UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Efecto del programa Bicirrun de la Universidad Nacional en los niveles de actividad física de la comunidad universitaria.

Angie Natalia Suárez-Cuervo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Movimiento Corporal Humano
Bogotá, Colombia
Año 2025

Efecto del programa Bicirrun de la Universidad Nacional en los niveles de actividad física de la comunidad universitaria.

Angie Natalia Suárez-Cuervo

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

Magíster en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Director (a): Msc. PhD. Edgar Hernández-Álvarez

Línea de Investigación: “Actividad Física y Entorno Construido” perteneciente al semillero “Salud Muscular y Biomarcadores”

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de movimiento corporal humano
Bogotá, Colombia
Año 2025

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Angie Natalia Suárez Cuervo

Fecha 07/02/2024

Tabla de Contenido

	Pág.
Lista de Figuras	5
Lista de tablas	6
Resumen	7
Introducción	11
1. Marco Conceptual	13
1.1 Antecedentes	13
1.2 Planteamiento del Problema	15
1.3 Justificación	17
2. Marco Teórico	19
2.1 Actividad Física y Transporte activo	19
2.2 ¿Qué es un Sistema de Bicicletas Compartidas (SBC)?	20
2.2.1 Panorama Mundial	20
2.2.2 Panorama en Latinoamérica	22
2.2.3 Panorama en Colombia	23
2.2.4 Panorama Universitario	26
2.3 Teoría Ecológica	27
3. Marco Metodológico	30
3.1 Pregunta de Investigación	30
3.2 Objetivos	31
3.3 Hipótesis	31
3.4 Diseño del estudio	32
3.5 Operacionalización de Variables	33
3.6 Materiales y Métodos	36
3.7 Consideración éticas	44
4. Resultados	46
4.1 Fase Retrospectiva	46
4.2 Fase Prospectiva	56
5. Discusión	69
6. Conclusiones	78
Anexos	80
Referencias	89

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Póster de difusión de la convocatoria para la participación en la fase prospectiva 37

Figura 2. Escala de Borg Modificada 41

Figura 3. Acelerómetros ActiGraph WGT3X-BT 43

Figura 4. Mapa de Estaciones de Bicirrun en el Campus Universitario 47

Figura 5. Mediana de préstamos mensuales de bicicletas 51

Figura 6. Mediana de Préstamos Anuales de Bicicletas 52

Figura 7. Mediana de Préstamos por mes según sexo 53

Figura 8. Mediana de préstamos por Mes según Filiación Institucional 54

Figura 9. Recuento Total de Préstamos por Portería 55

Figura 10. Comportamiento de la frecuencia cardíaca y escala de Borg durante los trayectos en Bicirrun 60

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1. Cuadro de variables para el objetivo específico No. 1 34

Tabla 2. Cuadro de variables para el objetivo específico No. 2 34

Tabla 3. Cuadro de variables para el objetivo específico No. 3 35

Tabla 4. Características sociodemográficas y niveles de actividad física de los usuarios del programa Bicirrun de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. 58

Tabla 5. Uso del programa Bicirrun y características de los recorridos en Bicicleta 61

Tabla 6. Efecto del programa Bicirrun en los niveles de Actividad Física de la comunidad universitaria 65

Tabla 7. Contribución del programa Bicirrun a las recomendaciones mundiales de Actividad Física 68

Efecto del programa Bicirrun de la Universidad Nacional en los niveles de actividad física de la comunidad universitaria.

Resumen

La inactividad física y el comportamiento sedentario son reconocidos como importantes desafíos de salud pública a nivel mundial debido a su asociación con disminución de calidad de vida y presencia de enfermedades crónicas no transmisibles. Los entornos construidos y las intervenciones medioambientales desempeñan un papel fundamental en la configuración de estilos de vida más saludables, siendo el transporte activo y los sistemas de bicicletas compartidas (SBC), una de las estrategias más eficaces para promover la actividad física (AF). Bicirrun, es un SBC de la Universidad Nacional, sede Bogotá, que busca fomentar la movilidad sostenible desde el 2006. A pesar de su trayectoria, se desconoce el efecto que tiene este programa sobre los niveles de AF de la comunidad universitaria. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del programa Bicirrun en los niveles de AF de la comunidad de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Para ello, se realizó un estudio de tipo experimentación natural, observacional descriptivo y ambidireccional, que incluyó una fase retrospectiva (2017–2024-I) y una fase prospectiva (2024-II). En la fase retrospectiva se analizaron datos institucionales para evaluar patrones de uso, frecuencia de viajes y preferencias por estaciones dentro del campus universitario. En la fase prospectiva, una muestra por conveniencia de usuarios activos de Bicirrun, participó voluntariamente en mediciones de campo con acelerometría (ActiGraph WGT3X-BT), monitores de frecuencia cardiaca (Polar H7) y el cuestionario IPAQ en su versión corta. Estas herramientas permitieron cuantificar objetivamente la duración, distancia e intensidad de los trayectos en bicicleta y clasificar a los usuarios según las categorías de actividad física recomendadas por la OMS. Los hallazgos retrospectivos revelaron un comportamiento significativo del uso del sistema, con un total de 595.166 usuarios registrados entre 2017 y 2024, con una mediana de 5.000 viajes por mes

(RIC: 599- 10.240). Los picos de uso más altos se observaron en el segundo semestre del año, y en las entradas de ingreso a la universidad de mayor afluencia (Calle 26 y calle 45). Por su parte, los resultados prospectivos mostraron que la mediana de duración de un trayecto fue de 5 minutos (RIC 4-7), con intensidad moderada a vigorosa, y en el caso de quienes no cumplen con las recomendaciones de AF (48% de los participantes), el uso de Bicirrun aportó un promedio de 27 minutos semanales adicionales de AF, lo que destaca el potencial de Bicirrun como un factor contribuyente a la mejora de los niveles de AF de la comunidad universitaria. Estos hallazgos subrayan la relevancia de los sistemas de bicicletas compartidas, no sólo como alternativas de transporte sostenible, sino también como intervenciones de salud pública, ya que juegan un rol importante en los cambios comportamentales para la adopción de hábitos saludables en poblaciones jóvenes. En conclusión, el programa Bicirrun tuvo un efecto positivo en los niveles de AF de la comunidad universitaria al integrar el transporte activo en su rutina diaria. Estos resultados abogan por un mayor respaldo institucional al sistema, inversión en infraestructura y la expansión de programas similares en otros entornos educativos. La incorporación de estrategias medioambientales como Bicirrun son esenciales para contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible y mejorar el bienestar de las comunidades.

Palabras Clave: Actividad Física, Transporte Activo, Sistema de Bicicletas compartidas.

Effect of the Bicirrun Program of the National University on Physical Activity Levels in the University Community.

Abstract

Physical inactivity and sedentary behavior are recognized as major global public health challenges due to their association with reduced quality of life and the prevalence of noncommunicable chronic diseases. Built environments and environmental interventions play a fundamental role in shaping healthier lifestyles, with active transportation and bicycle-sharing systems (BSS) being among the most effective strategies to promote physical activity (PA). Bicirrun is a BSS established at the National University of Colombia, Bogotá campus, in 2006 to encourage sustainable mobility. Despite its long trajectory, the impact of this program on PA levels within the university community remains unknown.

This study aimed to evaluate the effect of the Bicirrun program on PA levels among the community of the National University of Colombia, Bogotá campus. A natural experiment, observational, descriptive, and ambidirectional design was implemented, consisting of a retrospective phase (2017–2024-I) and a prospective phase (2024-II). In the retrospective phase, institutional data were analyzed to assess usage patterns, trip frequency, and station preferences within the campus. In the prospective phase, a convenience sample of active Bicirrun users voluntarily participated in field measurements using accelerometry (ActiGraph WGT3X-BT), heart rate monitors (Polar H7), and the short version of the IPAQ questionnaire. These tools allowed for the objective quantification of trip duration, distance, and intensity, as well as the classification of users according to the physical activity categories recommended by the WHO.

Retrospective findings revealed significant system use, with a total of 595,166 registered users between 2017 and 2024, and a median of 5,000 trips per month (IQR: 599–10,240). The highest usage peaks occurred during the second semester of the year and at the busiest university entrances (Calle 26 and Calle

45). Prospective results showed that the median trip duration was 5 minutes (IQR: 4–7), at moderate-to-vigorous intensity. Among participants who did not meet PA recommendations (48%), Bicirrun use contributed an additional average of 27 minutes of weekly PA, underscoring its potential as a contributor to improving PA levels within the university community.

These findings highlight the relevance of bicycle-sharing systems not only as sustainable transport alternatives but also as public health interventions, given their role in fostering behavioral changes toward the adoption of healthier habits in young populations. In conclusion, the Bicirrun program had a positive effect on the PA levels of the university community by integrating active transportation into their daily routine. These results call for stronger institutional support, investment in infrastructure, and the expansion of similar programs in other educational settings. Incorporating environmental strategies such as Bicirrun is essential for advancing sustainable development goals and improving community well-being.

Keywords: Physical Activity, Active Transportation, Bicycle-Sharing System.

Introducción

La inactividad física y el comportamiento sedentario, son algunas de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial (1), esto debido a que están asociadas a la presencia de enfermedades no transmisibles (ENT) como: enfermedad cardiovascular, diabetes tipo 2, cáncer de mama y de colon, lo cual acorta la esperanza de vida y representa un importante problema de salud pública (2). Esta situación es especialmente preocupante en los países de ingresos bajos y medios, donde hay un crecimiento significativo en la incidencia de las ENT, que son responsables de un total de 28 millones de fallecimientos anuales (3, 4).

Bajo este panorama, cada vez se ha estudiado la importancia del entorno construido para la promoción de la actividad física (AF), pues se reconoce la constante influencia y el alcance que tienen las intervenciones ambientales para propiciar cambios significativos comportamentales a nivel poblacional (5). El uso del transporte activo se destaca como una de las intervenciones ambientales con mayores beneficios, ya que actúa como sustituto de los viajes motorizados. Estos, aunque favorecen el transporte de personas y mercancías, e impactan de manera positiva la economía (6), tienen repercusiones negativas a nivel medioambiental, por su contribución a las emisiones de material particulado, al aumento del tráfico y accidentes derivados; y a nivel de salud, por el incremento de la inactividad física (7).

En consecuencia, esta estrategia busca fomentar opciones de movilidad distintas y que sean sostenibles, como caminar o andar en bicicleta, mediante un diseño urbano favorable que incluya corredores viales, parques, ciclorutas, ciclovías, estacionamientos de bicicletas, bicicletas de uso compartido, entre otros (8). Estas formas de desplazamiento activo, al fomentar de manera colectiva la realización de la AF, disminuyen los riesgos y costos asociados a la salud. Asimismo, reducen la contaminación del aire y las emisiones de carbono, dos

importantes amenazas ambientales globales que están vinculadas a efectos cardiovasculares perjudiciales y mortales (1,7).

Un fenómeno que ha simplificado considerablemente la incorporación del transporte activo, ha sido el uso de la bicicleta por medio de los sistemas de bicicletas compartidas (SBC). Estos sistemas, han ganado popularidad y un crecimiento notable en muchas ciudades de todo el mundo, pues ofrecen a los usuarios la oportunidad de alquilar bicicletas en ubicaciones estratégicas y utilizarlas para viajar de un lugar a otro (9), como una alternativa al transporte público convencional, lo que facilita los viajes de última milla e incentiva estilos de vida más saludables (10).

Un ejemplo de ello es *Bicirrun,* un programa de la Universidad Nacional de Colombia de la sede de Bogotá, programa que opera mediante el préstamo de bicicletas para toda la comunidad dentro del campus universitario, con el fin de promover la movilidad sostenible, incluyente y amigable con el medio ambiente, con enfoque de formación ciudadana (11). Esta iniciativa brinda sus servicios desde el año 2006, y ha logrado posicionarse como una estrategia innovadora para mitigar las problemáticas en movilidad, sin embargo, aún no se conocen sus contribuciones en torno a la promoción de la salud y de la AF.

En virtud de lo expuesto, este estudio busca evaluar el efecto del programa *Bicirrun* sobre los niveles de actividad física en la comunidad universitaria, mediante su contribución al cumplimiento de recomendaciones de actividad física para la salud, para ayudar a comprender su alcance como modificación medioambiental.

1. Marco Conceptual

1.1 Antecedentes

Desde sus comienzos en los años 60, las bicicletas compartidas han experimentado una expansión a nivel mundial que ha sido notable en las últimas décadas (12). El número de ciudades que han implementado programas de bicicletas compartidas ha aumentado significativamente. Para el 2015, más de 800 ciudades a nivel mundial acogieron este sistema, con una flota total de más de 900,000 bicicletas compartidas disponibles (12,13), lo que hace que la bicicleta haya pasado de ser un medio de transporte individual, para convertirse en un medio de transporte público (14).

Globalmente, las inversiones en la creación e implementación de programas de préstamos de bicicletas, han demostrado ser, intervenciones potencialmente efectivas para el incremento en el uso de la bicicleta dos o tres años posterior al mejoramiento de la infraestructura (15,16).

En este contexto, se han realizado varios estudios a nivel mundial para evaluar el impacto que tiene el uso de la bicicleta en las dimensiones de salud, medio ambiente y economía, se ha encontrado que, los beneficios obtenidos superan los riesgos a los que se está expuesto, que están relacionados con los accidentes de tránsito y con las enfermedades derivadas de la contaminación del aire (6, 9, 17).

Por una parte, la bicicleta ha mostrado tener implicaciones favorables sobre el medio ambiente, dado que uno de los beneficios que más se destaca de su uso, es la reducción de emisiones de gases contaminantes, con la cual en promedio, se ahorran 747 g de CO2 por viaje, en comparación con un vehículo motorizado (14). No obstante, la movilidad urbana también recibe aportes positivos que se traducen en una reducción de la congestión vehicular y el tráfico, con un menor tiempo en los viajes de traslado hacia el hogar, el trabajo y la escuela. Sumado a eso, se ha observado que cuando se libera un espacio de

estacionamiento para vehículos, este puede ser sustituido por un promedio de 7 a 9 espacios para bicicletas, lo que resulta en que más personas se puedan movilizar en este medio sin producir caos (14).

Por otro lado, cuando se explora la relación que hay entre el transporte activo y la AF, se ha encontrado que, si bien los desplazamientos activos incluyen tanto caminar como andar en bicicleta, el ciclismo es la actividad que cuenta con el nivel de intensidad suficiente para cumplir con las recomendaciones de AF que mejoran la salud, en donde, montar en bicicleta por más de 120 minutos semanal, genera un gasto energético complementario de alrededor de 960 kcal, lo cual optimiza la forma física de las personas no entrenadas (18). Adicionalmente, los adultos que optan por caminar y/o andar en bicicleta reportan un aumento de 15 minutos adicionales diarios en AF recreativa en comparación con aquellos adultos que con frecuencia no eligen hacerlo (17). Un caso ilustrativo de esto, se da en América del Norte, donde se documentó que el uso de bicicletas compartidas, fue responsable de 30 millones de horas adicionales de AF en sus habitantes para el año 2019 (9).

En cuanto a la mortalidad, en Europa se estima que, anualmente se podrían evitar alrededor de 70 muertes (6), si se reemplazaran el 100% de los viajes en vehículos motorizados por viajes activos, especialmente usando las bicicletas de uso compartido, lo que generaría una disminución de costos en salud por alrededor de 225 millones de euros (6). Por su parte, en Nueva York, se ha realizado una aproximación, en la que por cada 100.000 usuarios que hicieran parte del sistema de bicicletas compartidas, se podrían evitar 15 muertes por año, 2.556 años de vida asociados a discapacidad y alrededor 112 millones de dólares (9).

Adicionalmente, en estudios que han evaluado la relación dosis- respuesta de la AF derivada de caminar y andar en bicicleta, para la reducción del riesgo de mortalidad por todas las causas, han mostrado que con la exposición de 101 minutos de ciclismo o de 120 minutos de caminata, con 11,25 MET/horas

adicionales por semana, el riesgo de mortalidad puede reducir entre un 10 y 11% (100, 101).

En síntesis, estos precedentes, dejan en manifiesto que las modificaciones ambientales, las preferencias de desplazamiento activo y la implementación de estrategias como los SBC, pueden resultar primordiales para mejorar el bienestar y salud de las personas, así como sus condiciones socioeconómicas, ambientales y la calidad de vida (19,20).

1. 2 Planteamiento del problema

En la actualidad, la población universitaria se ve inmersa en un entorno que favorece estilos de vida predominantemente sedentarios. En el caso de los estudiantes, este comportamiento se ve reforzado por las extensas jornadas de estudio, el uso excesivo de la tecnología y la disminución de la actividad física (21). Tales factores incrementan el riesgo de desarrollar enfermedades no transmisibles (ENT), que representan una de las mayores cargas para los sistemas de salud a nivel nacional y global (2). De manera específica, se estima que en Colombia el 40% de los estudiantes universitarios presentan comportamientos sedentarias (22), lo cual se explica, en parte, por el exceso de tiempo frente a pantallas de los adolescentes—entre 3 y 5 horas diarias— que representa un gasto energético menor a 1,5 METs (23, 39). Esta situación deriva en que solo el 13,4% de dicha población cumpla con la recomendación de realizar actividad física de intensidad moderada a vigorosa (24, 39). Según estimaciones de la OMS, si no se aumentan estas cifras de actividad física, se podría generar un costo en sistemas de salud por 300.000 millones de dólares entre los años 2020 y 2030 (105).

El fenómeno del comportamiento sedentario entre universitarios no puede verse únicamente como consecuencia de sus hábitos de estudio o tecnológicos. La transformación urbana de los últimos años, marcada por el incremento de vehículos motorizados -que para el 2025 fue de 23% con respecto al año anterior (106)-, ha desplazado el uso de medios de transporte activo como la bicicleta, en

favor de opciones pasivas, lo que a su vez acentúa la inactividad física (25). En este contexto, las universidades enfrentan el desafío de diseñar y promover programas de movilidad sostenible y saludable que ofrezcan soluciones concretas a la problemática del sedentarismo.

La Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, ha sido pionera en este campo a través de la implementación del Sistema de Bicicletas Compartidas Bicirrun (SBC Bicirrun). Sin embargo, existe una brecha de conocimiento acerca de la influencia real que este tipo de iniciativas ejerce sobre la adopción de estilos de vida activos entre los miembros de su comunidad. Es decir, aunque Bicirrun constituye una alternativa de transporte activo, no se dispone de evidencia sólida que respalde su efectividad en el aumento de los niveles de actividad física, ni se conoce con precisión la magnitud de su impacto sobre la salud y el bienestar de quienes lo utilizan.

En vista de lo anterior, se propone evaluar el efecto del programa Bicirrun sobre los niveles de actividad física de la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, desde 2017 hasta el 2024. Para ello, resulta esencial caracterizar de manera integral el perfil sociodemográfico de los usuarios, comprender sus patrones de uso de la bicicleta y analizar hasta qué punto el programa contribuye a modificar conductas sedentarias. La interrogante que guía este estudio es: ¿Cuál es el efecto del programa Bicirrun de la Universidad Nacional,sede Bogotá, en los niveles de actividad física de la población universitaria?. A través de esta pregunta, se busca dilucidar la pertinencia y el alcance de intervenciones de movilidad sostenible como estrategia para contrarrestar el comportamiento sedentarismo y, en última instancia, mejorar la salud y la calidad de vida de la comunidad académica.

1.3 Justificación

Las instituciones de educación superior dentro del marco de universidades promotoras de salud, tienen la responsabilidad de fomentar el bienestar de los estudiantes y el personal en general, a través de sus políticas y prácticas, que deben incluir la modificación de los entornos los cuales pueden influir en la adopción de estilos de vida más saludables, dado que son organizaciones donde las personas pasan una parte significativa de su tiempo, estudiando y/o trabajando (26). En este sentido, el entorno universitario ofrece un contexto que se presta para explorar las estrategias de transporte activo, tanto por las dinámicas de desplazamiento constante, como por la diversidad de la comunidad en términos de edad, género y comportamientos, lo que permite analizar la respuesta de diferentes grupos poblacionales ante las intervenciones medioambientales que favorecen la promoción de la salud.

En el caso de la Universidad Nacional de Colombia, en la sede de Bogotá, se cuenta con una capacidad superior a 45.000 estudiantes, de los cuales aproximadamente 7.000 son de posgrado; y con una población docente, la cual es alrededor de 3.000 personas (27). El Campus es uno de los más grandes de América Latina, dado que cuenta con 1.200.000 metros cuadrados de área total, para acoger a esta gran población (28). Dada la gran extensión de su infraestructura, los traslados de un punto a otro, generalmente son largos, lo que ha impulsado a la universidad a buscar alternativas para minimizar los tiempos de desplazamiento, sin usar vehículos motorizados. Por tal motivo, la estrategia *Bicirrun*, suple esta necesidad mediante la oferta de bicicletas en puntos estratégicos, la cual ha tenido gran acogida por la comunidad, lo que se ve reflejado en más de 300.000 préstamos en los últimos años (11).

De esta manera, la alta demanda de este servicio, genera nuevos interrogantes acerca de su influencia en términos de la promoción de la salud, ya que hasta el momento, ha tenido un enfoque netamente ambiental, de transporte y movilidad. Es imprescindible conocer de qué forma este modelo puede optimizar el

desplazamiento activo y los niveles de AF de la población universitaria, teniendo en cuenta que ha sido un servicio ampliamente adoptado por numerosas personas en su vida diaria. Esto podría contribuir a que la universidad priorice esta estrategia y aumente las inversiones en talento humano y en recursos locativos, para ofrecer un servicio de mayor calidad, y que se pueda lograr una mayor participación por parte de la comunidad universitaria

La ejecución de estudios como el aquí propuesto, plantea una oportunidad para el programa y para los objetivos misionales de la institución, por abordar problemáticas de salud actuales que impactan a una población susceptible de adoptar tendencias sedentarias. Al ser una investigación de carácter observacional y descriptiva, no compromete ni pone en riesgo la integridad de ninguno de los usuarios del programa, y por el contrario, contribuye a visibilizar la importancia de realizar actividad física mediante el uso de los SBC.

Adicionalmente, esta investigación promueve el reconocimiento de las profesiones de salud como Fisioterapia y de programas curriculares como la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física de la Universidad Nacional, como gestores de la promoción de la salud en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible a nivel mundial.

Por último, es crucial destacar que este proyecto fomenta el trabajo transdisciplinar, y fortalece la creación de vínculos y redes académicas, en búsqueda de explorar propuestas emergentes multinivel que impacten en la calidad de vida de las personas, reafirmando el compromiso de la comunidad académica con el progreso social.

2. Marco Teórico

2.1 Actividad Física y Transporte Activo

Los SBC se destacan por ser una estrategia eficaz para promover el transporte activo, medida que responde a los Objetivos de Desarrollo Sostenibles propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), mediante la búsqueda de la resolución de problemáticas a nivel global relacionadas no sólo con los efectos de la contaminación ambiental y el cambio climático, sino también con las problemáticas sanitarias como la inactividad física y la presencia de ENT (67).

El uso de la bicicleta como parte de la movilidad activa, es una herramienta que ha mostrado tener beneficios para la salud, ya que genera un gasto energético mayor, (apróximadamente 4,7 MET), en comparación con el uso de transporte pasivo (1,4 MET) (76), e incluso en comparación con la acción de caminar (18). Además, ha mostrado ser útil para integrar e incrementar la realización de AF a la cotidianidad, durante los trayectos hacia el trabajo o la escuela, dado que se ha evidenciado que los viajes procedentes de la movilidad activa, toman en promedio de 15 a 30 minutos por día, lo cual se ajusta y ayuda a cumplir con los requerimientos diarios de AF necesaria para beneficiar la salud dentro de las recomendaciones mundiales establecidas (67,68). Adicionalmente, es económicamente asequible para la mayoría de las personas y, a diferencia de gimnasios y algunos deportes, proporciona una forma equitativa de AF, pues llega a grupos poblacionales que no poseen afinidad por estas modalidades y que tampoco destinan su tiempo libre para este fin. (69).

A pesar de los múltiples beneficios del uso del transporte activo, también existen riesgos, que están asociados a la exposición a la contaminación del aire y a los incidentes de tráfico y seguridad vial. Sin embargo, la evidencia es incompleta y se necesitan más estudios al respecto (70,71). Por tanto, las revisiones indican

que, los beneficios estimados para la salud de caminar y andar en bicicleta, superan los efectos perjudiciales asociados (7,72,73), y sugieren que, el aumento en la participación en el transporte activo, aún si es en una modalidad mixta (uso de movilidad activa combinada con transporte público), tiene impactos significativos en el número de personas que logran las recomendaciones de AF (74,75).

2.2 ¿Qué es un Sistema de Bicicletas Compartidas (SBC)?

Los Sistemas de Bicicletas Compartidas (SBC) representan un conjunto de elementos, equipos y procedimientos diseñados para facilitar e incentivar el uso de bicicletas a la comunidad, en desplazamientos breves y cercanos. Su propósito principal es promover la movilidad sostenible e incluyente, como alternativa al transporte público tradicional y al uso de vehículos motorizados particulares, lo que conlleva una serie de beneficios socioeconómicos, ambientales y de salud (29).

2.2.1 Panorama Mundial

En los últimos años, el crecimiento mundial de las bicicletas compartidas ha sido considerablemente significativo. En 2013, globalmente se contaba con 700 SBC. Para el año 2018, esta cifra ascendió a más del 50%, con un aproximado de 1,600 SBC en operación. Esto se puede atribuir a que las ciudades han entendido el potencial que tienen los SBC para desplazar los transportes pasivos por los activos, y de esta forma alcanzar los objetivos relacionados con el cambio climático, la salud, la economía, entre otros (30).

A nivel internacional, la oferta de SBC, en búsqueda de resolver las necesidades de sus usuarios, integró diversos componentes con el fin de adaptarse a las dinámicas de transporte y movilidad de cada continente. Dentro de los países con SBC vigentes que más se destacan, y que son potencias mundiales, se encuentran: Reino Unido, China, París y Estados Unidos (30, 31).

En el caso de Reino Unido, Londres es una de las ciudades con mayor auge en este sistema, pues entre abril de 2011 y marzo de 2012, se registraron 578.607 usuarios inscritos, los cuales realizaron alrededor de 7,4 millones de viajes en bicicletas, generando un total de 2,1 millones de horas de uso. Esto significó un aumento de la AF semanal en un promedio de 36 minutos por persona (32).

En China, los sistemas de bicicletas compartidas han crecido exponencialmente desde 2008, con ejemplos notables como Hangzhou, que comenzó con 4.900 bicicletas y creció a 97.000 en 2016, atendiendo a más de 300.000 personas diariamente, lo que resultó en 113 millones de viajes realizados por año. Se proyectó que para el 2020, la disponibilidad de bicicletas incrementaría a un total de 175.000. Otras grandes ciudades como Shanghái y Guangzhou también adoptaron este modelo, y albergan millones de bicicletas sin anclaje, contribuyendo así a la reducción de viajes en automóviles privados (30).

Por su parte, *Vélib Métropole* es uno de los SBC más conocidos y exitosos a nivel mundial, en el área metropolitana de París. Bajo su propósito de promover una nueva modalidad sostenible, tuvo sus inicios desde el año 2007 con 7,000 bicicletas distribuidas en 750 estaciones en París. Posteriormente en 2009, dada la necesidad de expansión del sistema, se introdujeron 20,000 nuevas bicicletas mecánicas y eléctricas, con 1,400 estaciones, lo que benefició a 400,000 personas usuarias registradas, convirtiéndose en el SBC más grande del mundo desde finales de 2020 (31).

En 2016, el uso de sistemas de bicicletas compartidas en Estados Unidos (EE.UU) alcanzó más de 28 millones de viajes. El número de usuarios en América del Norte aumentó en paralelo con la introducción anual de numerosos nuevos SBC, que optaron por bicicletas inteligentes (30). En EE.UU, más de 109.000 viajes se realizaron cada día para el año 2019, siendo la ciudad de Nueva York la responsable de la mitad de estos. Se estima que para el 2021, con los SBC, EE.UU tuvo una reducción de 4.74 muertes anuales, asociadas a la inactividad

física, a la contaminación del aire y a los accidentes de tráfico, lo que generó un ahorro para la nación de 36 millones de dólares (9).

2.2.2 Panorama en Latinoamérica

En los últimos años, países como Argentina, Brasil, México y Colombia, han mostrado que más del 50% de su población es inactiva físicamente (33). Para contrarrestar esta situación, Latinoamérica ha logrado estructurar modelos de transporte activo, y ha explorado esquemas parecidos a los de países de primer mundo, para la implementación de los SBC. En la actualidad, América Latina cuenta con 75 SBC que operan en 13 países, incluídos los anteriormente mencionados (34).

En el caso de Argentina, el 40% de su población tiene sobrepeso, esto asociado a los altos niveles de sedentarismo, los cuales corresponden al 60% de sus habitantes, motivo por el cual el Gobierno creó estrategias para reducir los altos índices de sedentarismo promoviendo una cultura que ayudara a reafirmar el valor del cuidado del cuerpo y la salud (35). Para ello, el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires desarrolló el sistema de transporte público de bicicletas compartidas *EcoBici,* para optimizar la movilidad urbana y los estilos de vida saludables. En total, Argentina cuenta con 10 sistemas de bicicletas compartidas, lo que equivale al 13% de la oferta de bicicletas compartidas del continente (36).

En cuanto a Brasil, el 65% de la población nacional no cumple con las recomendaciones mundiales de actividad física, asociado a la alta prevalencia de comportamientos sedentarios, que en los hombres es del 60%, y en las mujeres del 80% (37). Bajo esta perspectiva, se han diseñado programas innovadores que ayudan a reducir estas cifras. Brasil dispone de 25 sistemas de bicicletas compartidas a lo largo de sus ciudades principales, lo que contribuye al 33% del sistema total de América del Sur (34). Se estima que con la presencia de estas intervenciones, la reducción de la inactividad física en São Paulo, (la cual fue del

9.6% al 2.7% entre 2002 y 2008), resultó en un ahorro anual para el sistema de salud del estado de alrededor de 310 millones de dólares (37).

En México, los datos sobre la inactividad física son similares, dado que el sedentarismo afecta al 80% de las mujeres y al 63% de los hombres del país (33). El Gobierno mexicano considera el sedentarismo como uno de los principales factores de riesgo de mortalidad en el país, por lo que en su plan de desarrollo 2013-2018, se comprometió a implementar medidas de protección, promoción y prevención para mejorar la salud (38). Para ello, México dispone de 13 sistemas de bicicletas de uso compartido, lo que significa el 17% de la oferta en América Latina (34).

En los últimos tres años, los SBC en Latinoamérica generaron en total 60 millones de recorridos, lo que ayudó a la reducción de 22,8 mil toneladas de dióxido de carbono (CO2). A su vez, el 68% de las personas que realizaron recorridos 4 veces por semana, alcanzaron una duración en tiempo entre 84 y 100 minutos semanales, lo que representa más de la mitad de la cantidad de AF mínima recomendada a nivel mundial (150 minutos), para reducir los factores de riesgo de ENT(34), especialmente la obesidad y sobrepeso, pues se asoció la disminución del Índice de Masa Corporal (IMC), con el aumento del uso de la bicicleta, en comparación con el uso de un automóvil (67).

2.2.3 Panorama en Colombia

En Colombia, el panorama de salud pública en relación con la inactividad física y las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) refleja una situación crítica que requiere intervenciones multisectoriales. Según la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN), para el 2015 solo el 13,4% de los adolescentes entre 13 y 17 años cumplía con las recomendaciones mínimas de actividad física, con una mayor adherencia observada en los hombres. En adultos entre 18 y 64 años, el cumplimiento alcanzaba el 51,3%, siendo también más alto en hombres. Paralelamente, el 76,6% de los adolescentes reportó un tiempo excesivo frente a

pantallas, comportamiento asociado al sedentarismo, y el 17,9% presentó exceso de peso, situación más prevalente en mujeres. En adultos, el exceso de peso aumentó de manera sostenida entre 2005 y 2015, alcanzando un 56,5%, con mayor proporción en mujeres (59,6%) que en hombres (52,8%) (39). Para el año 2022, la Organización Mundial de la Salud reportó que el 76% de las muertes en Colombia se debieron a enfermedades no transmisibles, siendo las más frecuentes las enfermedades cardiovasculares, cánceres y enfermedades respiratorias crónicas. Asimismo, se evidenció una alta prevalencia de inactividad física, particularmente en adolescentes (81% en hombres y 87% en mujeres), adultos mayores de 18 años (39% hombres y 49% mujeres) y en adultos mayores de 70 años (43% y 54%, respectivamente). Las consecuencias económicas de esta situación también son significativas, con costos directos en salud atribuibles a la inactividad física estimados en más de 205 millones de dólares anuales, y un impacto acumulado proyectado superior a los 2.200 millones de dólares entre 2020 y 2030 (102).

Para hacer frente a esta problemática, el Congreso de Colombia promulgó la Ley 1355 en 2009, que identifica la obesidad y las ENT como problemas prioritarios de salud pública, y adopta medidas para su control, atención y prevención. Una de las estrategias dispuestas para prevenir estas condiciones, se encuentra en el artículo 6, el cual busca que los entes territoriales en colaboración con las autoridades de planeación y transporte, ejecuten iniciativas que promuevan todas las formas de transporte activo. Asimismo, insta a desarrollar estrategias de seguridad vial dirigidas a ciclistas y peatones, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de espacios públicos destinados a la recreación activa (40).

Otra ley reconocida a nivel nacional, La Ley 1811 de 2016, conocida como *Ley ProBici*, fue promulgada con el objetivo de promover el uso de la bicicleta como medio de transporte cotidiano en el país. Esta norma establece una serie de disposiciones orientadas a facilitar e incentivar el uso de este medio de transporte sostenible. Entre sus principales medidas, la ley contempla incentivos para los

trabajadores, tanto del sector público como del privado, que opten por desplazarse en bicicleta hacia sus lugares de trabajo. Además, busca impulsar el desarrollo de una infraestructura adecuada, promoviendo la creación de cicloparqueaderos, ciclovías y otros elementos urbanos que faciliten la movilidad en bicicleta. De igual manera, la Ley 1811 fomenta la implementación de programas educativos y campañas de sensibilización, dirigidas a promover una movilidad urbana sostenible y responsable. En su conjunto, esta legislación contribuye a mejorar la salud pública, a fortalecer la sostenibilidad ambiental y a optimizar la movilidad en las ciudades colombianas (107).

Para responder a estas necesidades, Bogotá es una de las ciudades pioneras en implementar programas dedicados a fomentar hábitos y estilos de vida saludables por medio del transporte activo. Un ejemplo de ello, es el programa *Bogotá Pedalea* perteneciente al Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD) de Bogotá, que plantea la creación de una estrategia destinada a transformar las relaciones sociales y ambientales en torno al uso de la bicicleta, mediante la articulación de alternativas que mitigan la crisis ambiental, los problemas de orden vial y tráfico, y promueven la AF. Para ello, utiliza tres líneas estratégicas: bici programas, bici experiencias y bici servicios, en los cuales, se brindan talleres lúdico prácticos de mecánica, alistamiento, limpieza y pedagogía de la bicicleta, dirigidos a diferentes grupos poblacionales, para incentivar la participación y cooperación ciudadana, el diálogo, y los valores cívicos, y de esta forma, garantizar mayor acceso, equidad y aprovechamiento de recursos como la ciclovía, las ciclorrutas, los parques, las recreovías, entre otros (41).

Bogotá al ser la capital mundial de la bicicleta, cuenta con un SBC, que suma en total 300 estaciones ubicadas en 6 localidades y más de 3.300 bicicletas para facilitar a los biciusuarios que se puedan movilizar por la ciudad de manera sostenible. Este programa cumplió un año de funcionamiento, en donde se reportaron aproximadamente 1 '200.000 de viajes y 3,8 millones de kilómetros recorridos (42). Dentro de sus beneficios más destacados se destacan: el ahorro

del tiempo, la facilidad para los viajes de última milla, la mitigación de la congestión vehicular, la reducción de contaminación del aire y del ruido y la promoción de estilos de vida más saludables (10).

Medellín es otra de las ciudades a nivel Nacional, que trabaja para resolver este panorama. Actualmente, en términos de transporte activo, cuenta con el programa *EnCicla*, que es el Sistema de Bicicletas Públicas del Valle de Aburrá, una iniciativa que tiene como objetivo promover la movilidad sostenible en la zona, y destacar la bicicleta como un medio de transporte que se articula al Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá (SITVA) y, al mismo tiempo, que genera conciencia y fomenta un cambio cultural en la región hacia una movilidad activa. Este programa tiene una trayectoria de 12 años, y favorece a más de 128 mil usuarios por año (43).

Colectivamente, Colombia tiene 15 SBC, que representa el 20% de la disponibilidad total de estos sistemas en Latinoamérica (34).

2.2.4 Panorama Universitario

La Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), cuenta con el área de Bienestar Universitario, que en búsqueda del mejoramiento constante de la calidad de vida y el desarrollo potencial en los aspectos afectivo, espiritual, socio-económico, físico y artístico de la comunidad universitaria, tiene a la disposición la División de Actividad Física y Deporte, en la cual se efectúan programas de promoción de la salud, que involucran actividades recreativas, educativas y competitivas para el fomento de la actividad física y el deporte universitario, así como también para la utilización racional y formativa del tiempo libre y el sano esparcimiento. De este modo, busca incorporar estas actividades a la vida académica, en un entorno que respalde la formación integral de los estudiantes y refuerce la convivencia, la práctica de los valores institucionales, y el sentido de pertenencia (44).

Paralelo a esto, cuenta con estrategias de transporte activo como el programa Bicirrun, el cual se dedica a fomentar la movilidad sostenible dentro del campus. Actualmente, el programa tiene una trayectoria de 17 años, y ha estado dirigido a estudiantes, docentes y administrativos que se encuentran activos dentro de la universidad, beneficiando alrededor de 16.235 usuarios inscritos para los años 2017 al 2019, con un total de préstamos realizados de 322.362. Este sistema, dispone de más de 60 bicicletas las cuales se encuentran distribuidas en diferentes puntos estratégicos y de acceso a la universidad: Entrada calle 26, Calle 45, Calle 53, Edificio Ciencia y Tecnología (CYT), Edificio Uriel Gutierrez y Residencias Universitarias (11). La Universidad Nacional se ha posicionado como una de las universidades con mayor trayectoria en esta estrategia multinivel teniendo en cuenta que posee un campus de gran extensión, con una población estudiantil superior a otras entidades universitarias de la ciudad.

En el caso de universidades como Los Andes y la Universidad del Rosario, también contribuyen al transporte activo por medio de este modelo. Actualmente, este servicio se encuentra tercerizado por empresas privadas dedicadas a la promoción del uso de la bicicleta como medio principal de transporte, las cuales usan recursos como bicicletas eléctricas de tecnología avanzada, scooter, cicloparqueaderos y estaciones de carga. Sin embargo, estos servicios son de acceso gratuito y pueden ser usados por toda la comunidad universitaria (45,46).

2.3 Modelo Ecológico

Los modelos ecológicos facilitan el abordaje de las problemáticas en salud, debido a que estudian el fenómeno en diferentes niveles, entendiendo que un individuo se encuentra inmerso en un contexto social, económico, político y ambiental. La formulación de políticas públicas en torno a la promoción de la salud y a las modificaciones medioambientales, tienen un rol significativo en los estilos de vida saludables (47), ya que cuando se cuenta con entornos construidos de calidad, se pueden aumentar las posibilidades de promover

espacios para la construcción y adherencia de los mismos, disminuyendo las inequidades y costos en salud (5).

En este sentido, la Teoría Ecológica de Urie Brofenbrenner de 1979, aporta una mirada integral de la persona y las relaciones con cada esfera de su contexto, en el que se distinguen tres niveles de influencias ambientales. El primero, conocido como microsistema, engloba las relaciones y dinámicas del individuo con familiares y compañeros más cercanos, que determinan en gran medida su comportamiento a lo largo de la vida. En segundo lugar, se encuentra el mesosistema, que comprende los contextos en los que la persona se ve involucrada cotidianamente como la escuela o el lugar de trabajo. Y finalmente, está el exosistema, que se refiere al contexto más extenso, que abarca aspectos económicos, culturales y políticos de la sociedad (48).

De esta forma, las modificaciones ambientales que se generan en términos de transporte, como la construcción de ciclovías, parques, y la existencia de los SBC, son cruciales para incentivar las formas de desplazamiento activo y por tanto, los niveles de actividad física de la población, obteniendo beneficios para la salud pública a partir de una estrategia grupal. (49,50).

Por tanto, este tipo de modelos socioecológicos buscan fomentar la interacción entre los tres niveles, logrando una articulación del entorno construido con los determinantes de salud, para inducir cambios significativos comportamentales no sólo a nivel individual, sino también a nivel poblacional (51).

2.3.1 Promoción de la Salud

La promoción de la salud es un proceso político y social integral que busca empoderar a las personas y comunidades para que aumenten el control sobre los determinantes de su salud y mejoren su bienestar. Este enfoque va más allá de la responsabilidad individual, incluyendo acciones estructurales que modifican entornos, sistemas y políticas para hacer posible y sostenible la elección de estilos de vida saludables (26).

En el contexto universitario, la promoción de la salud implica que las instituciones de educación superior se configuren como entornos saludables, asumiendo un rol proactivo en la mejora de las condiciones de vida de su comunidad, mediante el diseño e implementación de políticas, programas y estrategias integrales que promuevan el bienestar físico, mental y social. La universidad, como comunidad, es corresponsable de fomentar la participación, el sentido de pertenencia, la equidad y la transformación del entorno, alineándose con los principios de salud como derecho y responsabilidad colectiva (103).

En este marco, el programa Bicirrun de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, se constituye como una apuesta política institucional de promoción de la salud. Su implementación responde a múltiples ejes definidos en las estrategias de entornos saludables: promueve el transporte activo, favorece la sostenibilidad ambiental, democratiza el acceso a la movilidad, y fomenta la actividad física cotidiana. Bicirrun no solo actúa sobre el entorno físico mediante infraestructura ciclística, sino también sobre el entorno social y cultural, al consolidarse como una herramienta para transformar hábitos, reducir inequidades y fortalecer el vínculo comunidad-universidad. De este modo, se articula con los postulados de la promoción de la salud contemporánea, al intervenir en los determinantes estructurales de la salud universitaria y contribuir al desarrollo de un campus más equitativo, accesible y saludable (104).

3. Marco Metodológico

3.1 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el efecto que tiene el programa Bicirrun en los niveles de actividad física de la población universitaria UNAL?

3.1.1 Análisis “PICO”

Para la delimitación de la población y dar respuesta a la pregunta de investigación, se utilizará la estrategia PICO que se describe a continuación:

Población: En el caso de la fase retrospectiva, son los estudiantes, docentes y funcionarios de la Universidad Nacional, sede Bogotá, que hayan usado el servicio del programa y estén registrados en la base de datos de Bicirrun, desde el año 2017 hasta el 2023. Para la fase prospectiva, serán los estudiantes, docentes y funcionarios de la Universidad que se encuentren activos y hagan uso del programa Bicirrun durante el año 2024.

Intervención: Análisis retrospectivo y prospectivo del programa Bicirrun en términos de comportamiento de uso, número de viajes, caracterización de la población y medición de acelerometría en los recorridos realizados en bicicleta.

Comparación: No aplica

Resultados: El Programa Bicirrun aumenta los niveles de AF de la comunidad universitaria ya que aporta alrededor de 10 minutos de práctica diaria de bicicleta a una intensidad moderada/ vigorosa, lo que ayuda a cumplir con las recomendaciones mundiales de AF para reducir el riesgo de ENT.

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del programa Bicirrun en los niveles de actividad física de la comunidad universitaria UNAL sede Bogotá.

3.2.2 Objetivos específicos

1. Describir el comportamiento de uso del sistema de bicicletas compartidas Bicirrun como estrategia de transporte activo, en la comunidad universitaria de la sede Bogotá, durante el periodo 2017–2024.
2. Caracterizar a los usuarios del programa Bicirrun a partir del año 2024, según variables sociodemográficas y niveles de actividad física reportados.
3. Establecer la contribución del programa Bicirrun al cumplimiento de las recomendaciones mundiales, a partir de los niveles de AF de los usuarios.

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis Alterna

El Programa Bicirrun aumenta los niveles de AF de la comunidad universitaria ya que aporta alrededor de 20 minutos de AF semanal y aumenta el gasto energético en bicicleta a una intensidad moderada/ vigorosa, lo que ayuda a cumplir con las recomendaciones mundiales de AF para mejorar la calidad de vida y reducir el riesgo de ENT.

3.3.2 Hipótesis Nula

El Programa Bicirrun no aumenta los niveles de AF de la comunidad universitaria ya que el tiempo empleado para los trayectos en bicicleta es menor a 20 minutos/ semana, a una intensidad leve, sin cambios en el gasto energético, lo que no

ayuda a cumplir con las recomendaciones mundiales de AF para mejorar la calidad de vida y reducir el riesgo de ENT.

3.4 Diseño del estudio

3.4.1 Tipo de investigación

Se realizará un estudio de tipo experimentación natural, con una metodología observacional descriptiva de corte transversal ambidireccional, que incluirá una fase retrospectiva y prospectiva.

Los experimentos naturales, son ampliamente utilizados para evaluar las “intervenciones de salud pública basadas en el lugar”, que hacen referencia a acciones, programas o políticas llevadas a cabo en ámbitos locales, regionales o nacionales, cuyo propósito es promover la salud de la comunidad o disminuir las desigualdades en salud (77,78). Por tanto, este tipo de metodología, es el más propicio para buscar el efecto de la exposición a Bicirrun, como una intervención sanitaria de transporte activo, sobre la actividad física de la comunidad universitaria.

A diferencia de otros estudios observacionales y de los experimentales, en este tipo de estudios, los investigadores no controlan la asignación de la exposición, por lo tanto, para la fase prospectiva, no se realizará cálculo de tamaño muestral, lo que hace que se presente una menor susceptibilidad a la confusión y menor riesgo de sesgos, en comparación con muchos otros tipos de estudios observacionales (79).

3.4.2 Sujetos de estudio

- Fase retrospectiva

Las personas que se incluirán en esta fase, serán los estudiantes, docentes y funcionarios de la Universidad Nacional, sede Bogotá, que usan el servicio y que

se registraron en la base de datos de Bicirrun, desde el año 2017 hasta el 2024, según los registros del programa.

- Fase Prospectiva

En esta fase se incluirán estudiantes, docentes y personal administrativo de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá) que estén activos, utilicen el programa Bicirrun durante el año 2024 y acepten participar voluntariamente en el estudio mediante la firma del consentimiento informado.

3.5 Operacionalización de variables

Para el desarrollo de la investigación se contemplarán las siguientes variables acorde a los objetivos planteados (ver tabla 1, 2 y 3):

Variable Dependiente: Nivel de actividad física.

Variables Independientes: Frecuencia de uso del sistema (uso anual, uso por punto de préstamo, uso en los últimos 7 días), Distancia recorrida, Duración del uso, Intensidad del recorrido.

Variables Intervinientes: Edad, sexo, tipo de vinculación con la UNAL.

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables acorde al objetivo específico No. 1. *Determinar el comportamiento de uso de las bicicletas del programa Bicirrun, como estrategia de transporte activo, en la comunidad universitaria desde el año 2017 hasta 2023.* ***(Fase Retrospectiva)***

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumento de medición	Unidad de Medida	Valor
Fase Retrospectiva						
Usuarios inscritos en Bicirrun	Cuantitativa discreta	Personas de la UNAL que se inscribieron formalmente al programa Bicirrun a través de la página web.	Número total de usuarios inscritos en el programa Bicirrun desde el año 2017 hasta el 2023	Base de datos Bicirrun	#usuarios	0 a n
Frecuencia de uso de Bicirrun	Cuantitativa discreta	Repetición mayor o menor de un acto(54).	Número de usos del servicio de Bicirrun anual desde el 2017 hasta el 2023	Base de datos Bicirrun	#usos total	0 a n
Frecuencia de uso de Bicirrun por punto de préstamo	Cuantitativa discreta	Repetición mayor o menor de un acto en un lugar determinado(54).	Número de usos de las bicicletas en cada punto de préstamo de Bicirrun	Base de datos Bicirrun	#usos por punto de préstamo	0 a n

Tabla 2. Cuadro de operacionalización de variables acorde al objetivo específico No. 2. *Caracterizar en términos sociodemográficos, a los usuarios del programa Bicirrun de la Universidad Nacional sede Bogotá a partir del año 2024.* ***(Fase Prospectiva)***

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumento de medición	Unidad de Medida	Valor
Fase Prospectiva						
Edad	Cuantitativa discreta	Tiempo vivido por una persona expresado en años.	Años que reporta la persona evaluada hasta la fecha de medición.	Formulario de RedCap (Ver anexo 3)	# años	≥ 16 años
Sexo	Cualitativa Nominal	La totalidad de las características de las estructuras reproductivas y sus funciones, fenotipo y genotipo, que diferencian al organismo masculino del femenino (53).	Anatomía que determine ser hombre o mujer.	Formulario de RedCap (Ver anexo 3)	1 , 2	1= Masculino 2= Femenino
Vinculación	Cualitativa	Tipo de ocupación	Tipo de ocupación	Formulario de	0, 1, 2	0=Estudiante

con la UNAL	Nominal	dentro de la universidad.	dentro de la universidad	RedCap (Ver anexo 3)		1= Profesor 2=Administrativo

Tabla 3. Cuadro de operacionalización de variables acorde al objetivo específico No. 3. *Establecer el nivel de intensidad promedio de cada recorrido en bicicleta dentro del programa Bicirrun, así como su contribución al nivel de actividad física de los usuarios.* ***(Fase Prospectiva)***

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumento de medición	Unidad de Medida	Valor
Fase Prospectiva						
Nivel de Actividad Física	Cualitativa Politómica	Cantidad de consumo energético acumulado en la semana acorde a la intensidad de la actividad física realizada (52).	Cantidad de consumo energético acumulado en la semana acorde a la intensidad de la actividad física realizada.	IPAQ- versión corta (Formulario de RedCap)	<3 días, <3,3 Mets ≥3 días, >4 Mets >3 días, > 8 Mets/min	Leve Moderada Vigorosa
Frecuencia de uso por usuario	Cuantitativa discreta	Repetición mayor o menor de un acto(54).	Número de veces que un usuario usa el servicio en los últimos 7 días.	Formulario de RedCap (Ver anexo 3)	#préstamos	0 a n
Intensidad	Cuantitativa continua	Grado de fuerza con que se manifiesta un agente natural, una magnitud física, una cualidad, una expresión, entre otros (56).	Esfuerzo físico que se requiere durante el uso de la bicicleta.	Escala de percepción del esfuerzo de Borg Acelerómetro Acelerómetro Sensor Polar	0 al 10 Velocidad Mets/kcal Pulsaciones por minuto	Reposo total hasta el esfuerzo máximo >10 km/hr >2 Mets 50 -70% de FCmáx.
Distancia	Cuantitativa continua	Espacio o intervalo de lugar o de tiempo que media entre dos cosas o sucesos (57)	Número de kilómetros que hay de una estación a otra estación de Bicirrun.	Acelerómetro/ Sensor Polar	# kms	0 a n

Duración	Cuantitativa continua	Tiempo que dura algo o que transcurre entre el comienzo y el fin de un proceso (58)	Tiempo que tarda un recorrido en bicicleta de una estación a otra.	Acelerómetro	# minutos	0 a n

3.6 Materiales y métodos

3.6.1 Técnicas, procedimientos e Instrumentos

3.6.1.1 Fase Retrospectiva

Base de datos Bicirrun: Para esta fase, se realizará una recopilación de información de la base de datos de Bicirrun, con previa autorización por parte de la coordinación del programa, a través de la alianza de Bicirrun con el macroproyecto *"Efecto del programa Bicirrun como estrategia de transporte activo y modificación de estilos de vida"* con código Hermes No. 60237 **(ver anexo 1).** El manejo de la información, se hará en compañía de las directivas del programa, para garantizar la protección y no divulgación de los datos personales**.**

Una vez se obtenga la base de datos, se realizará un proceso de filtración y extracción de datos, donde se usará únicamente la información relacionada con el comportamiento de uso del servicio, con las siguientes variables:

1. **Usuarios inscritos en Bicirrun desde el año 2017 hasta el año 2024:** Esta información dará cuenta del número de personas que ha usado este servicio, con respecto a la población total de la universidad, lo que permitirá conocer si ha sido un programa acogido y aceptado por la comunidad.
2. **Frecuencia de uso de Bicirrun:** Se incluirá la información relacionada con el número de usos que tuvo el programa por cada año desde el 2017 hasta el 2023, evidenciada por la cantidad de préstamos de bicicletas, la cual servirá como medida para conocer la trayectoria que ha tenido el programa a lo largo de su existencia y funcionamiento.

3. **Frecuencia de uso de Bicirrun por punto de préstamo:** En esta variable se recolectará el número de usos del servicio en los diferentes puntos de préstamo de Bicirrun (Entrada Calle 26, Calle 53, Calle 45, Edificio CYT y Edificio Uriel Gutierrez), representado por la cantidad de veces que se solicitaron bicicletas en cada uno de estos. Esta medida dará un panorama geográfico sobre cuáles son los puntos con mayor afluencia de usuarios, para así mismo implementar estrategias de captación y mayor divulgación, no sólo para el uso del servicio, sino para diseñar diferentes actividades que promuevan la práctica de AF.

3.6.1.2 Fase Prospectiva

Con el fin de complementar la información obtenida en la fase retrospectiva, se llevará a cabo un seguimiento prospectivo durante el segundo semestre del año 2024, para evaluar el efecto que tiene Bicirrun, en términos de AF de sus usuarios. Este seguimiento, se desarrollará a través de un protocolo, que incluirá dos fases: una fase de reclutamiento, y otra de evaluación y recolección de los datos, que se describen a continuación:

-Protocolo de Medición para la Fase Prospectiva

1. **Fase de Reclutamiento**

1.1 Convocatoria: Se realizará una convocatoria por medio de la implementación de un póster en físico **(ver figura 1)**, que será difundido en los puntos de préstamo de bicicletas de Bicirrun (Entrada Calle 26, Calle 53, Calle 45, Edificio CYT y Edificio Uriel Gutierrez). Adicionalmente, como estrategia de difusión masiva, se usará el póster en formato digital, para ser enviado por el correo electrónico institucional “Postmaster Nacional”.

Figura 1. Póster de difusión para la convocatoria de participación en la fase prospectiva.

1.2 Elección Estación Bicirrun: A partir de las estaciones del programa Bicirrun ubicadas estratégicamente en los principales puntos de acceso a la universidad, se seleccionará una de ellas para llevar a cabo las mediciones durante una jornada. Esta elección se basará en los datos proporcionados por la Sección de Transportes, los cuales indican los puntos con mayor afluencia de usuarios. Entre las estaciones con mayor uso se encuentran: Uriel Gutiérrez, la Calle 26 y el edificio de Ciencias y Tecnología (CyT). Cabe destacar que el servicio está disponible en el horario comprendido entre las 6:00 a.m. y las 3:30 p.m.

1. **Fase de Evaluación y Recolección de Datos**

2.1 Equipos: Se deberá realizar la instalación de los equipos y asegurar que los mismos queden dispuestos de forma correcta y segura para su uso, para lo cual se requiere un lugar cubierto, con una mesa, en una superficie estable, con presencia de tomacorriente.

Los equipos que se deben alistar para este proceso son los siguientes:

- Computador portátil con el software Actilife de los acelerómetros Actigraph
- Acelerómetros Actigraph con bandas de agarre y cables de carga
- Sensores marca Polar con bandas de agarre
- Celulares smartphone con conexión a internet, bluetooth y aplicación instalada de sensores Polar.
- Soportes para celulares
- Gel conductor para sensores polar
- Consentimientos informados en formato físico

- Bolígrafos
- Toallas de limpieza para los equipos posterior al uso con cada individuo

2.2 Consentimiento informado: Se utilizará un consentimiento informado, el cual constituye una declaración voluntaria del participante mediante la cual autoriza su participación en el estudio. Este documento detalla de manera clara el objetivo de la investigación, los procedimientos a realizar, los posibles riesgos o molestias, los beneficios esperados, así como las garantías de protección de los datos personales, entre otros aspectos establecidos en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud (64) **(ver anexo 2)**. El consentimiento deberá ser diligenciado en formato físico e incluir los datos completos del participante.

2.3 Formulario de REDCap (Research Electronic Data Capture): Se creará un formulario de registro de datos en la plataforma de REDCap, para garantizar la protección y privacidad de los datos recolectados **(ver anexo 3)**. Este formulario consta de 3 apartados: El primero, tendrá la información relacionada con el tratamiento de datos personales acorde con la normatividad establecida. El segundo, corresponderá a la caracterización sociodemográfica, en el cual se registraran: el nombre, la edad, el sexo, el peso y la vinculación con la universidad. Por último, se registran los datos correspondientes al Cuestionario Internacional de Actividad física (IPAQ), y los resultados de las mediciones con los sensores polar y acelerómetros, arrojados durante el recorrido en bicicleta.

2.3.1 Cuestionario Internacional de Actividad física (IPAQ) versión corta: Se utilizará este instrumento, que es un cuestionario ampliamente usado para evaluar el nivel de actividad física en individuos entre los 15 y los 69 años, mediante la evaluación de parámetros como la intensidad, frecuencia y duración de diferentes tipos de actividad física (80). Para la presente investigación, se hará uso de la versión corta **(ver anexo 4),**

con siete preguntas destinadas a indagar en los elementos mencionados anteriormente para niveles de intensidad que abarcan del vigoroso, moderado a leve; adicionando una pregunta adicional sobre el tiempo que el usuario ha permanecido sentado en los últimos siete días. La aplicación de este cuestionario permitirá calcular unidades de índice metabólico conocidas como Mets-minuto/semana, y conocer si los usuarios del programa Bicirrun cumplen con las recomendaciones mundiales de AF.

2.3.2 Escala de Percepción del Esfuerzo de Borg Modificada: La escala de medición del esfuerzo percibido, ha sido utilizada ampliamente por su capacidad para complementar indicadores objetivos, ya que permite calificar la sensación de esfuerzo de cada persona, causada por los cambios metabólicos durante el ejercicio ante determinada intensidad (59). Esta escala cuenta con una versión modificada, la cual consta de 11 ítems, y se califica en un rango de 0 a 10, en donde 0 es igual a un estado de reposo total, y 10 un estado de esfuerzo máximo. De esta forma, la persona debe puntuar en qué nivel de la escala se encuentra, lo que puede ayudar a determinar la continuidad o finalización de una actividad, o también, la progresión o regresión en términos de la intensidad de un ejercicio (59). Teniendo en cuenta su utilidad, será utilizada como uno de los instrumentos para cuantificar la intensidad de manera subjetiva, en las personas mientras realizan un recorrido en bicicleta de Bicirrun. Para dar mayor claridad, se usará una imagen con la escala **(ver figura 2),** y la puntuación arrojada se anotará en el formulario de REDCap de registro de datos.

Figura 2. Escala de Borg Modificada

Escala de Esfuerzo de Borg	
0	Reposo total
1	Esfuerzo muy suave
2	Suave
3	Esfuerzo moderado
4	Un poco duro
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Esfuerzo máximo

Fuente: Tomado de Rev. Latino-Am. Enfermagem. https://onx.la/02d6e

2.3.3 Registro de datos de Sensores Polar: El sensor Polar es un cardiofrecuencímetro que ha sido ampliamente utilizado por su fácil aplicabilidad, bajo costo y buenas características psicométricas reportadas en la literatura (55). Para la presente investigación se hará uso del Polar H7, el cual ha demostrado medir con precisión la frecuencia cardiaca en reposo y durante ejercicio para poblaciones fenotípicamente diversas (55). En este caso, iniciando el recorrido, se colocará la banda con el sensor, rodeando el tórax sobre la apófisis xifoides, y se retirará una vez finalizado. Las variables que se tomarán en cuenta para el registro en el formulario REDCap son: frecuencia cardiaca media y máxima, distancia, duración y velocidad durante el recorrido.

2.3.4 Acelerometría: Actualmente, este es uno de los métodos más usados para evaluar la AF debido a los datos que ofrece acerca de la intensidad, frecuencia, duración y naturaleza de la actividad física. Para

llevar a cabo esta estrategia, se utilizan dispositivos biomédicos conocidos como acelerómetros, los cuales son equipos electrónicos que a través de un sensor, detectan los movimientos corporales en términos de aceleración en una o varias direcciones, en un período de tiempo determinado (60). Estos, han mostrado ser confiables y válidos para evaluar la AF, por tanto, han sido utilizados en numerosos estudios que involucran diferentes poblaciones, como niños, adolescentes, adultos jóvenes y adultos mayores (60,61,62).

En este caso, se utilizará la acelerometría en un único momento durante el trayecto en bicicleta de cada participante. El acelerómetro será colocado en la pantorrilla de cada usuario antes de iniciar el recorrido, y se retirará una vez se finalice.

2.3.5 Registro datos de Acelerómetros ActiGraph WGT3X-BT: La medición se llevará a cabo con cuatro acelerómetros de marca ActiGraph wGT3X-BT, pertenecientes al Departamento de Movimiento Corporal Humano de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional, los cuales se encuentran a la disposición de los estudiantes tanto de pregrado como de postgrado del programa de Fisioterapia, y de la Maestría en Fisioterapia del deporte y la actividad física, para los procesos de investigación.

En lo que respecta a la actividad física, el ActiGraph WGT3X-BT cuantifica el movimiento y la intensidad de cada acción, lo que ofrece información sobre la magnitud total de la actividad física a lo largo del día (63). Las variables que se tomarán en cuenta de estos acelerómetros serán: Gasto energético (MET´s), porcentaje de tiempo sedentario, y porcentaje de tiempo en actividad con intensidad leve, moderada y vigorosa. A continuación, se muestra el dispositivo utilizado:

Figura 3. Acelerómetros ActiGraph wGT3X-BT

Fuente: tomado de theactigraph.com

3.6.2 Análisis de datos

Para el estudio de los datos obtenidos, se realizará una descripción univariada de las variables categóricas, donde se emplearan frecuencias absolutas y porcentajes para su representación. En el caso de las variables numéricas, el análisis univariado se llevará a cabo con la descripción de medidas de tendencia central y de dispersión; de acuerdo con la evaluación de normalidad de los datos, se reportaran la media y desviación estándar, o bien la mediana y el rango intercuartílico. La evaluación de la normalidad se efectuará mediante la prueba de Shapiro-Wilk, según la cantidad de observaciones recolectadas, la cual se complementará con la verificación gráfica por medio de Box Plot.

Para la comparación entre variables continuas con los dos subgrupos (el grupo que cumple las recomendaciones de AF mundiales, y el grupo que no lo hace), se aplicará la prueba t de Student para medias independientes o la prueba de Wilcoxon, dependiendo de la distribución de los datos correspondientes a cada variable.

Por último, para el análisis estadístico de la información, se utilizarán los programas: *Software estadístico para ciencia de datos (Stata)* para la fase retrospectiva, y para la fase prospectiva, el software *RStudio*.

3.7 Consideración éticas

El presente trabajo reconoce la importancia de la investigación con seres humanos y la responsabilidad de los profesionales de la salud para llevar a cabo acciones seguras y que no atenten en contra de su integridad. En este sentido, este estudio se rige bajo los principios éticos establecidos para la investigación en salud, tal como se detalla en la Resolución 8430 de 1993 emitida por el Ministerio de Salud. Acorde con el artículo 11 de esta resolución, el presente trabajo se clasifica como investigación con riesgo mínimo, esto debido a que se realizará únicamente un proceso de observación y descripción de un fenómeno al que se encuentran expuestos los usuarios del programa Bicirrun, mediante el registro de datos a través del diligenciamiento de un cuestionario y del uso de acelerómetros, como instrumentos de medición de actividad física (64).

Por otro lado, esta investigación se acoge al Acuerdo número 035 de 2003 (Acta número 8 del 3 de diciembre del 2003) de la Universidad Nacional de Colombia, en la cual se expide el reglamento sobre propiedad intelectual, en donde para la producción de conocimiento y creación de literatura, se conservarán siempre los derechos de autor y los derechos conexos (65).

Conforme a la Declaración de Helsinki de la Asamblea Médica Mundial de 1964, el presente estudio velará por cuidar la intimidad y la confidencialidad de la información de los participantes, por lo tanto, los datos de carácter personal recolectados tanto en la fase retrospectiva como prospectiva del estudio, serán exclusivamente de uso académico, y se manejarán a través de una base de datos privada con código encriptado, y un único correo electrónico con dominio perteneciente a la Universidad Nacional, lo que garantizará la seguridad,

privacidad e integridad de los mismos, bajo el cumplimiento normativo de la Ley 1581 de 2012 para la protección y tratamiento de datos, y de la Política de Datos Personales de la Universidad Nacional (66). Los participantes podrán ejercer sus derechos como titular de conocer, actualizar, rectificar y revocar las autorizaciones dadas a las finalidades aplicables a través de los canales dispuestos (correo electrónico: ansuarezcu@unal.edu.co).

Adicionalmente, a todos los sujetos de investigación pertenecientes a la fase prospectiva del estudio, se les implementará un formato de consentimiento informado, que se regirá a partir de lo estipulado en el Artículo 15 de la Resolución 8430 de 1993, en donde se especificará detalladamente que su participación es netamente voluntaria y que la puede declinar en cualquier momento, sin tener ningún tipo de represalia. Así mismo, se explicarán los objetivos, procedimientos a realizar, beneficios, riesgos y/o molestias derivados de la participación, y se aclarará cualquier duda o inquietud necesaria, entre otros.

Por último, se declara que el presente estudio hace parte del macroproyecto *"Efecto del programa Bicirrun como estrategia de transporte activo y modificación de estilos de vida"* con código Hermes No. 60237**,** el cual ha sido financiado gracias a la convocatoria de investigación *"Creación e innovación, para la atención de problemáticas del campus universitario y de ciudad - región Bogotá."* Dicho proyecto se encuentra en alianza con el Programa Bicirrun que hace parte de la Unidad de Transportes de la Universidad Nacional, en el cual bajo la coordinación de *Fabiola Diago de la Cruz*, se autorizó el acceso y uso a las bases datos propias del programa para tomar información tanto para la fase retrospectiva como para la prospectiva.

Finalmente, los resultados que se presentarán, constituyen afirmaciones de los investigadores y no de la Universidad Nacional de Colombia, y en la investigación no existe ningún tipo de conflicto de intereses, ya sea de índole económico o personal, y tampoco busca obtener ningún beneficio adicional.

4. Resultados

Para evaluar el efecto del programa Bicirrun, se analizaron los datos recolectados en dos momentos distintos. El primero, que se llevó a cabo en el primer semestre del 2024, corresponde a la fase retrospectiva, basada en la información proporcionada por la base de datos de la Unidad de Transportes. El segundo momento, que se ejecutó durante el segundo semestre del 2024, se refiere a los resultados obtenidos durante la fase prospectiva, mediante la aplicación del protocolo de medición previamente descrito. A continuación, se muestran los resultados por cada fase:

4.1 Fase Retrospectiva

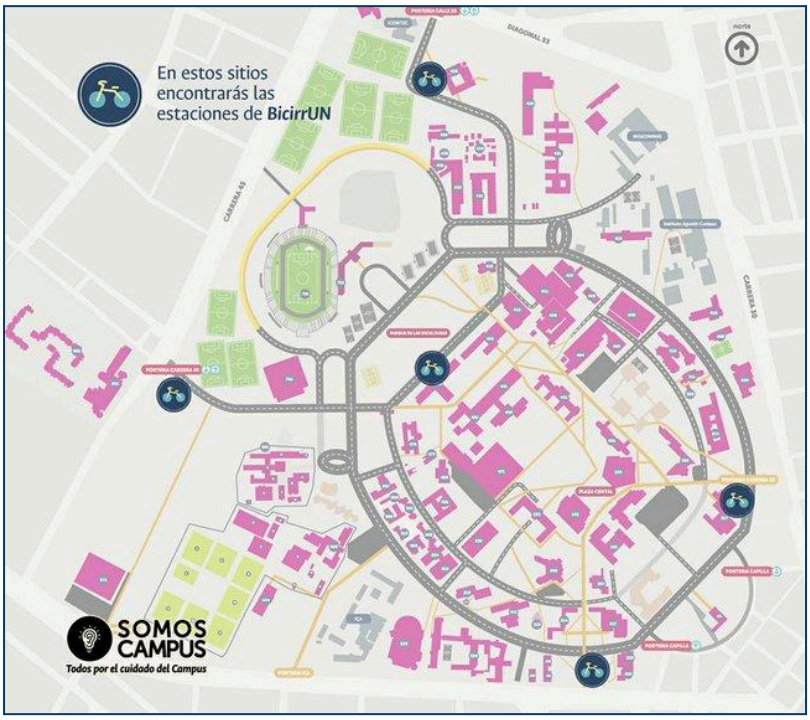
4.1.1 Bicirrun: una iniciativa de movilidad sostenible en la Universidad Nacional de Colombia

Bicirrun es un sistema de bicicletas compartidas (SBC) implementado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, como una estrategia para promover la movilidad sostenible dentro del campus universitario. Esta iniciativa fue lanzada en marzo de 2006 por la Dirección de Bienestar Universitario (11), en respuesta a la necesidad de ofrecer alternativas de transporte que facilitaran el desplazamiento de estudiantes, docentes y personal administrativo dentro de un área que abarca aproximadamente 1.200.000 metros cuadrados y acoge a una población de cerca de 45.000 personas (27,28).

La Universidad Nacional se ha posicionado como la única institución de educación superior en América Latina que cuenta con un sistema de bicicletas compartidas propio (11), lo que refleja su compromiso con la sostenibilidad y la

innovación medio ambiental. Durante sus primeros años, el programa contó con un parque inicial de 60 bicicletas, diseñadas por estudiantes de Diseño Industrial de la misma institución. A lo largo del tiempo, y gracias al respaldo institucional, especialmente del Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD) durante el periodo 2015-2016, así como del apoyo de la División de Logística y Sección de Transportes, el sistema ha logrado un crecimiento significativo. En la actualidad, Bicirrun dispone de 168 bicicletas y tres triciclos, lo que permite atender una demanda creciente y diversificada (11). El sistema está distribuido estratégicamente a lo largo del campus mediante estaciones ubicadas en puntos clave de acceso y alta afluencia **(ver figura 4)**. Estas estaciones se encuentran en: la entrada por la Calle 26, la Calle 45, la Calle 53, el Edificio de Ciencia y Tecnología (CyT), el Edificio Uriel Gutiérrez y las Residencias Universitarias. Esta disposición geográfica permite una cobertura eficiente del territorio universitario, lo que facilita el acceso al servicio desde distintas zonas del campus.

Figura 4. Mapa de Estaciones de Bicirrun en el Campus Universitario



Fuente: Universidad Nacional de Colombia. Bicirrun: Préstamo de bicicletas [Internet]. Bogotá: UNAL - Dirección Nacional de Planeación; 2021.

La trayectoria del programa Bicirrun, evidencia una evolución sostenible y un impacto positivo en la comunidad universitaria, ya que no solo contribuye a la reducción de emisiones contaminantes, sino también al fomento de hábitos de vida saludables y a la construcción de una cultura de movilidad responsable dentro del campus.

4.1.2 Comportamiento del programa Bicirrun entre el período 2017 y 2024-I

Este análisis se basó en los datos recolectados a partir de los registros de los usuarios del programa, desde el año 2017 hasta el 2024, que fueron consignados en la base de datos de Bicirrun, perteneciente a la Unidad de Transportes de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. La función de dicha base de datos, era recolectar información relacionada con la usabilidad del servicio, en términos de caracterización de los usuarios (sexo, filiación institucional), préstamos de bicicletas, duración de los recorridos (con un límite de 15 minutos máximo por usuario), y el funcionamiento mecánico de las bicicletas. No obstante, es importante señalar que, aunque se disponía de estos registros, no fue posible acceder a la totalidad de la información debido a fallos en el software del programa. En consecuencia, los resultados disponibles se presentan agrupados por periodos mensuales dentro de cada año, ya que no se logró obtener datos completos para todos los meses entre 2017 y 2024. Adicionalmente, cabe resaltar que, para el 2024 hubo una restructuración del programa, con una actualización del software para almacenar los datos, por lo que, en este período de transición, tampoco hubo acceso a la totalidad de los datos. A partir de esto, los datos que se lograron identificar para este estudio en la fase retrospectiva fueron: el comportamiento de uso de las bicicletas en términos del número de préstamos por mes, por año, por sexo, por filiación institucional y por estación de Bicirrun.

4.1.2.1 Comportamiento mensual y anual del préstamo de bicicletas en el período 2017 a 2024-I

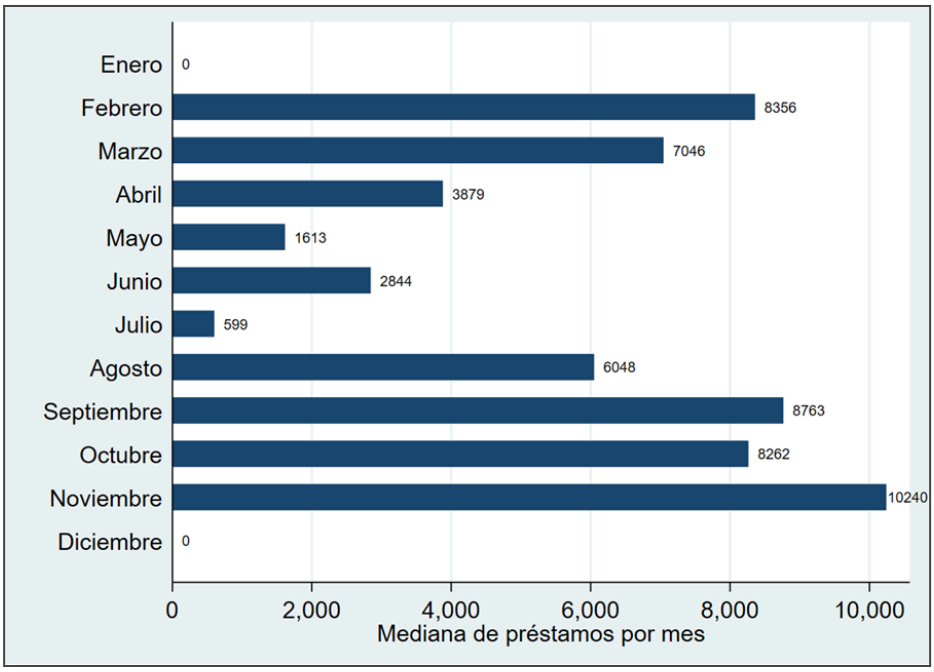
Comportamiento Mensual: La **figura 5.** ilustra la mediana de préstamos mensuales de bicicletas, registrados en el programa Bicirrun durante el periodo 2017 hasta el primer semestre de 2024. Los valores varían considerablemente a lo largo del año, lo que refleja una influencia del calendario académico y los periodos de vacaciones universitarias.

Como se muestra en la gráfica, los meses con mayor número de préstamos fueron noviembre (10.240), septiembre (8.763), febrero (8.356) y octubre (8.262). Estas cifras representan los picos más altos de actividad y se asocian con periodos de clases activas, clima favorable y plena asistencia de la comunidad universitaria. Cabe destacar que noviembre presenta la mediana más alta, lo cual sugiere una consolidación del uso del sistema en el cierre del segundo semestre académico. En cuanto a los meses de enero y diciembre, reportaron cero préstamos, lo cual puede atribuirse al receso institucional. Asimismo, los meses de julio (599), mayo (1.613) y junio (2.844) presentan cifras significativamente menores, posiblemente debido a las vacaciones intersemestrales y las semanas de exámenes, que reducen el flujo habitual de usuarios.

Al comparar el mes con menor actividad, que fue julio con 599 préstamos, con el de mayor demanda, que corresponde a noviembre con 10.240 préstamos, se registró un incremento porcentual cercano al 94%, lo que refleja una significativa variabilidad en la utilización del servicio. Esta tendencia se repite en otros periodos como mayo y septiembre, donde los préstamos aumentan un 70%, y abril y octubre donde se observa un crecimiento del 43%. Estas cifras sugieren un comportamiento estacional del uso del sistema, probablemente vinculado a los calendarios académicos, las condiciones climáticas y la presencia activa de la comunidad universitaria. Por el contrario, entre febrero y marzo se aprecia una leve disminución del 15,6%, lo cual podría estar relacionado con factores

coyunturales como semanas de adaptación o actividades académicas específicas que afectan la movilidad habitual.

Figura 5: Mediana de préstamos mensuales de bicicletas en el período 2017-2024-I



Fuente: Elaboración propia - Base de datos de Bicirrun

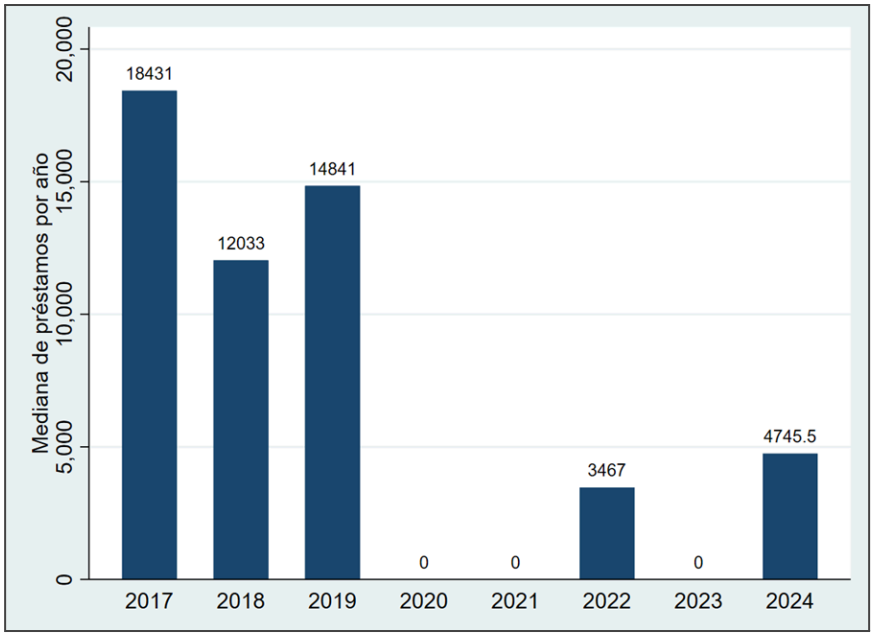
Comportamiento Anual: La **Figura 6** presenta la mediana anual de préstamos registrados en el sistema Bicirrun entre los años 2017 y el primer semestre de 2024, lo que permite observar la evolución del uso del programa a lo largo del tiempo y su relación con distintos contextos institucionales.

Durante el periodo analizado, el año 2017 registró el mayor número de préstamos, con una mediana anual de 18.431 usos, lo que lo consolidó como el año de mayor impacto. Le siguen 2019, con 14.841 préstamos, y 2018, con 12.033. Estos tres años muestran un comportamiento estable en la demanda del servicio, posiblemente favorecido por la estabilización operativa del sistema, la consolidación de estaciones alrededor del campus, y una comunidad universitaria con preferencias hacia el transporte activo.

Por otro lado, como se evidencia en la **figura 6**, los años 2020 y 2021 no reportaron actividad, lo que reflejó un impacto directo de la emergencia sanitaria por COVID-19, que implicó el cierre temporal del campus universitario y la suspensión de servicios presenciales. Esta interrupción generó una caída abrupta del 100% en el uso del sistema con respecto al 2019.

En 2022, con la reactivación gradual de las actividades académicas presenciales, se registró una recuperación parcial, con 3.467 préstamos, lo que representa un aumento respecto a los dos años anteriores, pero aún distante de las cifras previas a la pandemia. Este crecimiento temprano se incrementó en 2024, donde, sólo para el primer semestre del año, se registró una mediana de 4.745 préstamos, que sugiere una tendencia ascendente del comportamiento de uso del 36,8%, con respecto al 2022, lo que muestra una recuperación exitosa del sistema.

Figura 6: Mediana de Préstamos Anuales de Bicicletas



Fuente: Elaboración propia - Base de datos de Bicirrun

4.1.2.2 Comportamiento de uso según Sexo y Filiación institucional en el período 2017 a 2024-I

Comportamiento de uso por sexo: La **figura 7**. permite identificar diferencias significativas en la participación de hombres y mujeres en el uso del sistema de bicicletas compartidas a lo largo del período estudiado.

De manera consistente, los usuarios de sexo masculino presentan una participación notablemente superior en comparación con las mujeres en la mayoría de meses del año. Esta brecha es particularmente evidente en los meses de marzo (7441 vs. 3809), abril (10.858 vs. 4836), mayo (15.082 vs. 6556), y septiembre (10.333 vs. 4402), lo cual sugiere una mayor apropiación del sistema por parte de los hombres en los periodos de mayor demanda del servicio.

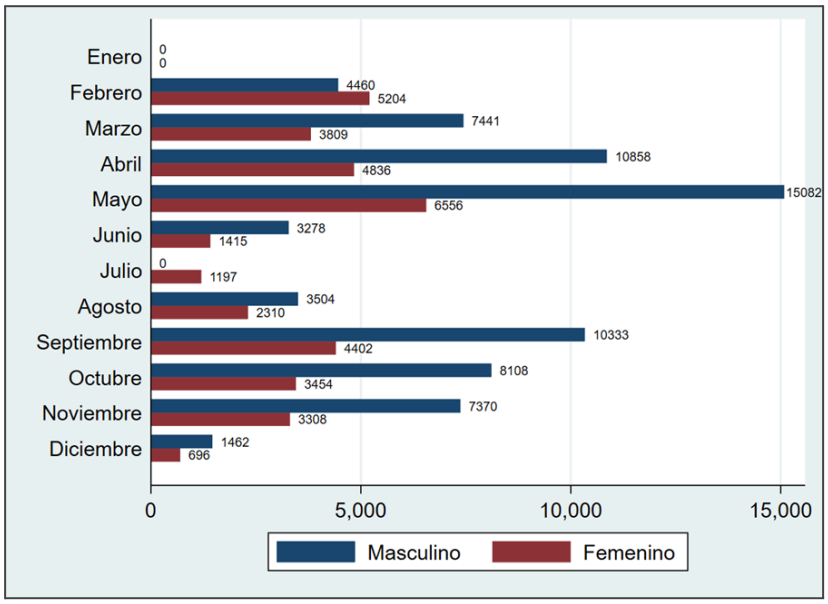
En promedio, la diferencia porcentual entre ambos sexos se sitúa entre el 45% para las mujeres y el 60% a favor de los hombres. Por ejemplo, en mayo, los usuarios masculinos realizaron el doble del uso siendo un 57% superior que el uso de la población femenina. Esta disparidad puede atribuirse a factores asociados a la percepción de seguridad, diferencias en patrones de movilidad, y barreras estructurales de acceso para las mujeres.

Sin embargo, como se evidencia en la **figura 7**, existen meses en los que la brecha se reduce, como en febrero, donde las mujeres realizaron 5.204 préstamos frente a 4.460 de los hombres, lo que representa un incremento del 16,7% a favor del sexo femenino. Este comportamiento, podría estar influenciado por estrategias de promoción del uso de la bicicleta que se han implementado en la División de Actividad Física y Deporte (DAFD) de la universidad, en las que se busca fortalecer la práctica tanto en entornos deportivos, como para entornos de promoción de la salud y transporte.

En los meses tradicionalmente asociados a vacaciones o baja actividad académica (enero, julio y diciembre), el número de préstamos desciende en ambos sexos, aunque con una mayor proporción de uso femenino en julio, donde

las mujeres realizaron el 100% de los préstamos registrados, dado que no se reportaron préstamos por parte de usuarios masculinos.

Figura 7. Mediana de Préstamos por mes según sexo



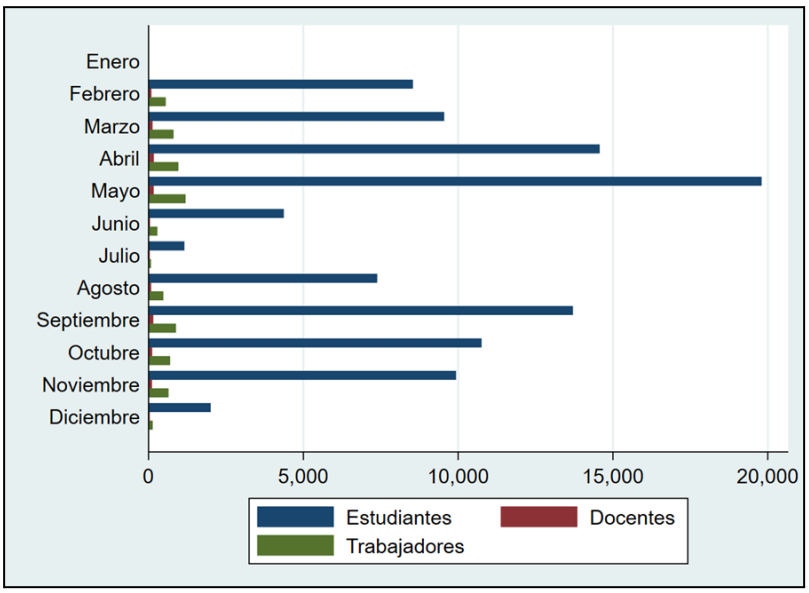
Fuente: Elaboración propia - Base de datos de Bicirrun

Comportamiento de uso por filiación institucional: La **Figura 8** muestra la distribución mensual de la mediana de los préstamos del sistema Bicirrun según la filiación institucional de los usuarios: estudiantes, docentes y trabajadores administrativos. A lo largo del periodo analizado, los estudiantes han sido los principales usuarios del sistema, concentrando de forma consistente la mayoría de los préstamos mensuales. Esta tendencia es especialmente notoria en meses de alta actividad académica como abril (más de 17.000 préstamos), mayo (alrededor de 19.000) y septiembre (cerca de 14.000). En estos meses, los estudiantes llegan a representar más del 90% del total de los préstamos, lo cual pone de manifiesto su papel central en la apropiación del programa Bicirrun como medio de transporte activo dentro del campus.

Por su parte, la participación de los docentes y trabajadores administrativos ha sido significativamente menor. En la mayoría de los meses, los docentes y trabajadores administrativos no superan los 500 préstamos, y en algunos meses

como febrero, marzo, septiembre y octubre, su uso apenas se aproxima a los 1.000 préstamos mensuales. Estos valores representan aproximadamente un 5% del uso total del sistema en cada periodo.

Figura 8. Mediana de préstamos por Mes según Filiación Institucional



Fuente: Elaboración propia - Base de datos de Bicirrun

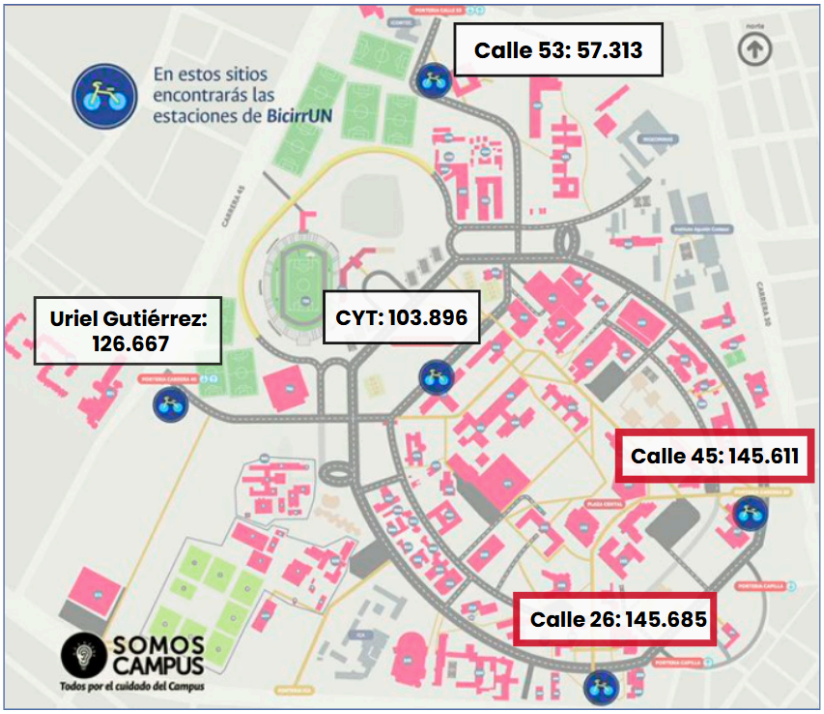
4.1.2.3 Comportamiento de uso según estaciones de Bicirrun

En la **Figura 9**, se presenta el recuento total de préstamos de bicicletas registrados entre 2017 y 2024-I, distribuidos según la ubicación de las estaciones del sistema Bicirrun dentro del campus, que se describieron anteriormente **(ver figura 4).** Esta información permite identificar cuáles han sido los puntos de mayor demanda y uso del sistema, así como establecer asociaciones con patrones de movilidad interna y flujos de entrada al campus.

Las estaciones ubicadas en las porterías de Calle 26 y Calle 45 lideraron el número total de préstamos en el periodo analizado, con 145.685 y 145.611 registros, respectivamente. Esta cifra representa el 54% de los registros, lo que evidencia su papel estratégico como principales puntos de entrada y salida del campus, donde se concentra el mayor flujo de usuarios. Seguida a estas, se

encuentra la estación Uriel Gutiérrez, con 126.667 préstamos, lo que representa alrededor del 23% del total, que puede estar relacionado con su cercanía a edificios administrativos, facultades con alta densidad estudiantil y zonas de servicios institucionales. Por su parte, la estación ubicada en el edificio de Ciencia y Tecnología (CyT), registró 103.896 préstamos, lo que refleja el 19% del total de préstamos, que se explicaría por la ubicación en una zona central de alta concentración académica y de tránsito estudiantil constante. Finalmente, la estación con menor número de préstamos en el periodo es la de Calle 53, con 57.313 registros, lo que equivale al 10,6% del total de préstamos. A pesar de su ubicación en una portería de acceso, su uso comparativamente menor podría estar asociado a una menor densidad poblacional en esa zona del campus, menor conectividad con otros nodos de actividad académica y/o menor visibilidad del sistema en ese sector.

Figura 9. Recuento Total de Préstamos por Estación de Bicirrun



Fuente: Elaboración propia - Adaptado de: Universidad Nacional de Colombia. Bicirrun: Préstamo de bicicletas [Internet]. Bogotá: UNAL - Dirección Nacional de Planeación; 2021.

4.2 Fase Prospectiva

A partir de las mediciones realizadas en la fase prospectiva, que se efectuó durante el segundo período del año 2024, se lograron obtener los resultados que se muestran en la **Tabla 4 y 5**, en términos de características sociodemográficas, comportamiento de uso del programa Bicirrun, y su efecto en la realización y cumplimiento de actividad física de la comunidad universitaria. Cabe destacar que, este estudio al hacer parte del macroproyecto *"Efecto del programa Bicirrun como estrategia de transporte activo y modificación de estilos de vida"* con código Hermes No. 60237 **(ver anexo 1),** recolectó una muestra inicial de 48 usuarios del servicio, para dar cumplimiento a su primera fase. Sin embargo, como parte de las siguientes fases del proyecto institucional, se planea reunir una mayor cantidad de muestra, que pueda mostrar impacto tanto en las variables contempladas en esta investigación, como en las variables adicionales del macroproyecto.

4.2.1 Caracterización sociodemográfica de los usuarios de Bicirrun

La muestra estuvo compuesta en partes iguales por personas de sexo femenino y masculino, con 24 participantes por sexo, lo que corresponde al 50% en cada caso. La edad mediana fue de 20 años con un rango intercuartílico (RIC) de 18 a 23 años, lo que indica que la población evaluada estuvo compuesta por adultos jóvenes. El 100% de los participantes, fueron estudiantes universitarios, con vinculación académica activa con la universidad, lo que es relevante para los objetivos de la investigación, ya que al ser estudiantes, comparten características propias del entorno universitario (carga académica, movilidad interna en el campus, etc.), lo que influye potencialmente en sus hábitos de actividad física y en el uso de las bicicletas **(ver tabla 4)**.

4.2.2 Nivel de actividad física estimado con el IPAQ versión corta

En cuanto al nivel de actividad física de la población estudiada (n=48), los datos recolectados mediante el IPAQ (versión corta), como se observa en la **tabla 4**, revelan bajos niveles de ejercicio vigoroso, ya que ninguno de los participantes reportó días ni minutos dedicados a este tipo de actividad en la semana (mediana = 0). No obstante, para la actividad física de intensidad moderada, se reportan datos con una mediana de 2 días por semana (RIC: 1–4) y un tiempo semanal de 47,5 minutos (RIC: 30-97). Esta distribución sugiere que, aunque la mayoría de los participantes no realiza actividad vigorosa, al menos una parte sí mantiene actividad moderada en la semana.

En cuanto a las caminatas, los usuarios reportaron una frecuencia de 5 días por semana (RIC: 5–7), con una mediana de 30 minutos diarios (RIC: 25-60), lo que podría estar directamente relacionado con los desplazamientos cotidianos dentro del campus, posiblemente incluyendo el uso del sistema Bicirrun como complemento a la movilidad activa.

Por otro lado, el tiempo total en posición sedentaria fue elevado, con una mediana de 240 minutos por día (RIC: 180-360), es decir, aproximadamente 4 horas diarias en promedio, lo cual refleja un patrón común en poblaciones estudiantiles, particularmente en contextos académicos intensivos.

Por último, el gasto energético total presentó una mediana de 600 MET-min/semana (RIC: 240-1530 MET-min/semana), lo que indica una alta variabilidad en los niveles de AF entre los participantes. Al clasificar el nivel de actividad física según el puntaje total en MET-min/semana, se encontró que más de la mitad de los estudiantes evaluados no cumplen con las recomendaciones mínimas de AF, el 52% de los estudiantes (n = 25) presentaron un nivel bajo de AF(<600 MET-min/semana), mientras que el 33% (n = 16) se ubicó en un nivel moderado (≥600 MET-min/semana) y el 15% restante (n = 7) alcanzó un nivel alto (≥1500 MET-min/semana). **(Ver tabla 4)**

Tabla 4. Características sociodemográficas y niveles de actividad física de los usuarios del programa Bicirrun de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Variable	n= 48 (100%)
Edad - *Mediana (RIC)*	20 (18-23)
Sexo	
Femenino, n(%)	24 (50%)
Vinculación con la UNAL	
Estudiante, n(%)	48 (100%)
Nivel de Actividad física (IPAQ versión corta)	
Días de AF Vigorosa /semana	0
Tiempo de AF Vigorosa /semana (min)	0
Días de AF Moderada/semana	2 (1-4)
Tiempo de AF Moderada /semana (min) - Mediana (RIC)	47.5 (30-97)
Días de Caminata/semana - Mediana (RIC)	5 (5-7)
Tiempo de Caminata/día (min) - Mediana (RIC)	30 (25-60)
Tiempo en Sedente/ día (min) - Mediana (RIC)	240 (180-360)
Total MET-min/semana - Mediana (RIC)	600 (240-1530)
Clasificación AF según MET-min/semana	
Bajo (<600 MET-min/semana) - n(%)	25 (52%)
Moderado (≥600 MET-min/semana) n(%)	16 (33%)
Alto (≥1500 MET-min/sem) - n(%)	7 (15%)

**RIC: Rango Intercuartílico, DE: Desviación estándar, UNAL: Universidad Nacional de Colombia, IPAQ: Cuestionario Internacional de Actividad Física, AF: Actividad Física, Kg: Kilogramo, Min: Minutos, METs: Equivalente Metabólico de la Tarea.

4.2.3 Uso del programa Bicirrun y Características de los recorridos en Bicicletas

La **Tabla 5** presenta los resultados del análisis del uso del programa Bicirrun, en términos de frecuencia semanal y diaria, y las características de los recorridos realizados por una muestra de 48 usuarios. A cada participante, se le registró un trayecto típico por medio de los acelerómetros ActiGraph WGT3X-BT y los sensores de frecuencia cardíaca Polar H7, con el fin de cuantificar de manera objetiva el gasto energético y la intensidad del esfuerzo físico, en donde se tomaron en cuenta variables como la duración, distancia, velocidad, percepción del esfuerzo (escala de Borg) y frecuencia cardíaca. Además, se determinó el porcentaje de tiempo que los usuarios permanecieron en intensidades sedentaria, leve, moderada o vigorosa durante el recorrido.

-Frecuencia de uso semanal y diaria del programa Bicirrun

Los participantes reportaron una mediana de 2 días de uso por semana (RIC: 1-3) y una frecuencia diaria promedio de 1,3 trayectos (±0,88) **(ver tabla 5)**. Estos resultados sugieren que Bicirrun es empleado principalmente como una alternativa de movilidad ocasional, complementaria a otras formas de desplazamiento como la caminata o el transporte institucional, en el contexto de la rutina académica.

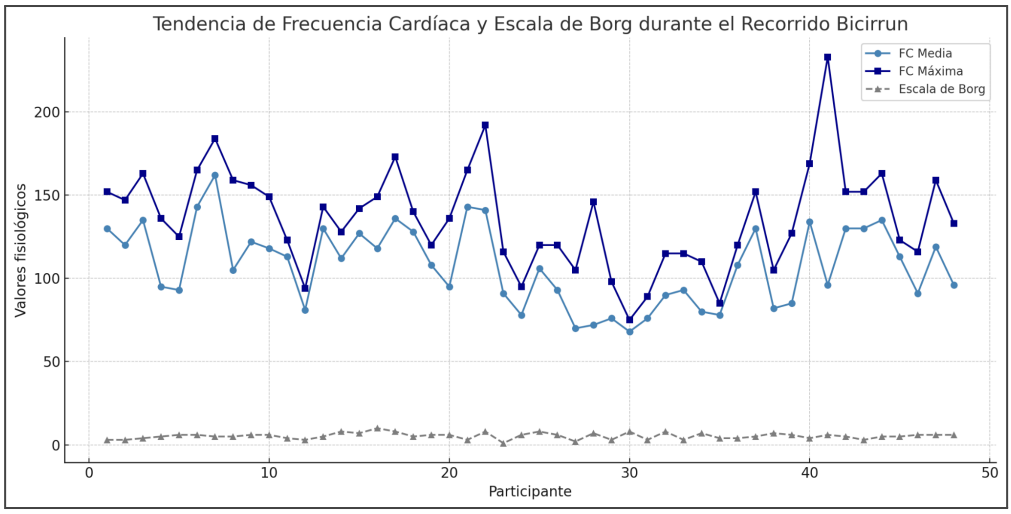
-Características del recorrido

Las mediciones realizadas mediante sensores Polar permitieron establecer que los trayectos realizados tenían una duración mediana de 5 minutos (RIC: 4-7), con una distancia promedio de 0,88 km (RIC: 0,54-0,94). La velocidad media registrada fue de 14,3 km/h (RIC: 10,2-17,5), valor que se encuentra dentro del rango esperado para desplazamientos urbanos funcionales en bicicleta **(ver tabla 5)**.

-Intensidad fisiológica de un recorrido en bicicleta

En términos cardiovasculares, la frecuencia cardíaca media durante los recorridos fue de 107,8 lpm (±23,7), mientras que la frecuencia cardíaca máxima alcanzó los 138 lpm (±30,2), lo cual indica una intensidad de esfuerzo moderada, acorde con la edad de los participantes (adultos jóvenes). Adicionalmente, la percepción subjetiva del esfuerzo, medida con la escala de Borg, se ubicó en una media de 5,33 puntos (±1,87), correspondiente a una intensidad considerada como "algo dura", lo cual concuerda con las variables fisiológicas y mecánicas medidas **(ver tabla 5 y Figura 10.)**

Figura 10. Comportamiento de la frecuencia cardiaca y la escala de Borg durante un recorrido en Bicicleta



Fuente: Elaboración propia

-Gasto Energético

En relación con el gasto energético y la clasificación del esfuerzo, los datos obtenidos mediante acelerometría evidenciaron que los recorridos en bicicleta generaron un gasto promedio de 30 kilocalorías por recorrido (6 minutos) (RIC: 23-50) **(ver tabla 5)**. En cuanto a la intensidad del esfuerzo físico, medida en equivalentes metabólicos (METs), se reportó una mediana de 3 METs (RIC: 2-5) **(ver tabla 5)**, lo que clasifica la actividad como leve a moderada, de acuerdo con

los criterios del Compendio de Actividades Física (81). Esta clasificación coincide con la intensidad cardiovascular y la percepción subjetiva del esfuerzo previamente registradas, lo que valida la consistencia de los datos.

Adicionalmente, el análisis del tiempo dedicado a cada nivel de esfuerzo durante los trayectos mostró una distribución heterogénea: el 20% del tiempo fue clasificado como sedentario, asociado a detenciones momentáneas o velocidades muy bajas; el 15% correspondió a intensidad leve, mientras que el 18% se relacionó con actividad moderada. De manera destacable, el 23% del tiempo de recorrido se realizó en intensidad vigorosa, lo cual indica que, a pesar de la brevedad de los trayectos, una proporción considerable de los usuarios alcanzó niveles altos de exigencia física **(ver tabla 5)**.

Tabla 5. Uso del programa Bicirrun y características de los recorridos en Bicicleta

Variable	n= 48 (100%)
Uso Bicirrun	
Días por semana - Mediana (RIC)	2 (1-3)
Veces por día - Media (DE)	1.3 (± 0.68)
Características de un recorrido en Bicicleta (Sensor Polar)	
Duración (min) - Mediana (RIC)	5 (4-7)
Distancia (km) - Mediana (RIC)	0.88 (0.52 - 0.94)
Velocidad (km/hr) - Mediana (RIC)	14.3 (10.2 - 17.5)
Intensidad (Sensor Polar)	
FC media - Media(DE)	107.8 (± 23.7)
FC máxima - Media (DE)	136 (± 30.2)
Escala de Borg - Media (DE)	5.33 (±1.87)

Gasto Energético (Acelerometría)	
Kcal/recorrido - Mediana (RIC)	30.5 (23-50)
METs - Mediana (RIC)	3 (2-5)
% Sedentario - Mediana (RIC)	20 (8-50)
% Leve - Mediana (RIC)	15 (9-21)
% Moderado - Mediana (RIC)	16 (12-26)
% Vigoroso - Mediana (RIC)	23 (7-50)

**RIC: Rango Intercuartílico, DE: Desviación estándar, UNAL: Universidad Nacional de Colombia, IPAQ: Cuestionario Internacional de Actividad Física, Min: Minutos, Km: Kilómetros, Hr: horas, FC: Frecuencia Cardiaca, Kcal: Kilocalorías, METs: Equivalente Metabólico de la Tarea.

4.2.4 Efecto del programa Bicirrun en los niveles de Actividad Física de la comunidad universitaria

Con el fin de evaluar el efecto del programa Bicirrun sobre la práctica de AF en los sujetos del estudio, se utilizaron los datos obtenidos a través del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ, versión corta). Este instrumento permitió no sólo determinar el nivel de AF de cada participante, en leve, moderada o vigorosa, sino también, clasificar a los individuos según el cumplimiento de las recomendaciones mínimas de AF establecidas por la Organización Mundial de la Salud (≥150 minutos semanales), que están orientadas a la prevención de enfermedades no transmisibles (ENT). Posteriormente, la población fue segmentada en dos subgrupos: aquellos que cumplían con dichas recomendaciones (n = 25) y aquellos que no las cumplían (n = 23). Esta categorización permitió identificar y analizar diferencias significativas entre ambos grupos, tal como se presenta en la **Tabla 6,** en donde de manera global, se observa que el grupo de participantes que cumple con las recomendaciones de AF presenta mayores niveles de actividad física moderada y vigorosa, tanto en frecuencia como en duración, en comparación con el grupo que no las cumple.

En cuanto a las variables sociodemográficas, no se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos en relación con la edad (mediana: 19 vs. 20 años; p = 0.738) ni con el peso corporal (53.8 ± 10.02 kg vs. 55 ± 8.38 kg; p = 0.830), lo que indica homogeneidad entre los grupos para estas características **(ver Tabla 6).**

Respecto a la actividad física vigorosa, se identificaron diferencias estadísticamente significativas tanto en los días por semana (mediana: 0 [RIC: 3] vs. 0 [0]; p = 0.006) como en el tiempo semanal (0 [60] vs. 0 [0] minutos; p = 0.005). Aunque la mediana es 0 en ambos grupos, el rango intercuartílico más amplio en el grupo que cumple sugiere una mayor dispersión y la presencia de individuos con niveles más altos de actividad vigorosa **(ver Tabla 6)**.

En relación con la actividad física moderada, el grupo que cumple con los criterios de AF presenta una mediana de 4 días por semana (RIC: 2–5), frente a 2 días (0–3) en el grupo que no cumple, diferencia que resulta significativa (p = 0.0004). De igual forma, el tiempo semanal dedicado a actividad moderada fue considerablemente mayor en el grupo activo (mediana: 90 minutos; RIC: 60–120) en comparación con el grupo no activo (30 minutos; RIC: 10–35), también con significancia estadística (p = 0.0004) **(ver Tabla 6).**

En cuanto a la caminata, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ni en los días por semana (p = 0.104) ni en el tiempo diario dedicado a esta actividad (p = 0.057) **(ver Tabla 6)**, aunque se observa una tendencia hacia valores mayores en el grupo que cumple con los criterios de AF.

Finalmente, el tiempo sedentario diario no mostró diferencias significativas entre los grupos (mediana: 240 minutos en ambos casos; p = 0.801), lo cual indica que, a pesar del incremento en la actividad física, no se logró una reducción del comportamiento sedentario **(ver Tabla 6)**.

La segunda sección de la **Tabla 6** explora variables relacionadas con el uso del programa Bicirrun, la caracterización del recorrido en bicicleta (medido mediante sensores Polar), la intensidad del esfuerzo y el gasto energético, con el fin de identificar posibles diferencias entre los participantes que cumplieron con las recomendaciones mínimas de actividad física (≥150 minutos semanales) y aquellos que no lo hicieron.

En cuanto a la frecuencia de uso del programa, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Tanto los días por semana (mediana: 1 [RIC: 1–1] en ambos grupos, $p = 0.418$) como la frecuencia diaria de uso (1 ± 0.73 vs. 1 ± 0.87, $p = 0.735$) fueron similares. Esto sugiere que la adherencia al programa Bicirrun, al menos en términos de frecuencia, no fue un factor determinante para alcanzar los niveles mínimos de AF recomendados.

Las características del recorrido en bicicleta —incluyendo duración (7.0 vs. 6.3 minutos; $p = 0.379$), distancia recorrida (0.88 vs. 0.85 km; $p = 0.828$) y velocidad media (14.8 vs. 13.6 km/h; $p = 0.868$)— tampoco mostraron diferencias significativas. Esto indica que, independientemente del cumplimiento de los estándares de AF, la experiencia objetiva del recorrido fue homogénea entre los grupos.

De forma similar, las variables fisiológicas de intensidad del ejercicio no presentaron diferencias relevantes. La frecuencia cardíaca media (108 vs. 107 lpm; $p = 0.954$), la frecuencia cardíaca máxima (140 vs. 143 lpm; $p = 0.829$) y la percepción subjetiva del esfuerzo (escala de Borg: 4 en ambos grupos; $p = 0.959$) fueron prácticamente idénticas. Este hallazgo sugiere que la intensidad del esfuerzo durante las sesiones no varió significativamente entre los participantes, independientemente de su nivel semanal acumulado de AF.

Sin embargo, al analizar el gasto energético, se encontró una diferencia cercana a la significancia estadística en el valor de METs (mediana: 3.0 vs. 2.3; $p = 0.065$), lo cual indica una mayor intensidad metabólica en el grupo que cumple con las

recomendaciones de AF. Este resultado cobra especial relevancia si se considera que los METs son una medida objetiva del coste energético de la actividad física, y un mayor valor está asociado con una mejor eficiencia cardiovascular y muscular. Esta diferencia, aunque marginalmente significativa, sugiere una posible relación positiva entre la intensidad metabólica y el cumplimiento de las recomendaciones de la OMS.

Una diferencia estadísticamente significativa se identificó en el porcentaje de tiempo dedicado a actividad física de intensidad moderada (16% en el grupo que cumple vs. 34% en el que no cumple; p = 0.011). Paradójicamente, el grupo que no alcanzó los 150 minutos semanales presentó un mayor porcentaje de AF moderada durante sus sesiones registradas. Este hallazgo puede interpretarse como un intento aislado de cumplir con las recomendaciones, sin lograrlo de forma sostenida en el tiempo o con una frecuencia suficiente a lo largo de la semana.

Finalmente, no se observaron diferencias en los porcentajes de tiempo dedicado a AF sedentaria, leve o vigorosa, aunque el grupo que cumple reportó una ligera mayor proporción de AF vigorosa (18% vs. 14%).

Tabla 6. Efecto del programa Bicirrun en los niveles de Actividad Física de la comunidad universitaria

Variable	***Cumplimiento recomendaciones AF (150 min)***		
	Cumplen n= 25 (52%)	**No cumplen n= 23 (48%)**	**Valor p**
Edad *- Mediana (RIC)*	19 (18-22)	20 (18-23)	0.738
Nivel de Actividad física (IPAQ versión corta)			
Días de AF Vigorosa /semana - Mediana (RIC)	0 (3)	0	0.006
Tiempo de AF Vigorosa /semana (min) - Mediana (RIC)	0 (60)	0	0.005

Días de AF Moderada/semana - Mediana (RIC)	4 (2-5)	2 (2.5)	0.000**
Tiempo de AF Moderada /semana (min) - Mediana (RIC)	90 (60-120)	30 (35)	0.000**
Días de Caminata/semana - Mediana (RIC)	6 (5-7)	5 (5-6)	0.104
Tiempo de Caminata/día (min) - Mediana (RIC)	40 (30-60)	30 (20-60)	0.057
Tiempo en Sedente/ día (min) - Mediana (RIC)	240 (180-360)	240 (180-360)	0.801
Total MET-min/semana - Mediana (RIC)	1440 (960-2880)	240(360)	0.000**
Uso Bicirrun			
Días por semana - Mediana (RIC)	1 (1)	3 (1-4)	0.011
Veces por día - Media (DE)	1 (± 0.73)	1.5 (± 0.64)	0.735
Características de un recorrido en Bicicleta (Sensor Polar)			
Duración (min) - Mediana (RIC)	7 (5-8)	6 (4-8)	0.379
Distancia (km) - Mediana (RIC)	0.88 (0.54 - 0.99)	0.85 (0.52 - 0.93)	0.828
Velocidad (km/hr) - Mediana (RIC)	14.8 (8.6 - 17.5)	13.6 (10.3 - 16.7)	0.868
Intensidad (Sensor Polar)			
FC media - Media (DE)	108 (± 25.64)	107 (± 22)	0.954
FC máxima - Media (DE)	140 (±33.95)	131 (± 25.57)	0.33
Borg - Media (DE)	5 (± 2)	6 (± 2)	0.959
Gasto Energético (Acelerometría)			
Kcal/recorrido - Mediana (RIC)	40 (23-51)	28 (20-46)	0.259
METs - Mediana (RIC)	3 (2-5)	3 (2.2 - 4.6)	0.958
% Sedentario - Mediana (RIC)	28 (8-50)	18 (9-49)	0.934

% Leve - Mediana (RIC)	14 (9-21)	18 (9-22)	0.812
% Moderado - Mediana (RIC)	16 (12-26)	21 (13-26)	0.528
% Vigoroso - Mediana (RIC)	18 (7-54)	34 (9-46)	0.788

****** RIC: Rango Intercuartílico, DE: Desviación estándar, UNAL: Universidad Nacional de Colombia, IPAQ: Cuestionario Internacional de Actividad Física, AF: Actividad Física, Kg: Kilogramo, Min: Minutos, Km: Kilómetros, FC: Frecuencia cardiaca, Kcal: Kilocalorías, METs: Equivalente Metabólico de la Tarea.

4.2.5 Contribución de Bicirrun al cumplimiento de las recomendaciones mundiales de AF por parte de los usuarios

La **Tabla 7** presenta un análisis detallado de la contribución del programa Bicirrun a la actividad física (AF) en una subpoblación de personas que no cumplen con las recomendaciones mundiales establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las cuales sugieren al menos 150 minutos de actividad física moderada por semana para adultos.

Del total de participantes, 23 personas (equivalente al 48%) no alcanzan dichas recomendaciones. En este grupo, el uso del programa Bicirrun muestra una mediana de 3 días de uso por semana (con un rango intercuartílico de 1 a 4 días), indicando una participación moderada. En términos de frecuencia diaria, los usuarios reportan en promedio 1.5 sesiones por día (± 0.64), lo que sugiere que realizaron más de un recorrido por día.

La duración mediana de un recorrido en Bicirrun es de 6 minutos, con un rango intercuartílico de 4 a 8 minutos, lo que refleja que a pesar que son trayectos cortos, cuando se calcula el tiempo total semanal acumulado mediante el uso del programa, se observa una sumatoria de 27 minutos. Esta cifra, representa un aporte significativo para este grupo de personas con bajos niveles de AF en su práctica semanal y las acerca al cumplimiento de las recomendaciones mínimas requeridas.

En cuanto al gasto energético, medido en equivalentes metabólicos de la tarea (METs), la mediana por recorrido es de 3 METs (RIC: 2.2 - 4.6), y por día es de 4.5 (3.3- 6.9) lo cual corresponde a una actividad intensidad leve a moderada de actividad física. El total estimado de METs semanales acumulados a través de Bicirrun es de 13.5 (RIC:10-21), lo que indica que montar en bicicleta

Tabla 7. Contribución del programa Bicirrun a las recomendaciones mundiales de Actividad Física

Uso Bicirrun	**Personas que no cumplen recomendaciones de AF n= 23 (48%)**	**Contribución semanal de Bicirrun a la AF**
Días por semana - Mediana (RIC)	3 (1-4)	
Veces por día - Media (DE)	1.5 (± 0.64)	27 minutos (18- 36)
Duración de un recorrido (min) - Mediana (RIC)	6 (4-8)	18% de la recomendación mínima
METs por día de un recorrido- Mediana (RIC)	4.5 (3.3- 6.9)	METs: 13.5 (10 - 21)

**RIC: Rango Intercuartílico, DE: Desviación estándar, METs: Equivalente Metabólico de la Tarea, AF: Actividad física, Min: Minutos.

5. Discusión

Los hallazgos de este estudio constituyen un aporte novedoso para el contexto colombiano, especialmente en el ámbito de la fisioterapia y en los entornos universitarios, dado que aborda problemáticas como la inactividad física, el uso de transportes motorizados y el cambio climático, que son retos actuales en la salud pública, que podrían abordarse de manera más eficaz mediante investigaciones con experimentación natural como esta, lo que ayudaría para la formulación e implementación de políticas públicas no solo a nivel nacional sino mundial (26,50). El hecho de que la Universidad Nacional de Colombia cuente con un sistema propio de bicicletas compartidas (11), implementado de forma sostenible en un campus de gran extensión, representa una iniciativa pionera que brinda oportunidades únicas para estudiar el impacto del entorno construido sobre los estilos de vida saludables en poblaciones jóvenes y adultas. A pesar que otras universidades de la ciudad, no disponen de un SBC propio, han optado por tercerizar el servicio a través de convenios con entidades privadas, como es el caso de la Universidad de Los Andes y la Universidad del Rosario (45,46). Además, participan activamente en iniciativas de movilidad activa como “En Bici a la U”, programa que integra a instituciones como la Pontificia Universidad Javeriana, la Universidad Central, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la Universidad EAN, la Universidad Jorge Tadeo Lozano, entre otras (82). Este esfuerzo colectivo encuentra respaldo en cifras oficiales que evidencian el papel estratégico del sector universitario en la transformación de la movilidad urbana, ya que, según la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, los estudiantes universitarios realizan, en promedio, 1,1 millones de viajes diarios hacia sus centros de estudio, de los cuales aproximadamente 57.100 (4,7%) se realizan en bicicleta, lo que destaca el potencial que representa la población universitaria para avanzar hacia una movilidad más sostenible, saludable y menos dependiente de medios motorizados (82).

Estos datos, coinciden con los hallazgos encontrados en la fase retrospectiva, que mostraron que el entorno universitario tiene un gran potencial de uso de la bicicleta, especialmente con la presencia de sistemas como Bicirrun, lo que ha hecho que este programa se mantenga vigente después de 20 años de funcionamiento.

En esta fase, se logró identificar un comportamiento de uso de Bicirrun fuertemente influenciado por el calendario académico y las dinámicas propias de la comunidad universitaria. En particular, se observó cómo la demanda de préstamos fluctuó en concordancia con los periodos de clases activas, las vacaciones intersemestrales y las contingencias, como lo fue la pandemia por COVID-19, que interrumpió casi por completo el servicio en 2020 y 2021. Estos resultados concuerdan con lo reportado en estudios previos, en los que la disponibilidad de programas de transporte activo dentro de los campus universitarios se relaciona con variaciones estacionales y contextuales, como la percepción de seguridad, la infraestructura y el clima, lo que influye en el comportamiento de uso de los sistemas (83,84). No obstante, a pesar de la presencia de factores externos que afectan el uso de la bicicleta, la investigación en torno a Bicirrun, mostró la capacidad de recuperación y reactivación del sistema tras la crisis sanitaria.

Respecto al comportamiento por sexo y filiación institucional, se evidenció una predominancia de uso a favor de los hombres, lo que coincide con lo reportado Ogilvie et. al. 2008, donde las mujeres enfrentan múltiples barreras para el uso regular de la bicicleta (85,86). Estudios recientes indican que los principales obstáculos incluyen la percepción de inseguridad vial, el acoso callejero y la escasa infraestructura ciclista con enfoque de género, lo que limita significativamente su participación. Por ejemplo, en un estudio realizado en 25 ciudades de América Latina, sólo el 23% de las ciclistas urbanas eran mujeres, y la mayoría mencionó temores asociados al tránsito vehicular y la inseguridad como factores disuasorios (86,87).

Sin embargo, en algunos periodos de este estudio, se evidenció un incremento en la participación femenina, dado que para el año 2017, esta participación era del 20%, y para el 2024 aumentó al 30%. Esto podría atribuirse a la implementación de estrategias de promoción de la bicicleta en el campus por parte de la División de Actividad Física y Deporte (DAFD), como el *Club de la Bici y Unal amiga de la Bici,* así como a las características del entorno construido de la Universidad, ya que las estaciones son accesibles dado su cercanía a puntos académicos claves, transporte público y vías principales de movilidad, y se encuentran cercanas a complejos deportivos como en el caso de la estación del CYT, que se encuentra en frente de polideportivos y el estadio. Estos hallazgos se asemejan con lo descrito por Sarmiento OL. et al, 2017, quienes a partir de un estudio de experimentación natural, encontraron que las mujeres incrementan su participación en AF recreativa y en transporte activo en un 53%, ante la presencia de recreovías con cercanías a parques (4). Este comportamiento progresivo también ha sido documentado por Garrard et. al. 2021, quienes resaltan que la mejora de la infraestructura, junto con políticas inclusivas, puede aumentar sustancialmente la participación femenina en el ciclismo urbano (86).

Adicionalmente, se observó una marcada participación de los estudiantes frente a docentes y personal administrativo, coherente con investigaciones que señalan que la población estudiantil, por contar con horarios más flexibles, trayectos internos más frecuentes y mayor exposición a programas de movilidad sostenible, es la principal usuaria de estrategias de transporte activo (84,85). En cuanto a la distribución geográfica de los préstamos, las estaciones ubicadas en las porterías de Calle 26 y Calle 45 fueron las de mayor demanda, superando cada una el 25% del total de préstamos. Este patrón sugiere que la ubicación estratégica cercana a puntos de entrada y zonas de alta afluencia influye de manera determinante en la frecuencia de uso de la bicicleta. Hallazgos similares se han reportado en estudios que señalan la importancia de la accesibilidad, la conectividad y la infraestructura de las estaciones, como atributos del entorno construido, que presentan una mayor asociación con la práctica de actividad física y movilidad

activa, especialmente cuando varios de estos elementos existen de forma simultánea (88,89). Sin embargo, estudios como los de Dill et al. 2014, contradicen estos hallazgos, ya que reportan, que no hay un aumento significativo en los niveles de actividad física autoinformada, ni en el uso del transporte activo, a partir de modificaciones medioambientales del entorno como lo son la presencia de ciclovías, bulevares de bicicletas compartidas, senderos verdes, entre otros (8).

Ahora bien, la fase prospectiva del estudio permitió caracterizar de forma sociodemográfica a los usuarios del programa Bicirrun, así como evaluar su impacto sobre los niveles de AF en el entorno universitario. En primer lugar, la población evaluada estuvo compuesta en su totalidad por estudiantes universitarios, con una edad mediana de 20 años (RIC: 18–23), lo que refleja una población joven, la cual tuvo una distribución equitativa por sexo (50% femenino-50% masculino). Este último dato, es particularmente relevante, al contrastarlo con los resultados de la fase retrospectiva del estudio, donde se identificó una brecha de género en el uso de Bicirrun, con una participación mayor por parte de los hombres. En la fase prospectiva, por el contrario, esta brecha no fue evidente, y tuvo un comportamiento inverso. De forma similar se presentó en el estudio de Fast et. al. 2025, en donde se observó que la participación de la mujer en el uso del transporte activo fue igual o superior a la de los hombres, con unos porcentajes de que oscilaron entre el 47% y el 55% (89). Estos datos indican la presencia de factores como una mayor conciencia institucional sobre la equidad de género en el acceso a la AF, con intervenciones que promueven la participación femenina en espacios de movilidad activa. lo que podría ayudar a disminuir las barreras como la percepción de inseguridad o la falta de experiencia en ciclismo urbano.

En términos de AF, uno de los principales resultados encontrados fue la baja frecuencia de AF moderada y vigorosa reportada por los participantes en el IPAQ, con una mediana de 2 días por semana y un tiempo acumulado de 47,5 minutos

semanales. Este nivel de AF, aunque representa una participación activa, no alcanza los 150 minutos semanales recomendados por la OMS, y puede estar atribuido a factores como la carga académica, el uso extendido de medios digitales y la falta de tiempo libre. Sin embargo, otras investigaciones presentan un panorama diferente, como lo es el estudio de Clemente et al. 2016, donde se describió que el 70% de los participantes (estudiantes universitarios europeos), cumplieron con la recomendación de tiempo mínimo al día de AF, con un rango de 50 a 65 minutos por día de AF moderada (90). Esta diferencia podría explicarse por la presencia de políticas institucionales con estrategias innovadoras para la promoción de estilos de vida activos, así como por una mejor adecuación de la infraestructura deportiva y de movilidad, como se reporta en el estudio de Hernández et al., 2023 (91).

La caminata emergió como una de las formas más comunes de actividad física entre los usuarios del programa, con una frecuencia de 5 días por semana y una duración media de 30 minutos por día. Este patrón parece responder a las dinámicas propias del campus, donde las distancias internas pueden ser cubiertas a pie o en bicicleta, lo que promueve indirectamente la actividad física. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Goodman et al. 2016, en el cual se evidenció un aumento significativo en el tiempo dedicado al desplazamiento activo tras la implementación de medidas de infraestructura urbana, alcanzando un incremento de 2 minutos por día (DE = 10 min/día) (92). No obstante, en otros contextos, se han reportado una frecuencia mucho menor de caminatas en jóvenes universitarios, con apenas 2 días por semana, atribuida a un entorno urbano desfavorable y a escasas oportunidades para el desplazamiento activo (93). Esto pone en evidencia la importancia del entorno construido en la configuración de los hábitos de actividad física (91).

En cuanto al comportamiento de uso de la bicicleta en entornos universitarios, estudios como el de Stahley et. al. 2022, indican que el automóvil sigue siendo el medio de transporte predominante para llegar a las universidades —con cerca del

60% de los encuestados que utilizan el coche como parte de su trayecto habitual y el 48,8% recurren al transporte público—, y menos del 30% de los estudiantes afirma incorporar modalidades activas como caminar o usar bicicleta en sus desplazamientos diarios (94). En contraposición, en el comportamiento de uso de Bicirrun, identificado durante la fase prospectiva, se evidencia una tendencia alentadora hacia la adopción de la movilidad activa dentro del campus, dado que los participantes utilizaron el sistema con una mediana de 3 días por semana, y una frecuencia diaria promedio de 1,5 trayectos. Este patrón de uso reportado, es significativamente más elevado que lo descrito en la literatura sobre transporte activo universitario, y sugiere que, al interior del campus, las condiciones logísticas, la disponibilidad del sistema y la conciencia sobre los beneficios del transporte activo favorecen su apropiación por parte de la comunidad estudiantil (94, 95). Cabe destacar que este estudio constituye una de las investigaciones pioneras en este contexto, ya que la mayoría de estudios previos se han centrado en comparar la relación entre el uso del automóvil y la bicicleta. Por su parte, este estudio al mostrar el impacto positivo de Bicirrun, pone en evidencia la importancia de los SBC institucionalizados en entornos educativos, no sólo en términos de salud, sino también en movilidad sostenible y acción climática.

Con respecto a los trayectos realizados con Bicirrun, estos presentaron una duración mediana de 5 minutos, cubriendo distancias promedio de 0,88 kilómetros (km) a una velocidad media de 14,3 kilómetros por hora (km/h). Estos datos indican que, aunque los recorridos son cortos, se desarrollan a un ritmo constante y funcional, lo que hace que este tipo de desplazamiento esté clasificado como actividad física de intensidad moderada y se alinea con los hallazgos de Etminani-Ghasrodashti et al. 2023, quienes reportan trayectos de desplazamientos cortos en bicicleta tanto dentro como fuera del campus, en una muestra de estudiantes universitarios, con una media de 7 minutos (96). Además, en estudios como el de Sahlqvist et. al. 2013, se ha demostrado que los adultos que incorporan el caminar o el uso de la bicicleta en sus rutinas de movilidad reportan, en promedio, 15 minutos adicionales de actividad física recreativa al día,

en comparación con aquellos que no optan por estas formas de transporte activo (17). Según Clockston et. al. 2021, un ejemplo ilustrativo de esto, proviene de América del Norte, donde el uso de sistemas de bicicletas compartidas contribuyó con aproximadamente 30 millones de horas adicionales de actividad física en la población durante el año 2019 (9).

Desde el punto de vista fisiológico, se observó que los recorridos en bicicleta generaron una mediana de gasto energético de 30 kilocalorías por recorrido (6 minutos), con una intensidad de 3 METs, por lo que se clasificaron como actividad física leve a moderada. Este hallazgo se soporta con investigaciones como la de Stewart et al 2015, donde señalan que el ciclismo representa una modalidad de actividad física con la intensidad suficiente para cumplir con las recomendaciones internacionales en términos de salud, dado que no solo mejora la capacidad cardiovascular, sino que puede contribuir con un gasto energético adicional de aproximadamente 960 kilocalorías por semana, lo cual resulta particularmente beneficioso en personas sin entrenamiento previo, al favorecer mejoras en su condición física general (18). Esto concuerda, con investigaciones que han reportado el uso de la bicicleta como una herramienta de movilidad activa que aporta beneficios para la salud, dado que genera un gasto energético de 4,7 METs, en comparación con el uso de transporte pasivo que genera sólo 1,4 METs (18, 76). Adicionalmente, a partir de las mediciones con los acelerómetros ActiGraph WGT3X-BT, se identificó el tiempo dedicado a cada nivel de esfuerzo, el cual reveló que el 20% del trayecto fue clasificado como sedentario, posiblemente asociado a detenciones por tráfico peatonal o condiciones de espera; un 15% correspondió a intensidad leve; el 16% fue de intensidad moderada; y un 23% correspondió a intensidad vigorosa, lo que representa un hallazgo relevante, ya que episodios intermitentes cortos de actividad intensa tienen efectos positivos sobre la salud cardiovascular (97). Esta variabilidad en la intensidad durante un recorrido tan corto demuestra el potencial del sistema Bicirrun para activar distintas zonas de carga fisiológica. Estos datos cobran relevancia si se consideran hallazgos como los de Clemente et al. 2016, que han

demostrado que los estudiantes universitarios caminan más pasos (51-65%), pasan menos tiempo sedentarios (6%), y más tiempo en actividades moderadas (125-136%) y vigorosas (124-171%) en días laborables o académicos, con presencia de transporte activo, frente a fines de semana, en donde por lo general no tienen una movilidad activa (90).

Otro hallazgo de especial relevancia es el impacto positivo del programa Bicirrun sobre el subgrupo de participantes que no cumple con las recomendaciones mínimas de AF establecidas por la OMS. Aunque estos usuarios presentan niveles generales bajos de actividad física, el uso regular del programa les permite acumular una mediana de 27 minutos semanales de AF moderada a vigorosa, con un gasto energético equivalente a 13,5 METs. Estos resultados, se respaldan por estudios previos como el de Foley et. al. 2015, en el que muestra que la AF total entre semana, medida por acelerometría, fue un 60% mayor en las personas que se desplazaban a pie o en bicicleta, en comparación con aquellas que utilizaban vehículo motorizado. Además, quienes reportaron desplazamientos activos, acumularon en promedio 8,5 minutos diarios adicionales de AF (98). Esta contribución, representa un avance significativo para poblaciones físicamente inactivas, al acercarse progresivamente al umbral de beneficios clínicos.

Desde esta perspectiva, Bicirrun no solo debe considerarse como un sistema de transporte funcional dentro del campus, sino como una herramienta de intervención en salud pública. Su implementación constituye una oportunidad tangible para fomentar estilos de vida activos, especialmente en poblaciones jóvenes con altos niveles de sedentarismo. Esto se alinea con Elliott et. al. 2021, que muestra que las instituciones educativas, particularmente las universidades, juegan un rol estratégico en la configuración de los comportamientos saludables en la etapa adulta, al actuar como entornos clave para la adopción y consolidación de estilos de vida activos, que impactan de manera positiva sobre la disminución de enfermedades no transmisibles (ENT). Sin embargo, los hallazgos de este estudio también evidencian la falta de existencia de programas

y estrategias que involucren de manera equitativa a todos los grupos poblacionales del campus para llegar a modificar su comportamiento (99).

En consecuencia, se hace evidente la necesidad de fortalecer y ampliar la cobertura del sistema de bicicletas compartidas Bicirrun, como una estrategia institucional de salud pública, movilidad y sostenibilidad, y de promover campañas educativas, espacios para el uso seguro de la bicicleta y evaluación continua de los patrones de movilidad, para lograr potenciar aún más su impacto en la comunidad universitaria.

Fortalezas

Este estudio presenta varias fortalezas que robustecen la validez de sus hallazgos. En primer lugar, el diseño que combina fases retrospectivas y prospectivas permitió una evaluación integral del programa Bicirrun a lo largo del tiempo y en distintos contextos. Asimismo, el uso de herramientas objetivas de medición como acelerometría y sensores de frecuencia cardíaca, junto con el cuestionario IPAQ validado internacionalmente, aportó datos confiables sobre los niveles de actividad física de los participantes. Por último, al ser un programa que está implementado desde el 2006, se evidenció la adherencia de la comunidad universitaria al sistema, por lo que la recolección de la muestra no mostró dificultades en términos de participación voluntaria de los usuarios.

Limitaciones

Aun con estos aportes, el programa Bicirrun enfrenta limitaciones. En primer lugar, el tamaño de la muestra, aunque suficiente para perfilar el uso y beneficios de la bicicleta en el campus, dificulta la generalización a toda la población universitaria. Por otro lado, el diseño transversal de la fase prospectiva impide establecer relaciones causales de largo plazo entre el uso del programa y cambios sostenidos en los niveles de actividad física. Finalmente, aunque se

utilizaron sensores para la evaluación del esfuerzo físico, los datos fueron recolectados en un único recorrido, lo que podría no reflejar la variabilidad del uso cotidiano del sistema. Estos aspectos invitan a la realización de ensayos controlados y estudios longitudinales que evalúen de forma más rigurosa el efecto de los programas de transporte activo.

6. Conclusiones

El presente estudio permite concluir que el programa Bicirrun constituye una estrategia efectiva para fomentar la actividad física en la comunidad universitaria. Se evidenció que, aunque los niveles globales de AF aún se encuentran por debajo de las recomendaciones mundiales, el programa representa un aporte significativo, especialmente para aquellos usuarios físicamente inactivos, quienes logran acumular hasta 27 minutos semanales de AF moderada a vigorosa mediante su uso, lo que representa un aumento de 18% en la participación de AF y cumplimiento de recomendaciones mundiales. Adicionalmente, los resultados de este estudio muestran un impacto concreto del programa sobre variables fisiológicas fundamentales, como el aumento del gasto metabólico y la frecuencia cardíaca máxima, efectos que respaldan el potencial del programa como una herramienta valiosa para mejorar la condición física general de los usuarios y reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles (ENT) hasta en un 40%, especialmente en poblaciones jóvenes.

Por último, más allá del componente físico, Bicirrun también cumple un papel clave en la optimización de la movilidad interna dentro del campus universitario. La reducción del tiempo de desplazamiento, la descongestión vehicular y la accesibilidad a zonas distantes hacen del sistema una alternativa funcional, sostenible y eficiente. En este sentido, su implementación se alinea directamente con tres de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): el número 3 de Salud y Bienestar, número 11 de Ciudades y comunidades sostenibles, y el número 13 de Acción por el clima.

En vista de estos resultados, se recomienda:

1. Ampliar el programa Bicirrun a más sectores del campus y asegurar su disponibilidad durante toda la jornada académica.
2. Implementar estrategias de educación y sensibilización en torno al uso seguro y frecuente de la bicicleta, especialmente dirigidas a poblaciones con menor nivel de actividad física.
3. Integrar Bicirrun con otras entidades institucionales como la DAFD, para asegurar una mayor cobertura y adherencia por parte de toda la comunidad universitaria.
4. Promover futuras investigaciones con muestras más amplias y seguimiento longitudinal, que permitan medir el impacto del programa a mediano y largo plazo.
5. Mantener e impulsar iniciativas similares tanto en la Universidad Nacional, como en otros campus universitarios, promoviendo la consolidación de entornos activos, saludables y sostenibles.

Anexos

Anexo 1. Alianza con Bicirrun

Dirección Financiera y Administrativa
Vicerrectoría de Sede
Sede Bogotá

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

[B.1.007.17.12-0328.-23]

Bogotá, 05 de septiembre de 2023

Profesor
EDGAR DEBRAY HERNANDEZ ALVAREZ
Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia
Fisioterapeuta
Sede Bogotá

Estimados miembros del comité de evaluación de la convocatoria.

Me complace enormemente presentar esta carta de alianza en nombre del Programa Bicirrun y la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, como parte de la propuesta para el proyecto de creación artística e innovación en el Campus Universitario de la Sede Bogotá.

La colaboración entre el Programa Bicirrun y la Facultad de Medicina, representa una alianza estratégica que busca abordar problemáticas específicas en el Campus Universitario, con un enfoque interdisciplinario y creativo, donde exploraremos soluciones innovadoras que integren el arte y la medicina para mejorar la calidad de vida de nuestra Comunidad Universitaria.

Esta alianza se basa en la fortaleza de ambas dependencias. El Programa Bicirrun, quiere demostrar su compromiso con la promoción de la movilidad sostenible y la conciencia ambiental a través de iniciativas relacionadas con la bicicleta, mientras que la Facultad de Medicina aporta su experiencia en la comprensión de las necesidades de salud de nuestra comunidad y su capacidad para llevar a cabo investigaciones médicas innovadoras.

A través de esta colaboración, pretendemos alcanzar los siguientes objetivos:

- Identificar y abordar problemáticas de salud y bienestar en el campus universitario y la región circundante.
- Desarrollar proyectos artísticos que fomenten la conciencia sobre estas problemáticas y promuevan soluciones.
- Generar un impacto positivo en la comunidad universitaria y la sociedad en general, promoviendo la salud y el bienestar a través del arte y la medicina.

Esperamos que esta alianza refleje nuestro compromiso y entusiasmo por trabajar juntos en la ejecución exitosa de este proyecto. Estamos dispuestos a colaborar estrechamente con las partes interesadas, aportando nuestros conocimientos y recursos para lograr resultados significativos.

Agradecemos de antemano la oportunidad y esperamos con interés la posibilidad de contribuir de manera significativa al desarrollo y la innovación en nuestro Campus Universitario.

[Página 1 de 2]

Fabiola Diago

Sección de Transportes | División de Logística
Av. Carrera 30 # 45-03 - Ciudad Universitaria
Edificio 436, Parque Automotor
(+57 1) 3165366 - (+57 1) 3165000 EXT: 11482-11483
Bogotá, D. C., Colombia
sectranspor_bog@unal.edu.co

PROYECTO CULTURAL, CIENTÍFICO Y COLECTIVO DE NACIÓN

Dirección Financiera y Administrativa
Vicerrectoría de Sede
Sede Bogotá

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

No duden en ponerse en contacto con nosotros para cualquier consulta adicional o para discutir cómo podemos avanzar en esta emocionante iniciativa.

Atentamente,

FABIOLA DIAGO DE LA CRUZ
Auxiliar Adminitrativo – Coordinadora Programa Bicirrun

Sección de Transportes | División de Logística
Av. Carrera 30 # 45-03 - Ciudad Universitaria
Edificio 436, Parque Automotor
(+57 1) 3165366 - (+57 1) 3165000 EXT: 11482-11483
Bogotá, D. C., Colombia
sectranspor_bog@unal.edu.co

PROYECTO
CULTURAL,
CIENTÍFICO
Y COLECTIVO
DE NACIÓN

Anexo 2. Consentimiento Informado

Consentimiento Informado para la participación en la investigación "Efecto del programa Bicirrun de La Universidad Nacional en los niveles de actividad física de la comunidad universitaria"

Yo, _____, identificado(a) con CC ( ), TI ( ) o PA ( ), con número _____, expedida en la ciudad de _____, he sido plenamente informado(a) de manera clara acerca de la investigación titulada "*Efecto del programa Bicirrun de La Universidad Nacional en los niveles de actividad física de la comunidad universitaria",* a la cual estoy siendo invitado(a) a participar, de forma completamente voluntaria, en donde tengo el derecho de retirar mi consentimiento y soy libre de declinar mi participación en cualquier momento, sin tener algún tipo de represalia. Soy conocedor(a) que los datos de carácter personal recolectados durante la investigación, son exclusivamente de uso académico, y se encuentran bajo medidas que garantizan mi seguridad, confidencialidad e integridad; y su tratamiento se realiza según lo estipulado en la Ley 1581 de 2012 para la protección de datos.

Además, al firmar este consentimiento, afirmo que los siguientes puntos han sido leídos por mí detenidamente, explicados de manera detallada por el investigador y los testigos, y que cualquier duda que haya surgido, ha sido resuelta satisfactoriamente:

a. Justificación y Objetivos: He recibido explicación sobre el propósito e importancia de la investigación, así como los objetivos que se buscan lograr.

b. Procedimientos: Se me ha detallado los procedimientos que se llevarán a cabo durante el estudio, que incluyen la aplicación de: El cuestionario internacional de actividad física (IPAQ), y el uso de un acelerómetro, (dispositivo para cuantificar algunas variables de actividad física) durante un trayecto en bicicleta como parte del servicio de Bicirrun.

c. Molestias o Riesgos: He sido informado(a) sobre las posibles molestias o riesgos que podrían surgir como resultado de mi participación en la investigación, dentro de las que se encuentran el uso del acelerómetro, el cual va sujeto de una correa en material de tela elástica con velcro, la cual podría generar leve presión en la piel o presencia de alergia (en caso de ser alérgico a este material). Se me ha interrogado con anterioridad, si soy alérgico a dicho elemento para continuar con su uso. En caso de presentar alguna molestia como las anteriormente mencionadas, o de no sentirme cómodo, soy libre de retirar el dispositivo de mi piel y suspender la medición, sin tener algún tipo de repercusión. Es importante destacar que la participación en este estudio se clasifica como de riesgo mínimo según la Resolución 8430.

d. Beneficios: Se me ha explicado los posibles beneficios que podrían derivarse de mi participación en el estudio. Estos incluyen, al finalizar el estudio, la entrega de un informe en word con los resultados tanto del cuestionario internacional de actividad física (IPAQ), como del uso del acelerómetro, en el cual se describen los datos obtenidos durante las evaluaciones, y las aplicaciones de estos para la salud, así como recomendaciones para optimizar la práctica y el nivel de actividad física.

e. Procedimientos Alternativos: Se me ha informado acerca de cualquier procedimiento alternativo que podría ser beneficioso para mí en lugar de participar en esta investigación.

f. Respuesta a Preguntas: Se me ha garantizado que recibiré respuestas a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda que pueda surgir sobre los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y mi tratamiento.

g. Libertad de Retirar Consentimiento: Comprendo que tengo la libertad de retirar mi consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio sin que esto tenga consecuencias negativas en mi persona.

h. Confidencialidad: Se me ha asegurado que mi identidad será mantenida en confidencialidad y que la información relacionada con mi privacidad será protegida, bajo el cumplimiento normativo de la Ley 1581 de 2012 para la protección y tratamiento de datos. Adicionalmente, se me ha informado que puedo ejercer mi derecho como titular de conocer, actualizar, rectificar y revocar las autorizaciones dadas a la investigación, a través de los canales dispuestos como el correo oficial del proyecto: ansuarezcu@unal.edu.co.

i. Información Actualizada: Se me ha comprometido a proporcionarme información actualizada obtenida durante el estudio, incluso si esta pudiera afectar mi decisión de continuar participando.

j. Tratamiento Médico y Compensación: He sido informado(a) sobre la disponibilidad de tratamiento médico y la posibilidad de recibir compensación en caso de sufrir daños directos como resultado de mi participación en la investigación.

k. Gastos Adicionales: En caso de existir gastos adicionales, se me ha asegurado que estos serán cubiertos por el presupuesto de la investigación o de la institución responsable de la misma.

Comprendo la información proporcionada y otorgo mi consentimiento para participar en esta investigación.

Firma del Sujeto de Investigación o Representante Legal:

_____

Fecha:

Firma del Investigador:

Angie Natalia Suárez Cuervo

_____

Testigo 1

Edgar debray Hernández Alvarez
Dirección: Carrera 30 # 45-00
Relación con el investigador: Director de la investigación y del semillero “Salud muscular y biomarcadores”

Firma:

Edgar debray Hernández Alvarez

_____

Testigo 2

Sebastián Rodríguez Jaime
Dirección: Calle 14 # 6 A 12
Relación con el investigador: Estudiante perteneciente al semillero “Salud muscular y Biomarcadores”

Firma:

Sebastián Rodríguez Jaime

_____

Anexo 3. Formulario de REDCap para el registro de datos de los usuarios durante un trayecto en bicicleta de Bicirrun.

FASE PROSPECTIVA BICIRRUN
Page 1 of 2

Fase prospectiva

Record ID _____

Los datos de carácter personal recolectados mediante este formulario se encuentran bajo medidas que garantizan la seguridad, confidencialidad e integridad; y su tratamiento se realiza bajo el cumplimiento normativo de la Ley 1581 de 2012 y de la Política de Datos Personales de la Universidad Nacional. Puede ejercer sus derechos como titular de conocer, actualizar, rectificar y revocar las autorizaciones dadas a las finalidades aplicables a través de los canales dispuestos: e-mail ansuarezcu@unal.edu.co.

Teniendo en cuenta lo anterior, ¿Acepta el tratamiento de sus datos personales por parte de la investigación "Efecto del programa Bicirrun de La Universidad Nacional en los niveles de actividad física de la comunidad universitaria" ?.

- ○ Yes
- ○ No

Iniciales del nombre _____

Fecha de la prueba _____

Fecha de nacimiento _____

Correo electrónico institucional _____

Sexo

- ○ Masculino
- ○ Femenino
- ○ Prefiero no decirlo

Vinculación con la Universidad Nacional

- ○ Estudiante
- ○ Administrativo
- ○ Profesor

¿Cuántos días por semana utiliza el servicio de Bicirrun?

- ○ 0
- ○ 1
- ○ 2
- ○ 3
- ○ 4
- ○ 5
- ○ 6
- ○ 7

¿Cuántas veces por día utiliza el servicio de Bicirrun? _____ (Indique el número)

30/03/2025 8:26pm www.projectredcap.org REDCap

1. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días ha realizado actividades físicas intensas como levantar objetos pesados, cavar, hacer aérobicos o montar en bicicleta a gran velocidad?	○ 0 ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7
2. ¿Cuánto tiempo dedicó normalmente a realizar actividades físicas vigorosas en uno de esos días?	_____ (Tiempo en minutos)
3. Durante los últimos 7 días, ¿cuántos días realizó actividades físicas moderadas como transportar cargas ligeras, montar en bicicleta a un ritmo regular o jugar al tenis? No incluya caminar.	_____
4. ¿Cuánto tiempo dedicó normalmente a realizar actividades físicas moderadas en uno de esos días?	_____ (Tiempo en minutos)
5. Durante los últimos 7 días, ¿Cuántos días caminó durante al menos 10 minutos cada vez?	○ 0 ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7
6. ¿Cuánto tiempo suele dedicar a caminar en uno de esos días?	_____ (Tiempo en minutos)
7. Durante los últimos 7 días, ¿Cuánto tiempo pasó sentado en un día cotidiano?	_____ (Tiempo en minutos)

Detalles de la prueba

Intensidad percibida (Borg)	○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ○ 7 ○ 8 ○ 9 ○ 10
Velocidad durante el trayecto	_____ (Decimales con .)
Distancia (Número de kilómetros recorridos)	_____ (En kilómetros. Decimales con .)
Duración (Tiempo del recorrido)	_____ (Tiempo en minutos)
Calorías (kcal)	_____
Frecuencia cardíaca media durante el recorrido	_____
Frecuencia cardíaca máxima alcanzada	_____

Anexo 4. Cuestionario IPAQ versión corta

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA

Nos interesa conocer el tipo de actividades físicas que realizan las personas en su vida cotidiana. Las preguntas le informarán sobre el tiempo que ha pasado físicamente activo en los **últimos 7 días**. Responda a cada pregunta aunque no se considere una persona activa. Piense en las actividades que realiza en el trabajo, como parte de las tareas domésticas y de jardinería, para desplazarse de un lugar a otro y en su tiempo libre para divertirse, hacer ejercicio o practicar algún deporte.

Piense en todas las actividades **vigorosas que ha** realizado en los **últimos 7 días**. Las actividades físicas **intensas** son aquellas que requieren un gran esfuerzo físico y le hacen respirar mucho más de lo normal. Piense *sólo* en las actividades físicas que haya realizado durante al menos 10 minutos seguidos.

1. Durante **los últimos 7 días**, ¿cuántos días ha realizado actividades físicas **intensas** como levantar objetos pesados, cavar, hacer aerobic o montar en bicicleta a gran velocidad?

   _____ **días por semana**

   ☐ No realiza actividades físicas intensas → ***Pasar a la pregunta 3***

2. ¿Cuánto tiempo dedicó normalmente a realizar actividades físicas **vigorosas** en uno de esos días?

   _____ **horas al día**

   _____ **minutos al día**

   ☐ No lo sé/No estoy seguro

Piense en todas las actividades **moderadas** que ha realizado en los **últimos 7 días**. Las actividades **moderadas** se refieren a actividades que requieren un esfuerzo físico moderado y le hacen respirar algo más de lo normal. Piense sólo en las actividades físicas que haya realizado durante al menos 10 minutos seguidos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿cuántos días realizó actividades físicas **moderadas** como transportar cargas ligeras, montar en bicicleta a un ritmo regular o jugar al tenis? No incluya caminar.

   _____ **días por semana**

   ☐ Ninguna actividad física moderada → ***Pasar a la pregunta 5***

Versión AUTOADMINISTRADA CORTA DE LOS ÚLTIMOS 7 DÍAS del IPAQ. Revisado en agosto de 2002.

4. ¿Cuánto tiempo dedicó normalmente a realizar actividades físicas moderadas en uno de esos días?

_____ **horas al día**

_____ **minutos al día**

☐ No lo sé/No estoy seguro

Piense en el tiempo que ha pasado **caminando** en los **últimos 7 días**. Esto incluye en el trabajo y en casa, caminar para desplazarse de un lugar a otro, y cualquier otra caminata que haya realizado únicamente por recreo, deporte, ejercicio u ocio.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿cuántos días has caminado al menos 10 minutos seguidos?

_____ **días por semana**

☐ No caminar → ***Pasar a la pregunta 7***

6. ¿Cuánto tiempo suele dedicar **a caminar** en uno de esos días?

_____ **horas al día**

_____ **minutos al día**

☐ No lo sé/No estoy seguro

La última pregunta se refiere al tiempo que ha pasado **sentado** entre semana durante los **últimos 7 días**. Incluya el tiempo pasado en el trabajo, en casa, mientras hacía trabajos del curso y durante el tiempo de ocio. Esto puede incluir el tiempo pasado sentado en un escritorio, visitando amigos, leyendo o sentado o tumbado para ver la televisión.

7. Durante los **últimos 7 días**, ¿cuánto tiempo pasó **sentado** en un **día laborable**?

_____ **horas al día**

_____ **minutos al día**

☐ No lo sé/No estoy seguro

Este es el final del cuestionario, gracias por participar.

Versión AUTOADMINISTRADA CORTA DE LOS ÚLTIMOS 7 DÍAS del IPAQ. Revisado en agosto de 2002.

Referencias

1 Heinen E, Kamruzzaman M, Turrell G. The public bicycle-sharing scheme in Brisbane, Australia: evaluating the influence of its introduction on changes in time spent cycling amongst a middle- and older-age population. J Transp Health. 2018;10:56–73. doi:10.1016/j.jth.2018.07.003.

2 Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. The Lancet. 2012;380(9838):219-29.

3 Sallis, J.F.; Bull, F.; Guthold, R.; Heath, G.W.; Inoue, S.; Kelly, P.; Oyeyemi, A.L.; Perez, L.G.; Richards, J.; Hallal, P.C.; et al. Progress in physical activity over the Olympic quadrennium. Lancet 2016, 388, 1325–1336.

4 Sarmiento OL, Rios AP, Paez DC, Quijano K, Fermino RC. The recreovía of bogotá, a community-based physical activity program to promote physical activity among women: baseline results of the natural experiment al ritmo de las comunidades. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14:633. doi: 10.3390/ijerph14060633

5 Smith M, Hosking J, Woodward A, Witten K, MacMillan A, Field A, et al. Systematic literature review of built environment effects on physical activity and active transport - an update and new findings on health equity. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2017;14:1–27. doi: 10.1186/s12966-017-0613-9

6 Otero I, Nieuwenhuijsen MJ, Rojas-Rueda D. Health impacts of bike sharing systems in Europe. Environment International. 1 de junio de 2018;115:387-94.

7 Rabl A, de Nazelle A. Benefits of shift from car to active transport. Transport Policy. 1 de enero de 2012;19(1):121-31.

8 Dill J, McNeil N, Broach J, Ma L. Bicycle boulevards and changes in physical activity and active transportation: Findings from a natural experiment. Preventive Medicine. 1 de diciembre de 2014;69:S74-8.

9 Clockston RLM, Rojas-Rueda D. Health impacts of bike-sharing systems in the U.S. Environmental Research. 1 de noviembre de 2021;202:111709.

10 Secretaría Distrital de Movilidad. Sistema de bicicletas compartidas de Bogotá. 2021 [citado el 03 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.movilidadbogota.gov.co/web/temasdeimpacto/sistema_de_bicicletas_compartidas_de_bogota

11 Bicirrun - Universidad Nacional de Colombia .[citado el 27 de septiembre de 2023]. Disponible en: http://bicirrun.bogota.unal.edu.co/acercade.php

12 Guo Y, Yang L, Chen Y. Bike Share Usage and the Built Environment: A Review. Frontiers in public health. 21 de Febrero de 2022;10, 848169.

13 Fishman E. Bikeshare: A Review of Recent Literature. Transport Reviews. 2 de enero de 2016;36(1):92-113.

14 Quintero González JR. Bicicletas compartidas como sistema de transporte público urbano: análisis de políticas públicas en Colombia (1989-2017). Rev. Ciudades Estados Política. 1 de septiembre de 2017;4(3):17-35.

15 Goodman A, Panter J, Sharp SJ, Ogilvie D. Effectiveness and equity impacts of town-wide cycling initiatives in England: A longitudinal, controlled natural experimental study. Social Science & Medicine. 1 de noviembre de 2013;97:228-37.

16 Gomez LF, Sarmiento R, Ordoñez MF, Pardo CF, de Sá TH, Mallarino CH, et al. Urban environment interventions linked to the promotion of physical activity: A mixed methods study applied to the urban context of Latin America. Social Science & Medicine. 1 de abril de 2015;131:18-30.

17 Sahlqvist S, Goodman A, Cooper AR, Ogilvie D. Change in active travel and changes in recreational and total physical activity in adults: longitudinal findings from the iConnect study. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 27 de febrero de 2013;10(1):28.

18 Glenn Stewart, Nana Kwame Anokye, Subhash Pokhrel. What interventions increase commuter cycling? A systematic review. BMJ Open. 1 de agosto de 2015;5(8):e007945.

19 Cohen DA, Marsh T, Williamson S, Golinelli D, McKenzie TL. Impact and cost-effectiveness of family Fitness Zones: A natural experiment in urban public parks. Health & Place. 1 de enero de 2012;18(1):39-45.

20 Chen LT, Hsu YW. Predictores socioecológicos de los viajes frecuentes en bicicleta compartida: ¿Importan los propósitos? Int J Environ Res Salud Pública. 2020;17(20):7640

21 Carballo-Fazanes A, Rico-Díaz J, Barcala-Furelos R, Rey E, Rodríguez-Fernández JE, Varela-Casal C, et al. Hábitos y Determinantes de la Actividad Física, Sedentarismo y Estilo de Vida en Estudiantes Universitarios. Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública 2020;17:3272. https://doi.org/10.3390/ijerph17093272.

22 Moreno-Bayona J. Niveles de sedentarismo en estudiantes universitarios de pregrado de Colombia. Revista Cubana de Salud Pública. 2018; 44 (3).

23 Sánchez-Guette L, Herazo-Beltrán Y, Galeano-Muñoz L, Romero-Leiva K, Guerrero-Correa F, Mancilla-González G, et al. Comportamiento sedentario en estudiantes universitarios. 2019;14.

24 Varela MT, Duarte C, Salazar IC, Lema LF, Tamayo JA. Physical activity and sedentary behavior in college youth from Colombian cities: practices, motivations, and resources. Colombia Medica. 1 de septiembre de 2011;269-77.

25 Teo K, Chow CK, Vaz M, Rangarajan S, Yusuf S. The Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study: Examining the impact of societal influences on chronic noncommunicable diseases in low-, middle-, and high-income countries. American Heart Journal. 1 de julio de 2009;158(1):1-7.e1.

26 Lange I., Vio F. Guía para universidades saludables y otras instituciones de educación superior. Pontificia Universidad Católica de Chile. 2006.

27 ORI. Oficina de Relaciones Internacionales e Interinstitucionales. Guía para estudiantes visitantes. Universidad Nacional de Colombia. [citado el 27 de septiembre de 2023]. Disponible en: http://www.dre.unal.edu.co/fileadmin/docs/movilidad/Guia_para_Estudiantes_Visitantes.pdf

28 Oficina de planeación Sede Bogotá-Universidad Nacional de Colombia. Somos Campus [Internet].[citado el 27 de septiembre de 2023]. Disponible en: http://somoscampus.unal.edu.co/nuestro_campus_nuestro_compromiso.html

29 Banco Interamericano de Desarrollo. Guía para la estructuración de sistemas de bicicletas compartidas. 2019

30 Dana Yanocha, Jacob Mason, Marianely Patlán, Thiago Benicchio, Iwona Alfred, Udaya Laksmana. Guía de planeación del sistema de bicicletas compartidas. ITDP. EDICIÓN 2018.

31 Ministerio de transporte. Guía de Sistema de Bicicletas Compartidas. Planeación, implementación y operación de Sistemas de Bicicleta de uso público en Colombia y la Región. ITDP. 2022

32 James Woodcock, Marko Tainio, James Cheshire, Oliver O'Brien, Anna Goodman. Health effects of the London bicycle sharing system: health impact modelling study. BMJ. 13 de febrero de 2014;348:g425.

33 Souza Mde, Pinzón AM, Garcia AFS. Comparación de Los Programas de Actividad Física Y Deporte Dirigidos a la Población Latinoamericana. Lúdica Pedagógica 2014. 10.17227/01214128.20ludica 79.86.

34 Martins T, Villar M, Tortorette M, Marão T, Herstig H, et al. Actuación de Tembici en América Latina. Com.br. [citado el 05 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.tembici.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Micromovilidad_en_el_sur_global-2022.pdf?eng

35 Indicadores básicos: Argentina. Ministerio de Salud Argentina; 2020. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/indicadores_basicos_2020.pdf

36 Tembici. BA Ecobici. Com.ar. [citado el 04 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://baecobici.com.ar/#/es/quienes-somos

37 Matsudo S, Matsudo V. Agita São Paulo: Fomento de la actividad física como modo de vida en Brasil. 2005.

38 Programa Nacional de Cultura Física y Deporte 2014-2018. México: Gobierno Mexicano; 2014.

39 Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), Instituto Nacional de Salud (INS), Ministerio de Salud y Protección Social (Colombia). Encuesta Nacional de la Situación Nutricional ENSIN 2015 [Internet]. Bogotá: ICBF; 2015 [cited 2025 Jun 8]. Available from: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/ensin-2015.pdf

40 Congreso de Colombia. Ley 1355 de 2009 - Gestor Normativo. Gov.co. [citado el 03 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37604

41 Bogotá Pedalea. Gov.co. [citado el 03 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.idrd.gov.co/recreacion/bogota-pedalea

42 Sandova JC. Así fue el primer año del Sistema de Bicicletas Compartidas de Bogotá. El Tiempo. 2023 [citado el 04 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.eltiempo.com/bogota/sistema-de-bicicletas-compartidas-de-bogota-cumplio-un-ano-de-funcionamiento-810361

43 Área Metropolitana del Valle de Aburrá. EnCicla: Sistema de Bicicletas públicas [Internet]. Gov.co. 2019 [citado el 04 de Noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.metropol.gov.co/EnCicla/Paginas/inicio.aspx

44 Dirección Nacional de Bienestar. Universidad Nacional de Colombia . Edu.co. [citado el 13 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://bienestar.bogota.unal.edu.co/deportes.php

45 Pineda MP. Plan Integral de Movilidad Sostenible. URosario. Dirección de Comunicaciones y Reputación Institucional. [citado el 05 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://rosario.edu.co/periodico-nova-et-vetera/medio-ambiente/urosario-recibe-reconocimiento-por-su-implementacion-del-plan-integral-de-movilidad

46 Bicycle Capital. Movilidad Inteligente. Bicycle Capital | Bicicletas compartidas en Bogotá. [citado el 05 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.bicyclecapital.co/

47 Hernandez E, Guzman C, Seron P. Interventions based on environmental determinants for nutritional and physical activity behaviours in Colombia: a scoping review. BMJ Open. 19 de septiembre de 2022;12:e060085.

48 K. Glanz, B.K. Rimer, K. Viswanath (Eds.), Health Behavior and Health Education: Theory, Research, and Practice, Jossey-Bass. 2008; pp. 465-485

49 Stankov I, García LMT, Mascolli MA, Montes F, Meisel JD, Gouveia N, et al. A systematic review of empirical and simulation studies evaluating the health impact of transportation interventions. Environmental Research. 1 de julio de 2020;186:109519.

50 Ogilvie D, Griffin S, Jones A, Mackett R, Guell C, Panter J, et al. Commuting and health in Cambridge: a study of a «natural experiment» in the provision of new transport infrastructure. BMC Public Health. 16 de noviembre de 2010;10(1):703.

51 Aittasalo M, Tiilikainen J, Tokola K, Suni J, Sievänen H, Vähä-Ypyä H, et al. Socio-ecological natural experiment with randomized controlled trial to promote active commuting to work: process evaluation, behavioral impacts, and changes in the use and quality of walking and cycling paths. Int J Environ Res Public Health. 2019; 16:661. doi: 10.3390/ijerph16091661

52 Actividad física. Who.int. [citado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity

53 Descriptores en ciencias de la salud . Bvsalud.org. [citado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://decs2020.bvsalud.org/cgi-bin/wxis1660.exe/decsserver/

54 Frecuencia. Rae.es. [citado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://dle.rae.es/frecuencia?m=form

55 Hernández-Vicente A, Hernando D, Marín-Puyalto J, Vicente-Rodríguez G, Garatachea N, Pueyo E, et al. Validity of the Polar H7 heart rate sensor for heart rate variability analysis during exercise in different age, body composition and fitness level groups. Sensors (Basel). 2021;21(3):902 .

56 Intensidad. Rae.es. [citado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://dle.rae.es/intensidad?m=form

57 Distancia. Rae.es. [citado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://dle.rae.es/distancia?m=form

58 Duración. Rae.es. [citado el 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://dle.rae.es/duración?m=form

59 Morishita S, Tsubaki A, Takabayashi T, Fu JB. Relationship between the rating of perceived exertion scale and the load intensity of resistance training. Strength Cond J. 2018;40(2):94-109.

60 Cabrera Cardenas A. Gasto calórico y actividad física laboral en trabajadores de una IES en Bogotá, 2019-2020. Universidad Nacional de Colombia; 2021.

61 Guilherme A, Castro DP, Lopes de AS, Analiza M. Validação de modelos de acelerometria para estimar a quantidade de atividade física habitual em adultos [dissertação de mestrado]. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana; 2012.

62 Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. Medicine and science in sports and exercise, 32(9 Suppl), S442–S449. https://doi.org/10.1097/00005768-200009001-00002

63 ActiGraph. ActiGraph WGT3X-BT [Internet]. Florida: ActiGraph; [citado 1 Feb 2025]. Disponible en: https://theactigraph.com/actigraph-wgt3x-bt

64 Ministerio de Salud. RESOLUCIÓN NÚMERO 8430 DE 1993. minsalud.gov.co. [citado el 02 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF

65 Universidad Nacional de Colombia. ACUERDO 035 DE 2003 (Acta 8 del 3 de diciembre). Edu.co. [citado el 02 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=34248

66 Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. citado el 05 de noviembre de 2023. Disponible en: https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/

67 Pisoni E, Christidis P, Navajas Cawood E. Active mobility versus motorized transport? User choices and benefits for the society. Science of The Total Environment. 1 de febrero de 2022;806:150627.

68 Fiona C Bull, Salih S Al-Ansari, Stuart Biddle, Katja Borodulin, Matthew P Buman, Greet Cardon, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Br J Sports Med. 1 de diciembre de 2020;54(24):1451.

69 Dons E, Götschi T, Nieuwenhuijsen M, de Nazelle A, Anaya E, Avila-Palencia I, et al. Physical Activity through Sustainable Transport Approaches (PASTA): protocol for a multi-centre, longitudinal study. BMC Public Health. 14 de noviembre de 2015;15(1):1126. https://doi.org/10.1186/s12889-015-2453-3

70 Andersen ZJ, de Nazelle A, Mendez MA, Garcia-Aymerich J, Hertel O, Tjonneland A, et al. A study of the combined effects of physical activity and air pollution on mortality in elderly urban residents: the Danish diet, cancer, and health cohort. Environ Health Perspect. 2015;123(6):557–63. https://doi.org/10.1289/ehp.1408698

71 Kubesch NJ, de Nazelle A, Westerdahl D, Martinez D, Carrasco-Turigas G, Bouso L, et al. Respiratory and inflammatory responses to short-term exposure to traffic-related air pollution with and without moderate physical activity. Occup Environ Med. 2015;72(4):284–93. https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102106

72 Götschi T, Garrard J, Giles-Corti B. Cycling as a part of daily life: A review of health perspectives. Transport Rev 2015:1-27. doi:10.1080/01441647.2015.1057877.

73 Doorley R, Pakrashi V, Ghosh B. Quantifying the health impacts of active travel: Assessment of methodologies. Transport Rev. 2015;35(5);559-82.

74 Chaix, B., Kestens, Y., Duncan, S. et al. Active transportation and public transportation use to achieve physical activity recommendations? A combined GPS, accelerometer, and mobility survey study. Int J Behav Nutr Phys Act 11, 124. 2014. Disponible en: https://doi.org/10.1186/s12966-014-0124-x

75 Sahlqvist S, Song Y, Ogilvie D. Is active travel associated with greater physical activity? The contribution of commuting and non-commuting active travel to total physical activity in adults. Preventive Medicine. 1 de septiembre de 2012;55(3):206-11.

76 Martnes JJ, Bere E. Physical activity when riding an electric-assisted bicycle with and without cargo. Frontiers in Sports and Active Living. 2023;5.

77 Albers PN, Rinaldi C, Brown H, Mason KE, d'Apice K, McGill E, et al. Natural experiments for the evaluation of place-based public health interventions: a methodology scoping review. Front Public Health. 22 de junio de 2023;11:1192055.

78 Crane M, Bohn-Goldbaum E, Grunseit A, Bauman A. Using natural experiments to improve public health evidence: a review of context and utility for obesity prevention. Health Res Policy Sys. diciembre de 2020;18(1):48.

79 De Vocht F, Katikireddi SV, McQuire C, Tilling K, Hickman M, Craig P. Conceptualising natural and quasi experiments in public health. BMC Med Res Methodol. diciembre de 2021;21(1):32.

80 Zhang-Xu A, Vivanco M, Zapata F, Málaga G, , Loza C. Actividad física global de pacientes con factores de riesgo cardiovascular aplicando el "International Physical Activity Questionaire (IPAQ).. Revista Médica Herediana [Internet]. 2011;22(3):115-120. Tomado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=338038903005

81 Herrmann SD, Willis EA, Ainsworth BE, Barreira TV, Hastert M, Kracht CL, et al. 2024 Adult Compendium of Physical Activities: A third update of the energy costs of human activities. J Sport Health Sci. 2024;13(1):6–12.

82 Alcaldía Mayor de Bogotá. Universidades, aliadas estratégicas por una movilidad sostenible en Bogotá [Internet]. Secretaría Distrital de Movilidad. 2018 [citado 2025 Feb 10]. Disponible en: https://www.movilidadbogota.gov.co/web/Noticia/universidades_aliadas_estrategicas_por_una_movilidad_sostenible_en_bogota

83 Yang L, Sahlqvist S, McMinn A, Griffin SJ, Ogilvie D. Interventions to promote cycling: systematic review. BMJ. 18 de octubre de 2010;341:c5293

84 Auchincloss AH, Michael YL, Niamatullah S, Li S, Melly SJ, Pharis ML, et al. Changes in physical activity after joining a bikeshare program: a cohort of new bikeshare users. Int J Behav Nutr Phys Act. 2022;19(1):132.

85 Ogilvie D, Mitchell R, Mutrie N, Petticrew M, Platt S. Personal and environmental correlates of active travel and physical activity in a deprived urban population. Int J Behav Nutr Phys Act. 27 de agosto de 2008;5:43.

86 Garrard J. Women and Cycling: Addressing the Gender Gap. En: Buehler R, Pucher J, editores. Cycling for Sustainable Cities [Internet]. The MIT Press; 2021 [citado 10 de febrero de 2025]. p. 197-218.

87 Romero González JA. Barreras que afectan la movilidad en bicicleta de mujeres. tyr [Internet]. 22 de diciembre de 2021 [citado 10 de Feb de 2025];(1). Disponible en: https://tramasyredes-ojs.clacso.org/ojs/index.php/tyr/article/view/40/

88 Nigg C, Alothman SA, Alghannam AF, Schipperijn J, AlAhmed R, Alsukait RF, et al. A systematic review on the associations between the built environment and adult's physical activity in global tropical and subtropical climate regions. Int J Behav Nutr Phys Act. 2024;21(1):59. doi: 10.1186/s12966-024-01582-x.

89 Fast I, Nashed C, Lotscher J, Askin N, Steiman De Visser H, McGavock J. The effectiveness of new urban trail infrastructure on physical activity and active transportation: a systematic review and meta-analysis of natural experiments. Int J Behav Nutr Phys Act. 2025;22:36. doi: 10.1186/s12966-025-01729-4.

90 Clemente FM, Nikolaidis PT, Martins FML, Mendes RS. Physical activity patterns in university students: Do they follow the public health guidelines? PLoS One. 2016;11(3):e0152516.

91 Hernández ED, Cobo EA, Cahalin LP, Seron P. Impact of structural-level environmental interventions on physical activity: a systematic review. Int Arch Occup Environ Health. 2023;96(6):815–838.

92 Goodman A, van Sluijs EMF, Ogilvie D. Impact of offering cycle training in schools upon cycling behaviour: a natural experimental study. Int J Behav Nutr Phys Act. 2016;13:34.

93 Martínez-Gómez D, Veiga OL, Zapatera B, Cabanas-Sánchez V, Gómez-Martínez S, Martínez-Hernández D, et al. Patterns of sedentary behavior and compliance with public health recommendations in Spanish adolescents: The AFINOS study. Cad Saúde Pública. 2012;28(12):2237–44.

94 Stahley LH, Camhi SM, Wright JA, Troped PJ. Correlates of bike share use and its association with weight status at an urban university. Useche SA, editor. PLoS ONE. 3 de agosto de 2022;17(8):e0270870.

95 Tang W, Tao Y, Gu J, Chen J, Yin C. Understanding Bicycle Riding Behavior and Attention on University Campuses: A Hierarchical Modeling Approach. Behavioral Sciences. 7 de marzo de 2025;15(3):327.

96 Etminani-Ghasrodashti R, Hladik G, Kermanshachi S, Rosenberger JM, Khan MA, Foss A. Exploring shared travel behavior of university students. *Transp Plan Technol*. 2023;46(8):1–21.

97 Suran M. Study: Short Spurts of Vigorous Physical Activity During Daily Life Are Associated With Lower Mortality. JAMA. 24 de enero de 2023;329(4):275-6.

98 Foley L, Panter J, Heinen E, Prins R, Ogilvie D. Changes in active commuting and changes in physical activity in adults: a cohort study. Int J Behav Nutr Phys Act. 18 de diciembre de 2015;12:161.

99 Elliott LD, Wilson OWA, Bopp M. University bicycle programming capacity for underrepresented student populations: Pedaling toward equitable opportunities. Journal of American College Health. 22 de noviembre de 2023;71(9):2876-85.

100 Kelly P, Kahlmeier S, Götschi T, Orsini N, Richards J, Roberts N, et al. Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. Int J Behav Nutr Phys Act. 2014 Oct 24;11:132. doi: 10.1186/s12966-014-0132-x. PMID: 25344355; PMCID: PMC4262114.

101 Oja P, Kelly P, Murtagh EM, Murphy MH, Foster C, Titze S. *The health benefits of cycling: a systematic review*. Scand J Med Sci Sports. 2011 Dec;21(4):496–509.

102 World Health Organization. Physical activity country profile: Colombia 2022 [Internet]. Geneva: WHO; 2022 [cited 2025 Jun 8]. Available from: https://dn.who.int/media/docs/default-source/country-profiles/physical-activity/physical-activity-col-2022-country-profile.pdf

103 Martínez JR, Gallardo PC, Aguiló PA, et al. La universidad como comunidad: universidades promotoras de salud. *Gac Sanit*. 2018;32(S1):86–91. https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.08.002

104 Breilh J. La determinación social de la salud como herramienta de transformación hacia una nueva salud pública (salud colectiva). *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2013;31(Supl 1):S13–27

105 World Health Organization. Actividad física [Internet]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2024 Jun 26. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity

106 Revista Autocrash. Colombia registra un alza del 23,1 % en la venta de vehículos nuevos en 2025. Junio 2025.

107 Colombia. Congreso de la República. Ley 1811 de 2016 (Octubre 21). Por medio de la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 50.059; 2016.