XVII SIIU Seminário Internacional de Investigação em Urbanismo
21 a 22 agosto 2025 CAMPINAS VALENCIA 19 a 20 junho 2025
DOI: 10.5821/siiu.14185

CAMINABILIDAD

Factores biofísicos para la movilidad activa en ciudades sostenibles

CÁRDENAS, Maria Fernanda[1]
GIRALDO OSPINA, Tania[2]
PINZÓN BOTERO, Maria Victoria[3]

Resumen
Cities are focusing their efforts on promoting active mobility to encourage a healthy lifestyle, increase physical activity, and strengthen personal autonomy. The objective was to evaluate the impact of biophysical factors on daily walkability. The hypothesis was that urban pedestrians' active mobility is affected by their preference for sidewalks with appropriate surroundings and features. This exercise was conducted in three Colombian cities with different reliefs and altitudes: Palmira (1000 m), Medellín (1495 m), and Manizales (2160 m). Routes measuring 100 meters in length were selected, with varying gradients and biophysical conditions. Many variables influence walkability. It was found that gradient descent negatively impacts walking speed. Shade from urban trees and the physical conditions of the route impact comfort, route choice, and walking satisfaction. Commerce, the mix of uses, and urban vitality also have positive effects on reducing pollutant emissions, with benefits for health and urban sustainability. An inverse relationship was found between walking speed and slope, with differences in ascent and descent speeds. Likewise, frequency of use and traffic speed are related to the activities performed; therefore, when walking is required for mandatory activities, speed increases, decreasing the importance of thermal comfort and sidewalk infrastructure conditions.

Keywords: *Colombia, pedestrian infrastructure, walking, urban vitality.*

Resumo
As cidades estão concentrando seus esforços na promoção da mobilidade ativa para incentivar um estilo de vida saudável, aumentar a atividade física e fortalecer a autonomia pessoal. O objetivo foi avaliar o impacto de fatores biofísicos na caminhabilidade diária. A hipótese era que a mobilidade ativa dos pedestres urbanos é afetada por sua preferência por calçadas com entorno e características apropriadas. Este exercício foi realizado em três cidades colombianas com diferentes relevos e altitudes: Palmira (1000 m), Medellín (1495 m) e Manizales (2160 m). Rotas medindo 100 metros de comprimento foram selecionadas, com diferentes declives e condições biofísicas. Muitas variáveis influenciam a caminhabilidade. Foi constatado que a descida do gradiente impacta negativamente a velocidade da caminhada. A sombra das árvores urbanas e as condições físicas da rota impactam o conforto, a escolha da rota e a satisfação ao caminhar. O comércio, a mistura de usos e a vitalidade urbana também têm efeitos positivos na redução das emissões de poluentes, com benefícios para a saúde e a sustentabilidade urbana. Foi encontrada uma

[1] Profesora Asociada. Grupo de investigación en Dinámicas Urbano Regionales, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia. https://orcid.org/0000-0002-1804-6280, mfcarden@unal.edu.co.
[2] Profesora Asociada. Grupo de investigación en Gestión de la infraestructura de transporte y del espacio público, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, https://orcid.org/0000-0002-7643-8565, tgiraldoo@unal.edu.co.
[3] Profesora Asociada. Grupo de investigación Prospectiva Ambiental, Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, https://orcid.org/0000-0002-4901-5540, mvpinzonb@unal.edu.co.

relação inversa entre a velocidade da caminhada e a inclinação, com diferenças nas velocidades de subida e descida. Da mesma forma, a frequência de uso e a velocidade do trânsito estão relacionadas às atividades realizadas; portanto, quando se exige caminhar para atividades obrigatórias, a velocidade aumenta, diminuindo a importância do conforto térmico e das condições de infraestrutura das calçadas.

Palavras-chave: *Colômbia, infraestrutura para pedestres, caminhada, vitalidade urbana.*

Línea: *Cidade.*

Área temática: *Mobilidade.*

1. Introducción

Las ciudades se enfrentan al reto de la sostenibilidad buscando formas diferentes de ofrecer un mayor bienestar a su población. Bajo esta perspectiva enfocan gran parte de sus esfuerzos en fomentar una movilidad eficiente y amigable con el ambiente para reducir la contaminación, soportar y animar la vida urbana. Hay muchos factores y elementos biofísicos que inciden en la experiencia del peatón, tales como accesibilidad, conectividad, seguridad, tamaño y estado de las aceras, densidad poblacional o comercial, y presencia de naturaleza. Para el caso de ciudades en montaña, las pendientes también inciden en la decisión de caminar y en la velocidad.

La calidad de la infraestructura peatonal promueve la caminabilidad, la cual se refiere al potencial para caminar, derivado de la presencia o ausencia de factores en el entorno circundante relacionados con el atractivo de una ciudad (Dörrzapf *et al.*, 2019). Con ello se contribuye al incremento de los espacios públicos de encuentro, se fortalece la autonomía personal y se estimula la actividad física. Según Domeneghini *et al.* (2022) los factores que inciden en la caminabilidad son: (i) la infraestructura, (ii) las condiciones del tráfico y el comportamiento, (iii) los entornos construidos y naturales, y (iv) las relaciones sociales. La movilidad activa es un tipo de desplazamiento que usa la energía del cuerpo, ya sea caminando o a través de otros medios de transporte, como la bicicleta. Esta contribuye a fomentar una vida más saludable, reducir el sedentarismo contemporáneo, la demanda de transporte motorizado y la congestión vehicular, disminuyendo la contaminación ambiental.

Gehl (2014) relaciona la calidad del espacio público con las actividades al aire libre, las cuales agrupa en tres categorías: obligatorias, opcionales y sociales. Considera que a mayor calidad se observa un incremento de las actividades opcionales, si el momento y el lugar son propicios, como caminar, tomar el sol o ver personas pasar, las cuales a su vez fomentan las actividades sociales porque ocurren de manera espontánea y son un indicador directo de calidad. Esto indica que a mayor calidad hay un incremento en las actividades opcionales con incidencia en el aumento de las actividades sociales. En la medida que la calidad del espacio público mejora, las actividades al aire libre tienden a aumentar en número, duración y alcance (Gehl, 2006).

Esto también influye en la duración de las actividades en los andenes cuando cuentan con espacios públicos de calidad. Por lo tanto, el tiempo de caminata se incrementa porque los peatones disfrutan más el recorrido, incluso se fomentan las actividades opcionales y en consecuencia, las sociales. También, se pueden obtener otros resultados al analizar la interacción entre los ámbitos de uso (usuarios) y soporte (infraestructura). Un buen ejemplo resulta de los desplazamientos a pie desde las viviendas hasta el espacio público de influencia barrial para el desarrollo de actividades cotidianas, los cuales generan recorridos frecuentes y rutinarios.

El objetivo fue evaluar la incidencia de factores biofísicos en la caminabilidad cotidiana de los habitantes en algunos transectos de las ciudades de Medellín, Manizales y Palmira. La hipótesis consistió en que la movilidad activa de los peatones urbanos se ve afectada por la preferencia de los transeúntes por andenes con entornos y elementos adecuados, tales como la presencia de sombra y arbolado urbano, bajas pendientes y condiciones de infraestructura peatonal, que inciden en el confort y la velocidad de caminata.

2. Metodología

Se emplearon técnicas de observación directa y ejercicios cronometrados para llevar a cabo la evaluación de la movilidad peatonal en las diferentes rutas. Los ejercicios cronometrados consistieron

en medir los tiempos de recorrido de usuarios con diversas características. Este enfoque está basado en la metodología propuesta por Guío Burgos (2010) y Chambers & Sutherland (2002).

Este ejercicio se realizó en tres ciudades colombianas con diferentes relieves y altitudes: Palmira 1000, Medellín 1495 y Manizales 2160 msnm (Fig. 1). En cada una de ellas se eligieron al menos tres rutas de 100 metros de longitud. La longitud para los experimentos se definió con base en casos anteriores reportados (León & March, 2016; Post *et al.*, 2009), considerando la variabilidad natural del terreno en las ciudades andinas, donde se encuentran tramos con pendientes variadas y en algunos casos donde se dificulta encontrar tramos muy largos con pendientes relativamente homogéneas.

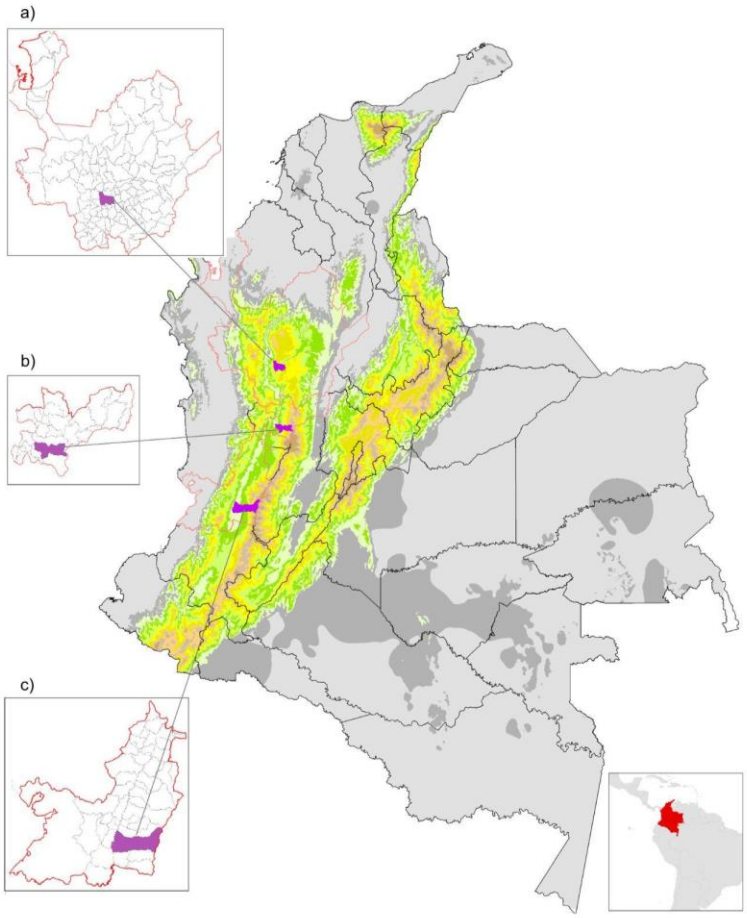


Fig. 1 *Localización de las tres ciudades en Colombia: a) Medellín, b) Manizales, c) Palmira.* Fonte: Los autores

En la selección de los tramos a evaluar también se tuvieron en cuenta las condiciones biofísicas de las calles. Fueron seleccionadas vías que conectarán con equipamientos – como espacio público y universidades – espacios de encuentro como parques recreacionales, centros comerciales, infraestructura de transporte – como estaciones de metro o de autobuses – y/o sitios de interés. Aunque las vías contarán con estos requerimientos para su análisis, no necesariamente indicaban que fueran vías de alto tránsito, pero sí vías por las que los ciudadanos y visitantes transitan diariamente con desplazamientos obligados o por motivos de esparcimiento. Asimismo, se eligieron calles que presentan contrastes entre ellas, por la presencia o ausencia de árboles o vegetación de porte alto que brinda sombra y mejora el confort térmico para los transeúntes. Y como es el caso de las ciudades andinas, también se tuvieron en cuenta los diferentes rangos de pendiente, a fin de evaluar la incidencia de esta variable en la velocidad de caminata.

En cada uno de los tramos analizados se identificaron los elementos constitutivos del entorno relacionados con la infraestructura verde y gris. Fue así como se evaluó el estado a partir de:

- La infraestructura verde: identificando número, tamaño y localización de árboles, también la presencia de zonas verdes, huertas y jardines ubicados en el transecto de caminata como

elementos de la vegetación que brindan un paisaje estéticamente agradable, además de sombra y frescura.

- La infraestructura gris: identificando la cantidad y localización del mobiliario (postes de energía, luminarias, bancas, canecas para basura, semáforos, hidrantes, paraderos, etc.); el uso actual predominante del suelo y el estado del andén donde se observó su ancho, estado funcional (rompimiento, deterioro u obstáculos) y regularidad tanto en superficie como en altura.

Adicionalmente se midió la velocidad de caminata de los peatones sin realizar ningún filtro a la muestra. Fue así cómo se midió la velocidad de caminata a personas de diferentes edades, estado de salud, género o factores sociales o económicos, si transitaban solos o acompañados o en situación de limitación o discapacidad con el fin de evaluar su desempeño en diferentes condiciones de sombra y pendiente. Los horarios elegidos para realizar la medición fueron diurnos, por ser estos los de mayor actividad, posibilidad de estudio por motivos de seguridad y disposición por parte del grupo de estudiantes tomador de datos. No se discriminaron los horarios pico buscando conocer la dinámica en diferentes horas del día.

En cada tramo de vía elegido se realizaron observaciones para determinar las condiciones biofísicas del entorno y mediciones de velocidad pedestre. Las mediciones se realizaron estableciendo los puntos de inicio y finalización de la distancia de 100m en el andén, y midiendo las velocidades de recorrido, empleando un cronómetro, las cuales se fueron registrando en un formulario digital. Para el caso de las calles con pendientes mayores a 3%, en el registro se diferenciaron los recorridos con dirección ascendente y descendente.

En cada caso, los registros se hicieron con apoyo de estudiantes: en Palmira se hizo con estudiantes de Ingeniería Ambiental, en el marco de la asignatura Ciudad y Ambiente, semestre 01-2024 y del Semillero de Investigación Ambiental (SIAMB) Grupo de Investigación Prospectiva Ambiental; en Manizales se realizaron con estudiantes de arquitectura pertenecientes al Semillero URBI-SIG de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura; y en Medellín se hicieron con estudiantes de pregrado y posgrado de programas como ingeniería forestal y ambiental, geología y arquitectura, pertenecientes al Semillero de Investigación GEUR. Cada participante recorrió al menos seis veces cada trayecto de manera continua y realizando mediciones de tiempo a transeúntes que pasaban por las calles, con lo cual se pueden marcar diferencias entre los primeros y los últimos recorridos. Con el fin de ampliar la muestra, también se hicieron sin discriminar grupos poblacionales por edades, estado de salud, género o factores sociales o si transitaban solos o acompañados.

3. Resultados

3.1. Hallazgos en las tres ciudades

3.1.1. Palmira

Se encontró que la mayor parte de los caminantes (62,1%) son adultos entre los 18 y 26 años, seguidos de un 15,2% por personas de 12 a 17 años. Las diferencias en las ocho rutas de la velocidad de caminata entre los recorridos bajo el sol (4 rutas) y con sombra (4 rutas), son poco significativas, especialmente para las esperadas en una ciudad de clima cálido (Fig. 2). En los recorridos de sombra la velocidad promedio fué de 1,40 minutos por transecto, mientras que para los recorridos de sol fue de 1,66 minutos; con una diferencia del 15,66% de menos tiempo para transectos de sombra respecto a los de sol.

La mayoría de los recorridos muestran infraestructuras funcionales para la caminabilidad, los principales hallazgos de disfuncionalidad se presentan en dos calles de sol localizadas en el centro de la ciudad (calle 30 entre carreras 28 y 29 y 30 y 31) con andenes inclinados, con grietas y obstáculos. Los recorridos de sombra cuentan en su mayoría con un número reducido de árboles, pero en algunos casos (ruta 3 sombra) con sólo 5 árboles, la mayoría ceibas, se genera sombra en el 94% del transecto. Uno de los transectos (ruta 2 sombra) que presentó mayor número de árboles (14) no representa sombras significativas al ser estas palmeras. En el 50% de las rutas la presencia de jardín es representada por fragmentos del separador verde y algunos arbustos. En ningún caso se encontraron huertas.

El ancho del andén es constante para el 62,5% de las rutas con un promedio de 2,28 metros con diferencias significativas entre rutas residenciales de 1 metro y un caso particular de la calle semipeatonal de 4,74 metros. En pocos casos (31,25%) se presentaron grietas, cambios de nivel y

obstáculos, pero siempre son mayores en los recorridos de sol. La regularidad del andén es una característica predominante en todas las rutas (68,75%); sólo una presentó un 81,81% de su recorrido irregular, mientras que las otras dos presentaron un 39,39 y 30,30 % respectivamente. Las demás se encuentran en su totalidad en condiciones regulares y por ello en condiciones de adecuada funcionalidad.



Fig. 2 *Fotografías de algunas vías evaluadas en Palmira.* Fuente: Los autores

De esta manera se observa como en una ciudad de baja pendiente, casi plana, el bienestar y la velocidad de la caminata son afectados principalmente por las deficiencias de la infraestructura física y los recorridos con sombra; además por su localización asociada a los diferentes usos del suelo (zona centro con usos mixtos o predominantemente comercial y zonas residenciales). Contrastando los transectos estudiados, se encontraron relaciones directas entre funcionalidad, regularidad y ancho del andén. En cuanto a las velocidades de caminata, se obtuvieron 160 datos que permitieron identificar

una relación directa entre velocidad y sombra con tiempos más cortos de caminata a excepción de una de las rutas (ruta 1) por el tipo de árboles que brindan poca sombra (Fig. 3).

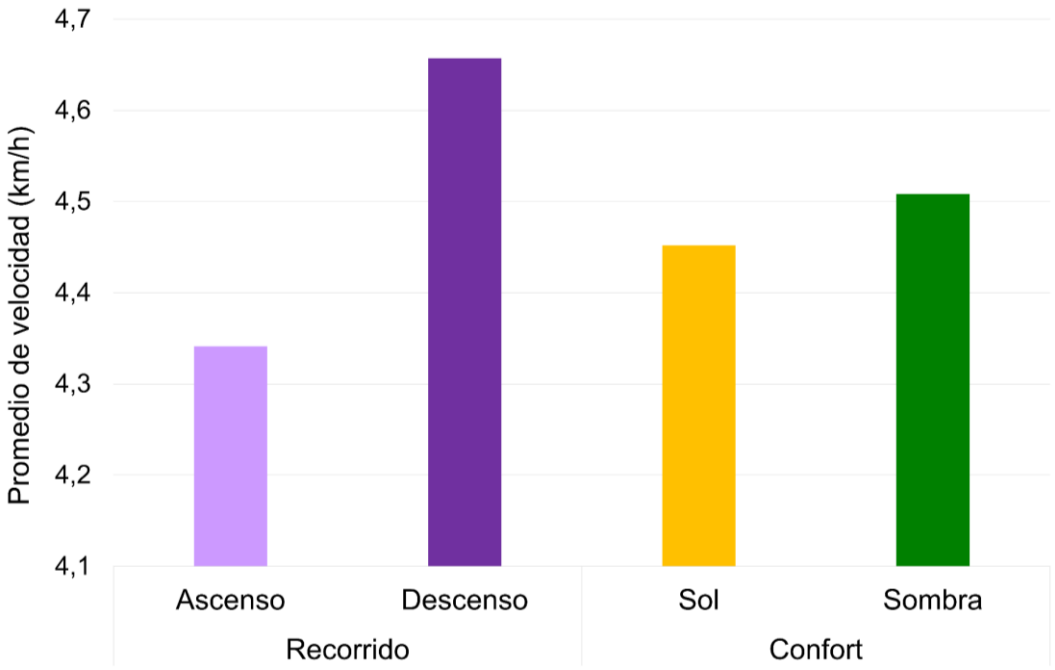


Fig. 3 *Velocidades promedio medidas en ocho calles de Palmira, diferenciando entre recorridos con sombra y sol y en ascenso y descenso.* Fuente: Los autores

3.1.2. Medellín

Se hizo el ejercicio en ocho rutas distribuidas por toda la ciudad, con condiciones que iban desde zonas planas o con bajas pendientes, arbolado, mobiliario, y andenes en buenas condiciones (Fig 4. centro); algunas con pendientes intermedias (entre 8 – 18%), con diferentes calidades de andenes y de sombra (Fig 4. arriba); hasta otras en calles con pendientes de 29 y 33%, que también presentan variaciones en sus factores biofísicos, siendo las más críticas aquellas con poca vegetación y andenes discontinuos, con múltiples escaleras o separados de las vías por antejardines o parqueaderos que los vuelven poco prácticos, por lo que la gente opta por transitar por las calles (Fig. 4. abajo).



Fig. 4 *Fotografías de algunas vías evaluadas en Medellín.* Fuente: Los autores

Contrastando las vías entre sí, se encontraron relaciones directas entre la presencia de arbolado urbano, las condiciones de los andenes y los usos del suelo, con las velocidades de tránsito, lo que indica que se transita a mayor velocidad donde hay sombra o mayor confort térmico, andenes adecuados y mezcla de usos.

Con respecto a las velocidades de caminata, se obtuvieron 553 datos que permitieron verificar la hipótesis de que hay una relación inversa entre la pendiente y la velocidad promedio de caminata. También se encontraron diferencias en las velocidades de ascenso y descenso en las calles con diversas pendientes, siendo mayor la velocidad de descenso hasta en 18% (Fig. 5).

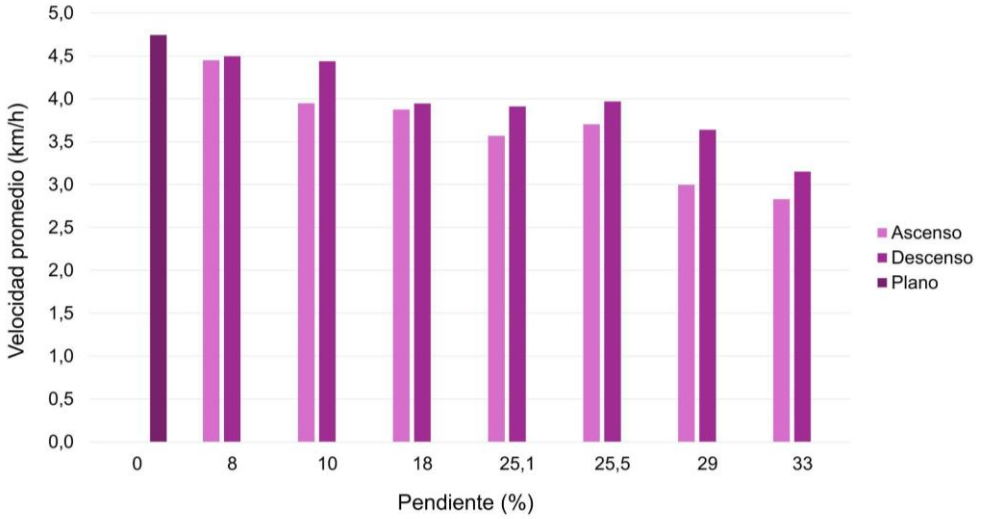


Fig. 5 *Velocidades promedio medidas en ocho calles de Medellín, diferenciando entre recorridos en ascenso y descenso.* Fuente: Los autores

3.1.3. Manizales

El ejercicio se hizo en cuatro rutas cercanas al Campus El Cable de la Universidad Nacional de Colombia porque es un sector de afluencia peatonal, con posibilidad de encontrar calles con pendientes entre el 1% y el 20% y con diferentes calidades de andenes, mobiliario y sombra con variaciones en sus factores biofísicos (Fig. 6). Se hallaron intervenciones en elementos del espacio público sin que se evidencie impacto en las velocidades medias de los peatones.



Fig. 6 *Fotografías de la Avenida Santander entre cra. 23B y calle 65 en Manizales.* Fuente: Los autores

En una de las rutas (calle 65 entre cra. 23b y cra. 23) se encontraron relaciones directas entre las actividades obligatorias y la calidad del andén, ya que los usuarios prefieren caminar por el andén que dirige al paradero del transporte público, a pesar de ser un recorrido estrecho y sin sombra, mientras que el andén del otro lado es menos transitado, aunque es más confortable y agradable para caminar.

El tiempo de caminata se incrementó de forma proporcional con la edad de los caminantes y la pendiente. El tiempo en ascenso fue mayor que en el descenso, particularmente para las personas más jóvenes, mientras que los adultos mayores tienden a tiempos similares. La diferencia entre los tiempos de caminata en ascenso y descenso varía hasta en 20% en vías con pendientes fuertes (Fig. 7). Estas observaciones se aplican para el promedio de los datos observados, los cuales presentan una importante dispersión. También, se hallaron relaciones directas entre la presencia de sombra, los usos del suelo y el tipo de actividades.

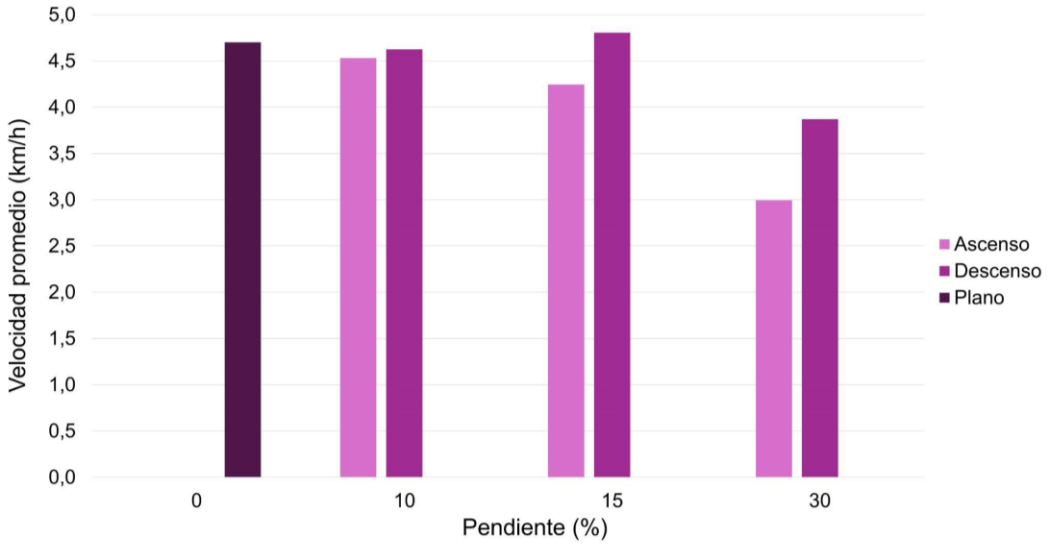


Fig. 7 *Velocidades promedio medidas en cuatro calles de Manizales, diferenciando entre recorridos en ascenso y descenso.* Fuente: Los autores

3.2. Comparación entre las ciudades analizadas

3.2.1. Aspectos comunes

Un enfoque holístico del espacio público (ingenieril-social-ambiental) y particularmente de las apuestas por una movilidad segura debe tener en cuenta los intereses de la comunidad, de allí que el mobiliario requiera incorporar la demanda de las personas que caminan para responder a sus necesidades funcionales y de confort (Vindas y Hernández, H.2025).

En las tres ciudades, el mobiliario de la calle que acompaña una adecuada caminabilidad presenta un mayor número de luminarias, postes y basureros (Fig. 8). En casos particulares de rutas con un carácter particular la presencia de bancas como en Palmira (calle semipeatonal en la zona centro y lateral a un parque principal), bolardos como en Manizales y zonas cubiertas como en Medellín, corresponde al mayor número de otros elementos.

	PALMIRA									MANIZALES					MEDELLÍN			
RUTAS	R1 Sol	R1 Sombra	R1 Sol	R1 Sombra	R1 Sol	R3 Sombra	R1 Sol	R4 Sombra	**Subtotal**	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	**Subtotal**	R1 Madera	R2 Suramericana	R3 Aguacatala	**Subtotal**
Árboles	3	3		14	6	5	2	4	37	8		12		20	43	35	32	110
Postes	2	2		3			4	2	13	3	4	2	2	11				
Iluminación	2	2		1	6	7	4	2	24	2	1	2		5	10	17	8	35
Basureros				3	2	3			8	3		2		5	1	1	5	7
Bancas					39	7			46						1		3	4
Semáforos					1				1	1	1			2				
Paraderos de bus										1				1				
Ventas ambulantes										2		3		5				
Avisos publicitarios				1					1	1		5		6				
Bolardos											30	12		42				
Señalización		1		2					3		1			1				
Zonas cubiertas		2							2						2	4		6
Hidrante					1				1									
Cámara de seguridad					1				1									
Caja control eléctrico										1				1				
Anclaje para bicicletas										1				1				
Jardineras										1			6	6				

Fig. 8 *Tabla con inventario de mobiliario clasificado por rutas en las tres ciudades.* Fuente: Los autores

Según Chávez (2025) el aprovechamiento del desnivel de una calle podría ser un espacio potencial para generar espacios multifuncionales, socialmente activos y con menor impacto ambiental por movimientos de tierra. Además, su mobiliario permitiría un mejor aprovechamiento y potenciaría la experiencia del usuario, apropiación y la identidad del lugar. Es así como las pendientes pronunciadas de las calles de ciudades andinas como Medellín y Manizales, e incluso los cambios de nivel en ciudades casi planas como Palmira, podrían convertirse en una oportunidad para nuevas configuraciones espaciales y de mobiliario del espacio público y con ello de su paisaje y aprovechamiento.

Actualmente el diseño del mobiliario urbano se basa en tres pilares claves (García, 2025) sostenibilidad, accesibilidad y funcionalidad. Para el caso de las tres ciudades el mobiliario responde principalmente a un requerimiento técnico de infraestructura, funcionalidad y seguridad, y, en segundo lugar, con significativa diferencia, de sanidad pública. La demanda social de mobiliario para el bienestar como bancas, paraderos o zonas cubiertas es bastante escasa en todas las rutas.

3.2.2. Aspectos diferenciales

Un análisis estadístico simple permite evidenciar cómo se reduce la velocidad de caminata al incrementar las pendientes. Con coeficientes de determinación de 90,4 y 91,2%, se obtuvieron ecuaciones lineales que presentan coeficientes muy similares, según los cuales, la tasa a la que se reduce la velocidad de caminata es de 0,054 o 0,059. También hay similitudes en el parámetro que señala los valores en pendiente cero, con leves diferencias, donde las personas caminan a una velocidad media de 4,76 km/h en Medellín, y de 4,93 km/h en Manizales (Fig. 9).

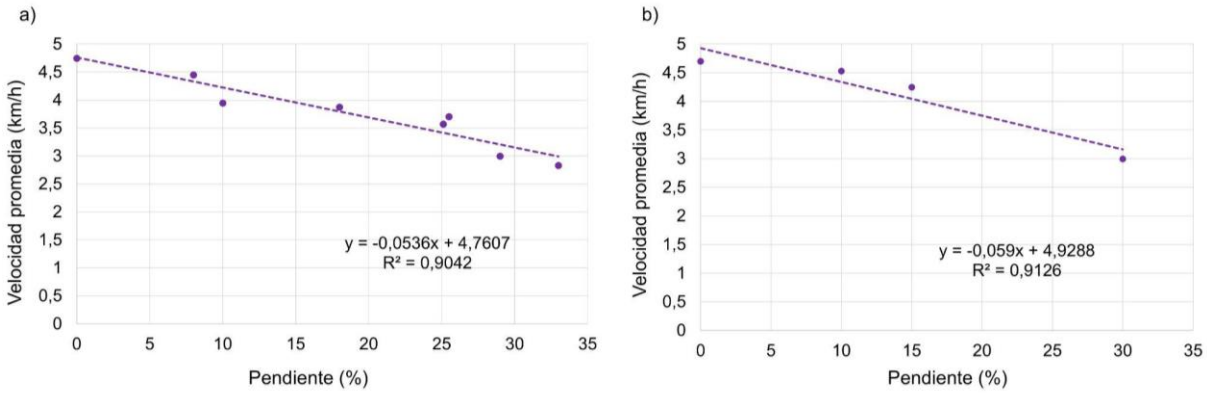


Fig. 9 *Gráficas y ecuaciones obtenidas para las regresiones lineales de la velocidad promedia de caminada en función de la pendiente en a) Medellín, b) Manizales.* Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Ciudades sostenibles y sus retos de movilidad activa

WHO (2012; 2016) propuso indicadores de calidad de vida urbana como la proporción de población urbana que vive a menos de 500 metros de una parada de transporte urbano, la proporción de calles urbanas con andenes, la población que puede acceder a espacios públicos en una distancia inferior a 300 metros o un tiempo de caminata menor que cinco minutos.

Las zonas urbanas que cuentan con mezcla de usos complementarios al uso residencial y buenas conexiones permiten que sus habitantes realicen sus actividades cotidianas en el mismo entorno, contribuyendo a la reducción de la demanda de viajes, ya que las actividades cotidianas se encuentran a una distancia cómoda a pie inferior a 15 minutos de su lugar de residencia. Sin embargo, estas condiciones urbanas sólo coinciden en algunos sectores privilegiados de las ciudades analizadas en este trabajo.

No obstante, la distancia que las personas están dispuestas a caminar depende en gran medida del confort y la facilidad para realizar los desplazamientos donde es fundamental la conectividad física entre los recorridos peatonales. Por lo tanto, se aumenta el tiempo destinado a la caminata, con beneficios para la salud pública y la vitalidad urbana al fomentar la interacción social. Los transectos analizados con mayor confort térmico también tienen incidencia positiva en la conectividad ecológica, lo cual aumenta el nivel de bienestar al caminar y la interacción dinámica entre especies.

4. Conclusiones

Hay muchas variables que influyen en la caminabilidad. La pendiente incide negativamente en la velocidad de caminata. La sombra del arbolado urbano y las condiciones físicas del recorrido también tienen efectos en el confort de los peatones, en la elección de la ruta y la satisfacción al caminar. Cuando los usuarios pueden escoger el recorrido para sus actividades cotidianas, se encontró preferencia por rutas con mayor proximidad al paradero de transporte público. Los peatones también optan por caminar por la calle ante la irregularidad de andenes discontinuos, con múltiples escaleras o separados de las vías por antejardines o parqueaderos que los vuelven poco prácticos, incluso ante alternativas con mayores condiciones biofísicas favorables para la caminabilidad. Además, otros aspectos como el comercio, la mezcla de usos y la vitalidad urbana tienen efectos positivos en la movilidad activa de los habitantes y en la reducción de emisiones contaminantes, con beneficios para la salud, el dinamismo y la sostenibilidad de las ciudades.

Los resultados obtenidos permitieron validar la hipótesis, donde los factores biofísicos que inciden en la caminabilidad resultan relevantes y permiten orientar investigaciones relacionadas con potenciar la caminabilidad en las ciudades. La movilidad activa de los peatones urbanos se ve afectada por la preferencia de andenes con elementos adecuados en el entorno, tales como la presencia de sombra y arbolado urbano, bajas pendientes y condiciones de infraestructura peatonal, que inciden en el confort y la velocidad de caminata. Con las velocidades de caminata se halló una relación inversa entre la pendiente y la velocidad, con diferencias en las velocidades de ascenso y descenso. Para el caso de sol y sombra, las velocidades tuvieron variaciones favoreciendo la velocidad en la sombra destacando

la importancia del arbolado. La frecuencia de uso y la velocidad de tránsito también se relacionan con las actividades que se realizan; por lo tanto, cuando la acción de caminar se requiere para llevar a cabo actividades obligatorias la velocidad se incrementa, restando importancia al confort térmico y a las condiciones de infraestructura que presenta el andén.

5. Referencias

CHÁVEZ, O. (2025). Topografía y mobiliario urbano: estrategias de adaptación en el espacio público contemporáneo. *Revista De Ciencias Tecnológicas*, *8*(1), 1-16.

CHAMBERS, H. G., & SUTHERLAND, D. H. (2002). A Practical Guide to Gait Analysis. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *10*(3), 222-231.

DOMENEGHINI, J., MACKE, J., & SARATE, J. A. R. (2022). Walkability Drivers for Sustainable Cities: A Pedestrian Behavior Survey. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, *30*(1), 65-77.

DÖRRZAPF, L. et al. (2019). Defining and assessing walkability: A concept for an integrated approach using surveys, biosensors and geospatial analysis. *Urban Development Issues*, *62*(1), 5-15.

GARCÍA MARTÍN, V. (2025). Los bancos no serán solo para sentarse. Presente y futuro del mobiliario urbano. *Revista PARJAP*, *112*, 26-35.

GEHL, J. (2006). *La humanización del espacio urbano. La vida social entre los edificios*. Barcelona: Editorial Reverté.

GEHL, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones Infinito. ONU-HABITAT.

GUÍO BURGOS, F. A. (2010). Flujos peatonales en infraestructuras continuas: Marco conceptual y modelos representativos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, *29*, 1-25.

LEÓN, J., & MARCH, A. (2016). An urban form response to disaster vulnerability: Improving tsunami evacuation in Iquique, Chile. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *43*(5), 826-847.

POST, J. et al. (2009). Assessment of human immediate response capability related to tsunami threats in Indonesia at a sub-national scale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *9*(4), 1075-1086.

VINDAS ARAUJO, C., & HERNÁNDEZ VEGA, H. (2025). Soluciones sensibles al contexto en proyectos de movilidad: caso de aplicación en la calle El Paseo de los Turistas. *Quivera Revista De Estudios Territoriales*, 27(1), 157-180.

WHO. (2012). *Health Indicators of sustainable cities.* 6. World Health Organization.

WHO. (2016). *Urban green spaces and health. A review of evidence.* World Health Organization. Regional Office for Europe.