellos que incluyeron sujetos menores de edad, y fueron los siguientes:

1. Artículos de revisión sistemática.
2. Aquellos que incluyen actividad física sin pasometría.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA de búsqueda de la bibliografía y estudios incluidos



Fuente: elaboración propia.

Proceso de extracción de los datos

Las variables principales que se buscaron en los artículos a revisar fueron: realización de diez mil pasos, actividad física, prevención de hipertensión arterial, diabetes, sobrepeso y obesidad en adultos; de igual manera, se analizaron variables de país, edad, y género.

Para la evaluación de la calidad metodológica y el riesgo de sesgo, se utilizó la “Herramienta de evaluación de la calidad para estudios cuantitativos” desarrollada por el proyecto de práctica de salud pública efectiva (*National Collaborating Centre for Methods and Tools*, 2010). Para verificar la confiabilidad, se llevó a cabo esta evaluación al cien por ciento de los estudios incluidos. De manera general, se consideró aceptable la extracción

de datos y la precisión del riesgo de sesgo de un autor. Los datos de referencia se expresaron como números, proporciones y promedios.

Resultados

Se identificaron un total de 84 artículos en las bases de datos PubMed, Science Direct, Scopus, Scielo y Google Scholar. En la fase de screening, se eliminaron los duplicados, y los estudios fueron filtrados seleccionando título, resumen y palabras clave, de lo cual se obtuvo como resultado 52 referencias: 26 fueron excluidas y 25 fueron leídas a texto completo.

De los 52 estudios que incluían realización de los diez mil pasos en personas con enfermedades no transmisibles, 16 fueron excluidas porque no cumplían con el antecedente patológico, 22 estudios cumplieron con los criterios de selección (Fayehun et al., 2018; Scherbina et al., 2019; De la Casa Pérez et al., 2023; Yamamoto et al., 2018; Kujala et al., 2019; Xu et al., 2022; Del Pozo-Cruz et al., 2022; Chiang et al., 2019; Hajna et al., 2018; Seshadri et al., 2020; Cuthbertson et al., 2022; Bowden Davies et al., 2018; Hernandez-Reyes et al., 2020; Okwose et al., 2019; Matson et al., 2018; Mañas et al., 2022; Hacker et al., 2022; Garduño et al., 2022; Algafhri et al., 2018; Bade et al., 2018; Kamada et al., 2018; Ozaslan et al., 2022).

En relación con la muestra de 22 artículos, fue evaluado un total de 117836 personas adultas participantes que presentaban enfermedades no transmisibles, quienes presentaron una edad máxima de 89 años de edad. El tiempo de duración de las investigaciones de los estudios fue desde un mes (De la Casa Pérez et al., 2018; Bowden Davies et al., 2023; Ozaslan et al., 2020) hasta nueve años de duración (Yamamoto et al., 2018).

Los estudios de cohorte prospectivos, controlados, aleatorizados fueron 22, de estos, a las personas participantes se les realizó seguimiento de pasometría para realizar el conteo de pasos diario y poder asociar con la salud. Se obtuvo una puntuación de moderada a fuerte (Fayehun et al., 2018; Scherbina et al., 2019; De la Casa Pérez et al., 2023; Yamamoto et al., 2018; Kujala et al., 2019; Xu et al., 2022; Del Pozo-Cruz et al., 2022; Chiang et al., 2019; Hajna et al., 2018; Seshadri et al., 2020; Cuthbertson et al., 2022; Bowden Davies et al., 2018; Hernández-Reyes et al., 2020; Okwose et al., 2019; Matson et al., 2018; Mañas et al., 2022; Hacker et al., 2022; Garduño et al., 2022; Algafhri et al., 2018; Bade et al., 2018; Kamada et al., 2018; Ozaslan et al., 2022).

Menos de 40 por ciento de los participantes lograron seguir las recomendaciones de actividad física establecidas en la estrategia; esta, incluía caminar diez mil pasos al día. A pesar de los esfuerzos por motivar a los participantes mediante tecnología digital, mantener su compromiso resultó ser un desafío (Fayehun et al., 2018; Algafhri et al., 2018). El promedio de pasos diario estuvo en un tanto de 4806 a 8988 (De la Casa Pérez et al., 2018; Xu et al., 2022; Okwose et al., 2019; Hernández Reyes et al., 2020).

Discusión

Realizar diario diez mil pasos alcanza mejoras en los sujetos de investigación con enfermedades crónicas no transmisibles, se observa una diferencia significativa entre el grupo de intervención y el grupo de control en la hemoglobina glicosilada final, siendo esta última menor en el grupo de intervención (-0,74%, IC del 95% = -1,32 a -0,02, F = 12,92, P = 0,015) (Fayehun et al., 2018), así como el riesgo de presentar diabetes. La salud mejora al caminar diario los diez mil pasos, esto se asocia con la disminución en los riesgos de mortalidad y una

menor incidencia de cáncer y enfermedades (Del pozo Cruz et al., 2022). El incremento de pasos diario es un factor protector para la prevención de enfermedades no transmisibles como diabetes e hipertensión arterial.

Las enfermedades crónicas se asocian con una actividad física muy baja y pérdida de masa muscular, por lo que realizar más pasos por día se asocia con la disminución en los riesgos de mortalidad y morbilidad (Yamamoto et al., 2018; Kujala et al., 2019; Del Pozo Cruz et al., 2022; Algafhri et al., 2018). En los adultos mayores, el volumen y la intensidad de los pasos se asocian a un menor riesgo de hospitalización y mortalidad (Mañas et al., 2022).

Una de las enfermedades crónicas no transmisibles con incremento en los últimos años en la población mundial es la diabetes mellitus, y se ha publicado que el incremento de actividad física en diez mil pasos, diario, podría disminuir el riesgo de presentar esta enfermedad (Cuthbertson et al., 2022); a más pasos al día, es menor el riesgo (Garduno et al., 2022). La curva de glucosa postprandial se asoció a una disminución cuando los sujetos realizan actividad física diaria medida por el recuento de pasos, es decir, a mayor número de pasos diario existe una disminución en la curva de la glucosa postprandial (Ozaslan et al., 2020; Bade et al., 2018; Kamada et al., 2018).

Algunos autores refieren que acumular ≥ 150 minutos por semana de actividad física moderada a vigorosa (MVPA) de forma continua, se asociará con beneficios comparables para la salud cardiometabólica, que acumular la misma cantidad de MVPA en sesiones de al menos diez minutos (Hajna et al., 2018), en comparación con las personas que no lo hacen (Bowden Davies et al., 2018). Si a este tipo de estrategias se añade la tecnología, el impacto podría ser positivo en los adultos mayores con obesidad (Matson et al., 2018).

La Organización Mundial de la Salud aconseja que las personas realicen al menos 30 minutos de actividad física diaria para evitar el sedentarismo. La estrategia de alcanzar los diez mil pasos, diario, no sólo cumple con esta recomendación, también mejora la condición física de los participantes y aumenta su rendimiento físico (De la Casa Pérez et al., 2023; Hacker et al., 2022).

Tabla 2. Listado de estudios relacionados

Folio	Autor	Lugar	Duración (meses)	Metodología	Participantes (edad en años)	Resultados
1	Fayehun et al., 2018.	Nigeria	2.5	Ensayo aleatorizado.	46 (18-64)	Siete de los 46 participantes reclutados incumplieron, dos retiraron su consentimiento en las semanas 2 y 7. Tres participantes incumplieron en la semana 1, y uno en las semanas 2 y 3 del grupo control, cinco participantes retiraron su consentimiento debido a la pérdida de interés en el registro diario del recuento de pasos, mientras a los otros, mientras que a los otros dos se les perdió el seguimiento y no fue posible localizarlos por teléfono.
2	Scherbina et al., 2019.	USA	6	Ensayo, cruzado, aleatorizado.	2783 (≥ 18)	De los 2783 participantes, sólo 31 por ciento completó la intervención de los diez mil pasos, diario.
3	De la Casa Perez et al., 2023.	España	1	Transversal, analítico.	54 (>60 años)	La media de pasos diarios, durante siete días para una N=54, para hombres de 8988.22, y con una N=29 de mujeres la media fue de 10.422.

4	Yamamoto et al., 2018.	Japón	116	Estudio de cohorte.	419	Setenta y seis participantes (18.01 por ciento) murieron durante el periodo de seguimiento. Los índices de riesgo (sexo, índice de masa corporal, tabaquismo, consumo de alcohol y uso de medicamentos) para la mortalidad en los cuartiles de recuento de pasos diarios (de menor a mayor) fueron 1.00 (referencia), 0.81 (IC del 95 por ciento, 0.43-1.54), 1.26 (IC 95%, 0.70-2.26) y 0.46 (IC 95 por ciento, 0.22-0.96) (P para tendencia =1149). Los participantes en el cuartil más alto tenían un riesgo de muerte significativamente menor en comparación con los participantes en el cuartil más bajo.
5	Kujala et al., 2019.	Finlandia	2	Estudio transversal de cohortes.	779 (71-75)	Las enfermedades crónicas se asocian con una actividad física baja.
6	Xu et al., 2022.	USA	4.2	Cohorte.	22 (55)	El recuento de pasos diario promedio estuvo en el rango de 1338 a 10679 pasos, con un promedio de 5729 pasos al día.
7	Del pozo Cruz et al., 2022.	Dinamarca	84	C o h o r t e prospectivo.	78.500 (49-79)	Los participantes que dieron más pasos tenían un IMC más bajo, dormían mejor y no fumaban ni bebían alcohol.

8	Chiang et al., 2019.	China	2	Intervención.	32 (≥18-79)	Las $P < 0,05$, significativamente diferente de la medición previa en respuestas cardiovasculares (FC en reposo y presión arterial) al aumentar la frecuencia de pasos a una intensidad moderada $P < 0,05$: significativamente diferente de CG y WSG. Intervalo de confianza de 95 por ciento de la diferencia absoluta media entre los grupos.
9	Hajna et al., 2018.	Canadá		Cohorte.	8106 (18-79)	Diez mil pasos al día, /150 minutos de MVPA, se asocia a beneficios en los perfiles de lípidos, la resistencia a la insulina y los marcadores inflamatorios. Las mejoras en IMC y hemoglobina A1C, fueron mayores al alcanzar el nivel recomendado de 150 minutos de intensidad moderada, que con los diez mil pasos al día.
10	Seshadri et al., 2020.	EUA	3	Ensayo controlado aleatorio.	60 (≥18)	No hubo estadísticas significativas en cuanto a síntomas, rendimiento físico y función endotelial. Incremento de pasos diarios mediante la intervención, los cuales al término no se mantuvieron.
11	Cuthbertson et al., 2022.	EUA	36	Cohorte prospectiva.	16415 (18-74)	Los adultos tuvieron un promedio de 8164 pasos por día.
12	Bowden Davies et al., 2018.	Reino Unido	1	Ensayo controlado.	45	No hubo diferencias significativas entre los grupos en la actividad física, ni al inicio ni después de la reducción de pasos.

13	Hernández-Reyes et al., 2020.	España	6	Intervención.	98 (≥18 años)	Los resultados muestran que, independientemente del sexo o la edad, prescribir caminar aumentó el número de pasos por día en 4806 pasos en promedio.
14	Okwose et al., 2019.	Reino Unido	3	Intervención	17 (≥18 años)	El recuento promedio de pasos por día aumentó significativamente, desde el inicio hasta las tres semanas, en 2546 (5108 ± 3064 a 7654 ± 3849, P=0,03 n=17) y se mantuvo hasta la semana 12 (9022 ± 3942).
15	Matson et al., 2018.	EUA	3	Intervención	22 (60-89 años)	Los participantes informaron que la intervención mejoró la salud física, aumentó la energía, la disposición para realizar actividad física, mejoró el estado de ánimo y redujo el estrés.
16	Mañas et al., 2022.	España	96	Cohorte prospectivo.	768 (53-78 años)	En los adultos mayores, tanto el volumen como la intensidad de los pasos, se asocian a un menor riesgo de hospitalización y mortalidad por todas sus causas.
17	Hacker et al., 2022.	EUA	1.2	Cohorte.	36 (≥18 años)	La intervención STEPS es aceptable para personas con mieloma múltiple, se informaron mejores resultados en el rendimiento físico, y disminución en la actividad física al término de la intervención.
18	Garduno et al., 2022.	EUA	81	Cohorte.	4848 (≥18 años)	Más pasos al día se asocian con menor riesgo de diabetes, el mismo menor riesgo incrementa en una intensidad moderada.

19	Algafhri et al., 2018.	EUA		Transversal	305 (≥18 años)	Las recomendaciones de actividad fueron cumplidas por 21.6 por ciento de los participantes. Las probabilidades de cumplir las recomendaciones fueron significativas en los hombres. Las personas mayores con diabetes tipo 2 pasan más tiempo sentados que las estimaciones globales.
20	Bade et al., 2018.	USA	7 (días)	Observacional prospectivo.	30 (≥18 años)	Alto porcentaje en la participación de los pacientes, la monitorización de actividad física es factible.
21	Kamada et al., 2018.	USA	60	Ensayo controlado aleatorio.	4414 (40 y 79 años)	El cambio a nivel poblacional en la actividad física se desarrolla gradualmente durante un periodo de años.
22	Ozaslan et al., 2020.	USA	1	Transversal.	37 (≥18 años)	La curva de glucosa postprandial se asoció negativamente con la actividad física diaria total, medida con el recuento de pasos.

Fuente: elaboración propia.

Conclusión

La importancia de la estrategia de los diez mil pasos, diario, radica en ser una meta accesible y fácil de recordar para promover la actividad física en la vida diaria. Su popularidad se debe a su simplicidad, ya que representa un objetivo alcanzable para muchas personas. Alentar a las personas a caminar más puede tener numerosos beneficios para la salud, incluyendo la mejora de la salud cardiovascular, la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como la diabetes tipo 2, el control del peso y la mejora del estado de ánimo y el bienestar general.

Sin embargo, es importante recordar que la cantidad óptima de pasos puede variar según la edad, la condición física y otros factores individuales, y que cualquier aumento en la actividad física, independientemente de si alcanza la meta de los diez mil pasos, o no, podría ser beneficioso para la salud.

Respecto a los resultados, de los 22 artículos analizados, la mitad fueron de Estados Unidos de América; después, España, Reino Unido, Nigeria, Japón, Finlandia, Dinamarca, China y Canadá.

Se identificó que la mitad de los estudios publicaron sobre la asociación del efecto benéfico de la

realización de los diez mil pasos y la prevención de enfermedades crónicas (diabetes mellitus) o su mejor control y mortalidad de las personas.

La disminución de factores inflamatorios, la aceptación de la estrategia, si se combina con tecnología en adultos mayores, se asociaron a la práctica de los diez mil pasos cada día. Al término de las intervenciones de la realización de los diez mil pasos diario, incrementaron la resistencia física, función hemodinámica, calidad de vida y tolerancia al ejercicio.

Monitorear la actividad física por medio de pasometría podría generar un incremento favorable en número de pasos diarios; cuando el incremento se acompaña en intensidad moderada, se asocia con beneficios metabólicos a la salud de sujetos con enfermedades crónicas no transmisibles. Este tipo de intervenciones deben ser constantes ya que se pierde la continuidad de ellas al no motivar al sujeto participante.

Referencias

- Alghafri, T. S., Alharthi, S. M., Al-farsi, Y., Bannerman, E., Craigie, A. M. & Anderson, A. S. (2018). Correlates of physical activity and sitting time in adults with type 2 diabetes attending primary health care in Oman. *BMC Public Health*, 18(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4643-7>.
- Alvarez, G. M., Guadalupe Vargas, M., Morales Murillo, H., Guadalupe Vargas, M., Morales Murillo, H., Robles Amaya, J. & Robles Amaya, J. (2017). El sedentarismo y la actividad física en trabajadores administrativos del sector público / Sedentary lifestyle and physical activity in administrative public sector workers. *CIENCIA UNEMI*, 9(21), 116-124. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss21.2016pp116-124p>
- Bade, B. C., Brooks, M. C., Nietert, S. B., Ulmer, A., Thomas, D. D., Nietert, P. J., Scott, J. B. & Silvestri, G. A. (2018). Assessing the Correlation Between Physical Activity and Quality of Life in Advanced Lung Cancer. *Integrative Cancer Therapies*, 17(1), 73-79. <https://doi.org/10.1177/1534735416684016>.
- Barquera, S., Hernández-Barrera, L., Trejo-Valdivia, B., Shamah, T., Campos-Nonato, I. & Rivera-Dommarco, J. (2020). Obesidad en México, prevalencia y tendencias en adultos. Ensanut 2018-19. *Salud Publica de México*, 62(6), 682-692. <https://doi.org/10.21149/11630>.
- Bowden Davies, K. A., Sprung, V. S., Norman, J. A., Thompson, A., Mitchell, K. L., Halford, J. C. G., Harrold, J. A., Wilding, J. P. H., Kemp, G. J. & Cuthbertson, D. J. (2018). Short-term decreased physical activity with increased sedentary behaviour causes metabolic derangements and altered body composition: effects in individuals with and without a first-degree relative with type 2 diabetes. *Diabetología*, 61(6), 1282-1294. <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4603-5>.
- Chiang, T.-L., Chen, C., Hsu, C.-H., Lin, Y.-C. & Wu, H.-J. (2019). Is the goal of 12,000 steps per day sufficient for improving body composition and metabolic syndrome? The necessity of combining exercise intensity: a randomized controlled trial. *BMC Public Health*, 19(1), 1215. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7554-y>.
- Cuthbertson, C. C., Moore, C. C., Sotres-Alvarez, D., Heiss, G., Isasi, C. R., Mossavar-Rahmani, Y., Carlson, J. A., Gallo, L. C., Llabre, M. M., Garcia-Bedoya, O. L., Farelo, D. G. & Evenson, K. R. (2022). Associations of steps per day and step intensity with the risk of diabetes: the Hispanic Community Health Study / Study of Latinos (HCHS/SOL). *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 19(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s12966-022-01284-2>.

- De la Casa Pérez, A., Latorre Román, P. Á., Párraga Montilla, J. A., Andrade Lara, K. E. & Cabrera Linares, J. C. (2023). Cantidad de pasos diarios, niveles de actividad física y su relación con la salud del adulto mayor en periodo post-pandemia. *Revista Iberoamericana de Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 12(3), 15-28. <https://doi.org/10.24310/riccafd.12.3.2023.18108>.
- Del Pozo Cruz, B., Ahmadi, M. N., Lee, I.-M. & Stamatakis, E. (2022). Prospective Associations of Daily Step Counts and Intensity With Cancer and Cardiovascular Disease Incidence and Mortality and All-Cause Mortality. *JAMA Internal Medicine*, 182(11), 1139. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2022.4000>.
- Fayehun, A. F., Olowookere, O. O., Ogunbode, A. M., Adetunji, A. A. & Esan, A. (2018). Walking prescription of 10 000 steps per day in patients with type 2 diabetes mellitus: a randomised trial in Nigerian general practice. *British Journal of General Practice*, 68(667), e139-e145. <https://doi.org/10.3399/bjgp18X694613>.
- Garduno, A. C., LaCroix, A. Z., LaMonte, M. J., Dunstan, D. W., Evenson, K. R., Wang, G., Di, C., Schumacher, B. T. & Bellettiere, J. (2022). Associations of Daily Steps and Step Intensity with Incident Diabetes in a Prospective Cohort Study of Older Women: The OPACH Study. *Diabetes Care*, 45(2), 339-347. <https://doi.org/10.2337/dc21-1202>.
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M. & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1 • 9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077-e1086. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7).
- Hacker, E. D., Richards, R. L., Abu Zaid, M., Chung, S.-Y., Perkins, S. & Farag, S. S. (2022). STEPS to Enhance Physical Activity After Hematopoietic Cell Transplantation for Multiple Myeloma. *Cancer Nursing*, 45(3), 211-223. <https://doi.org/10.1097/NCC.0000000000001006>.
- Hajna, S., Ross, N. A. & Dasgupta, K. (2018). Steps, moderate-to-vigorous physical activity, and cardiometabolic profiles. *Preventive Medicine*, 107, 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.11.007>.
- Hernández-Reyes, A., Cámara-Martos, F., Molina-Luque, R. & Moreno-Rojas, R. (2020). Effect of an mHealth Intervention Using a Pedometer App with Full In-Person Counseling on Body Composition of Overweight Adults: Randomized Controlled Weight Loss Trial. *JMIR MHealth and UHealth*, 8(5), e16999. <https://doi.org/10.2196/16999>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Covid-19 principal causa de muerte en Hidalgo, INEGI. 2021*. <https://acortar.link/4sKhWV>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021) Módulo de práctica deportiva y ejercicio físico 2021. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/moprade/moprade2021.pdf>.
- Kamada, M., Kitayuguchi, J., Abe, T., Taguri, M., Inoue, S., Ishikawa, Y., Bauman, A., Lee, I.-M., Miyachi, M. & Kawachi, I. (2018). Community-wide intervention and population-level physical activity: a 5-year cluster randomized trial. *International Journal of Epidemiology*, 47(2), 642-653. <https://doi.org/10.1093/ije/dyx248>.
- Kujala, U. M., Hautasaari, P., Vähä-Ypyä, H., Waller, K., Lindgren, N., Iso-Markku, P., Heikkilä, K., Rinne, J., Kaprio, J. & Sievänen, H. (2019). Chronic diseases and objectively monitored physical activity profile among aged individuals –a cross-sectional twin cohort study. *Annals of Medicine*, 51(1), 78-87. <https://doi.org/10.1080/07853890.2019.1566765>.
- Lu, Y., Wiltshire, H. D., Baker, J. S., Wang, Q., Ying, S., Li, J. & Lu, Y. (2022). Associations between Objectively Determined Physical Activity and Cardiometabolic Health in Adult Women: A Systematic Review and

- Meta-Analysis. *Biology*, 11(6), 925. <https://doi.org/10.3390/biology11060925>
- Malo Serrano, M., Castillo M., N. & Pajita D., D. (2017). *La obesidad en el mundo. Anales de La Facultad de Medicina*, 78(2), 67. <https://doi.org/10.15381/anales.v78i2.13213>.
- Mañas, A., del Pozo Cruz, B., Ekelund, U., Losa Reyna, J., Rodríguez Gómez, I., Carnicero Carreño, J. A., Rodríguez Mañas, L., García García, F. J. & Ara, I. (2022). Association of accelerometer-derived step volume and intensity with hospitalizations and mortality in older adults: A prospective cohort study. *Journal of Sport and Health Science*, 11(5), 578-585. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.05.004>.
- Mascaró, C. M., Bouzas, C., Montemayor, S., Casares, M., Llompарт, I., Ugarriza, L., Borrás, P.-A., Martínez, J. A. & Tur, J. A. (2022). Effect of a Six-Month Lifestyle Intervention on the Physical Activity and Fitness Status of Adults with NAFLD and Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 14(9), 1813. <https://doi.org/10.3390/nu14091813>
- Master, H., Annis, J., Huang, S., Beckman, J. A., Ratsimbazafy, F., Marginean, K., Carroll, R., Natarajan, K., Harrell, F. E., Roden, D. M., Harris, P. & Brittain, E. L. (2022). Association of step counts over time with the risk of chronic disease in the All of Us Research Program. *Nature Medicine*, 28(11), 2301–2308. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-02012-w>
- Matson, T. E., Renz, A. D., Takemoto, M. L., McClure, J. B. & Rosenberg, D. E. (2018). Acceptability of a sitting reduction intervention for older adults with obesity. *BMC Public Health*, 18(1), 706. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5616-1>.
- Méndez-Hernández, L. D., Ramírez-Moreno, E., Barrera-Gálvez, R., Cabrera-Morales, M. D. C., Reynoso-Vázquez, J., Flores-Chávez, O. R., ... & Arias-Rico, J. (2022). Effects of Strength Training on Body Fat in Children and Adolescents with Overweight and Obesity: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Children*, 9(7), 995.
- Okwose, N. C., Avery, L., O'Brien, N., Cassidy, S., Charman, S. J., Bailey, K., Velicki, L., Olivotto, I., Brennan, P., MacGowan, G. A. & Jakovljevic, D. G. (2019). Acceptability, Feasibility and Preliminary Evaluation of a Novel, Personalised, Home-Based Physical Activity Intervention for Chronic Heart Failure (Active-at-Home-HF): a Pilot Study. *Sports Medicine-Open*, 5(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0216-x>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). *Las diez principales causas de defunción*. OMS.
- Ozaslan, B., Patek, S. D. & Breton, M. D. (2020). Impact of Daily Physical Activity as Measured by Commonly Available Wearables on Mealtime Glucose Control in Type 1 Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 22(10), 742-748. <https://doi.org/10.1089/dia.2019.0517>.
- Paluch, A. E., Gabriel, K. P., Fulton, J. E., Lewis, C. E., Schreiner, P. J., Sternfeld, B., Sidney, S., Siddique, J., Whitaker, K. M. & Carnethon, M. R. (2021). Steps per Day and All-Cause Mortality in Middle-aged Adults in the Coronary Artery Risk Development in Young Adults Study. *JAMA Network Open*, 4(9), e2124516. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.24516>.
- Paredes Prada, E.T., Pérez Casanova MF., Lima Rodríguez J.A. Actividad física en adultos: recomendaciones, determinantes y medición. *Rev haban cienc méd [Internet]*. 2020; 19(4): e2906.
- Perea-Caballero, A. L., López-Navarrete, G. E., Perea-Martínez, A., Reyes-Gómez, U., Santiago-Lagunes, L. M., Ríos-Gallardo, P. A., ... & De la Paz-Morales, C. (2020). Importancia de la actividad física. *Salud Jalisco*, 6(2), 121-125.
- Shcherbina, A., Hershman, S. G., Lazzeroni, L., King, A. C., O'Sullivan, J. W., Hekler, E., Moayedi, Y., Pavlovic, A., Waggott, D., Sharma, A., Yeung, A., Christle, J. W., Wheeler, M. T., McConnell, M. V., Harrington,

- R. A. & Ashley, E. A. (2019). The effect of digital physical activity interventions on daily step count: a randomised controlled crossover substudy of the MyHeart Counts Cardiovascular Health Study. *The Lancet Digital Health*, 1(7), e344–e352. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(19\)30129-3](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30129-3).
- Sheshadri, A., Kittiskulnam, P., Lazar, A. A. & Johansen, K. L. (2020). A Walking Intervention to Increase Weekly Steps in Dialysis Patients: A Pilot Randomized Controlled Trial. *American Journal of Kidney Diseases*, 75(4), 488-496. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.07.026>.
- Swartz, A. M., Wamsley, C., Crownover, E., Tarima, S., Gaglianella, N., Deal, K. & Burns, E. (2022). Move more and sit less pilot intervention for individuals with heart failure. *International Journal of Cardiology*, 366, 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2022.06.071>.
- Van de Port, I., Punt, M. & Meijer, J. W. (2020). Walking activity and its determinants in free-living ambulatory people in a chronic phase after stroke: a cross-sectional study. *Disability and Rehabilitation*, 42(5), 636-641. <https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1504327>.
- Williams, D. M., Matthews, C. E., Rutt, C., Napolitano, M. A. & Marcus, B. H. (2008). Interventions to Increase Walking Behavior. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(7), S567-S573. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c7006>.
- Williams, J., Stubbs, B., Richardson, S., Flower, C., Barr-Hamilton, L., Grey, B., ... & Craig, T. (2019). ‘Walk this way’: results from a pilot randomised controlled trial of a health coaching intervention to reduce sedentary behaviour and increase physical activity in people with serious mental illness. *BMC psychiatry*, 19, 1-10.
- Xu, Z., Zahradka, N., Ip, S., Koneshloo, A., Roemmich, R. T., Sehgal, S., Highland, K. B. & Searson, P. C. (2022). Evaluation of physical health status beyond daily step count using a wearable activity sensor. *Npj Digital Medicine*, 5(1), 164. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00696-5>.
- Yamamoto, N., Miyazaki, H., Shimada, M., Nakagawa, N., Sawada, S. S., Nishimuta, M., Kimura, Y., Kawakami, R., Nagayama, H., Asai, H., Lee, I.-M., Blair, S. N. & Yoshitake, Y. (2018). Daily step count and all-cause mortality in a sample of Japanese elderly people: a cohort study. *BMC Public Health*, 18(1), 540. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5434-5>.

Desafíos y retos de la movilidad sustentable en el mundo contemporáneo
se terminó de imprimir en el mes de abril de 2024,
en los talleres gráficos de la Editorial Universitaria de la UAEH.
Corrección ortográfica: Gabriela Cruz Valdés.



M



UAEH

FINI
FESTIVAL INTERNACIONAL DE LA IMAGEN