

# INTEGRACIÓN DE VARIABLES CONFIGURACIONALES EN EL ESTUDIO DEL CICLISMO URBANO A ESCALA INTERMEDIA

## INTEGRATION OF CONFIGURATIONAL METRICS IN THE STUDY OF URBAN CYCLING AT INTERMEDIATE SCALE

Francisco Sergio Campos-Sánchez<sup>1</sup>

Isabel Ezquerro<sup>2</sup>

### Resumen

El ciclismo como modo de transporte urbano es cada vez más importante para alcanzar un desarrollo sostenible. Es común el estudio de características de ruta que influyen en la decisión de pedalear. Sin embargo, no lo es el uso de variables configuracionales, pese a su utilidad. Este trabajo explora un enfoque metodológico más integrado considerando tanto variables clásicas de ruta ciclista, como variables apoyadas en la forma urbana. Para ello (i) se realizó un cuestionario; (ii) se mapearon las rutas según preferencias de los usuarios; (iii) se estudió la asociación entre uso frecuente de bicicleta y variables de ruta. El caso de estudio se centra en la comunidad universitaria de una ciudad intermedia española. Los resultados mostraron la relevancia de variables configuracionales para estimar probabilidades de ciclismo, incluso por delante de otras más comunes. Además, se discutieron políticas de planificación urbana para fomentar este medio de transporte.

**Palabras-clave:** Transporte urbano, morfología urbana, ciudades intermedias.

### Abstract

Cycling as an urban transport mode is increasingly important to achieve sustainable development. It is common to study route characteristics that influence the decision to cycle. However, the use of configurational metrics is not, despite their usefulness. This work explores a more integrated methodological approach considering both classic cycling route variables and variables supported by urban form. To do this (i) a questionnaire was carried out; (ii) routes were mapped according to user preferences; (iii) the association between frequent bicycle use and route variables was studied. The case study focuses on the university community of a Spanish intermediate city. The results showed the relevance of configurational metrics to estimate cycling probabilities, even ahead of other more common ones. In addition, urban planning policies were discussed to promote this mode of transport.

**Keywords:** Urban transportation, urban morphology, intermediate cities.

---

<sup>1</sup>Universidad de Granada, España, [orcid.org/0000-0003-3097-7085](https://orcid.org/0000-0003-3097-7085), scampos@ugr.es

<sup>2</sup> Universidad de Zaragoza, España, [orcid.org/0000-0002-5719-8375](https://orcid.org/0000-0002-5719-8375), iezquerro@unizar.es

## INTRODUCCIÓN

Desde hace décadas el ciclismo urbano está siendo reconocido como un modo de transporte sostenible y saludable (1). Por tanto, la investigación sobre cuáles son las preferencias de los ciclistas para la elección de las rutas y el impacto que en estas producen las características de las mismas resulta de interés para las ciudades en general. Existen numerosos estudios previos al respecto. El trabajo de Echiburú, Hurtubia y Muñoz (2) en Santiago de Chile sobre el papel de la satisfacción percibida y el entorno construido en la frecuencia de los desplazamientos en bicicleta mostró, con diferencias según género, un aumento de la satisfacción con la distancia, la frecuencia de los viajes y la disponibilidad de infraestructura ciclista; así como una disminución de la misma con la presencia de tráfico. Calvey, Shackleton, Taylor y Llewellyn (3) analizaron en el Reino Unido las preferencias de los ciclistas mediante cuestionario para determinar las características de las rutas que mejor se asocian con la satisfacción de sus usuarios. Los resultados mostraron una relación entre satisfacción de las rutas y variables objetivas de comodidad y seguridad. La revisión de Fraser y Lock (4) evidenció asociaciones positivas entre ciclismo y presencia de carriles-bici, segregación del tráfico y distancia corta de viaje y asociaciones negativas con pendiente pronunciada.

De entre todas las variables de ruta que pueden influir en la elección de la misma por los ciclistas, la distancia recorrida parece ser una de las más determinantes y estudiadas. Es decir, a mayor distancia a cubrir, menor será el uso de la bicicleta como medio de transporte en general. Algunos estudios previos para grandes ciudades en España establecen una distancia umbral de 5 km para usar la bicicleta entre hogar y destinos rutinarios como pueden ser los centros universitarios, encontrando mayor frecuencia de uso por debajo de esta distancia (5, 6). Molina-García, Sallis y Castillo (7) encontraron un mayor uso de la bicicleta entre estudiantes que vivían de 2-5 km de distancia de sus destinos universitarios en Valencia.

Sin embargo, en ciudades de menor tamaño, al menos dentro del contexto europeo, la distancia de ruta no suele ser un buen predictor de ciclismo urbano, debido a que en esta categoría urbana normalmente no se alcanzan grandes distancias de pedaleo en viajes rutinarios. Estas distancias no suelen superar los 5 km, aspecto que, como hemos visto, influye entre los que usan la bicicleta y los que no lo hacen en sus desplazamientos urbanos rutinarios (8–10). Así también lo confirman los resultados de diversos estudios de impacto recientes en ciudades intermedias españolas, en los que se obtuvieron predictores de ciclismo diferentes de la distancia. Por ejemplo, el estudio de Campos-Sánchez, Valenzuela-Montes y Abarca-Álvarez (11) en Granada encontró un uso más frecuente de la bicicleta a partir de una relación entre infraestructura ciclista, zonas verdes, instalaciones universitarias y aparcamiento público; Pajarito, Degbelo y Gould (12) y Benito, Serrano y Marqués-Sánchez (13)

observaron un aumento del ciclismo urbano mediante su apoyo en procesos de participación y colaboración ciudadana en Castellón y Vitoria-Gasteiz, respectivamente; Velasco, Rojo, Gonzalo-Orden y Díez (14) se centraron en la relación entre ciclismo urbano, uso del suelo y seguridad frente al tráfico en Burgos, mientras que Romero, Moura, Ibeas y Alonso (15) estudiaron la influencia de la pendiente de las rutas y del clima en el uso de la bicicleta en Santander. Otros estudios también se han preocupado por las repercusiones positivas del uso de la bicicleta en la salud a través de la actividad física, como por ejemplo el estudio de Arnau-Salvador, Hernández-González, Cirer-Sastre, Corbi-Soler y Reverter-Masia (16) en Lleida.

No obstante, la literatura existente sobre preferencias y variables de ruta ciclista se centra sobre todo en las grandes ciudades, siendo en general bastante más reducida la existente para ciudades y entornos urbanos más pequeños. Esto también sucede en España, país de menor cultura ciclista que otros dentro del contexto europeo (17), pero que actualmente impulsa su desarrollo (18). Sin embargo, en las ciudades medias españolas, unas 50 ciudades de población entre 50.000-300.000 habitantes según estudios previos (19, 20), residían a principios de siglo en torno a 5 millones de habitantes, además del papel de intermediación y organización del territorio que desempeñan. Por esta razón, aumentar el conocimiento sobre ciclismo en este tipo de ciudades puede resultar de interés. En consecuencia, el caso de estudio se centra en una ciudad intermedia española (Granada), concretamente en su comunidad universitaria, por tratarse de un entorno donde el uso de la bicicleta en rutas hogar-destino universitario puede ser frecuente (6, 21). La elección de una ciudad intermedia como caso de estudio de ciclismo urbano ya se había hecho antes (10, 22–24).

## **Ciclismo y configuración espacial**

Como se ha visto, en el estudio del ciclismo en la escala urbana intermedia puede resultar de interés el análisis de diversas variables de influencia en la elección de ruta como alternativa al estudio de la distancia. Sin embargo, dentro de esa variedad, a nivel nacional es muy escaso el uso de variables en base a la forma urbana pese a su utilidad, ya demostrada en otros países dentro del contexto europeo (25). Es por ello que el presente estudio aborda este vacío de conocimiento. Estas variables morfológicas son de tipo configuracional y —entre otras— se estudian desde los años 80 bajo un conjunto de teorías y técnicas denominadas Space Syntax (26). Los estudios configuracionales se basan en el hecho de que en un sistema urbano todos los espacios que lo componen (calles, plazas y otros espacios libres) se encuentran interconectados entre sí y, por lo tanto, que la distribución del movimiento (a pie, en bicicleta o vehículos motorizados) se puede predecir. Por ejemplo, las calles más transitadas suelen coincidir con las rutas más directas a través de la red urbana o, lo que es lo mismo, las que menos giros presentan (y por ello las preferidas por los ciclistas), lo que también puede medirse como la suma angular acumulada de una ruta. Esta afirmación conlleva repercusiones socioeconómicas y, por lo tanto, es útil a la planificación urbana.

La relación entre el uso de la bicicleta y la configuración espacial urbana ya se ha demostrado. En la literatura examinada encontramos, sobre todo, dos variables configuracionales para explicar el ciclismo urbano, que aportan información sobre características distintas del movimiento: (i) la elección angular (*angular choice*), que explica aspectos del flujo de las rutas. El valor normalizado de esta variable, con objeto de optimizar su aplicabilidad en investigación urbana, se denomina NACH (27); y (ii) la profundidad media angular (*angular mean depth*), que explica el grado de atracción o centralidad de dichas rutas en un entorno urbano. La elección angular calcula la probabilidad de un espacio de ser usado como ruta, que coincidirá con aquella de menor desviación angular o más directa entre un origen y un destino. La profundidad media angular mide, en términos angulares, el cambio de dirección promedio que se requiere desde un espacio para llegar a todos los demás espacios del sistema, resultando la ruta más accesible o integrada cuanto menor sea el cambio de dirección promedio.

La variable NACH se usó en el diseño de la red ciclista de Oslo y Trondheim (Noruega) (28). Law, Sakr y Martínez (29) encontraron en el centro de Londres más volumen tanto de ciclistas como de tráfico rodado a lo largo de rutas con un valor elevado de NACH, mientras que Bazzoni, Choubassi, Errera y Scarnera (30) sólo observaron en Milán una fuerte correlación entre esta variable y el tráfico vehicular. Orellana y Guerrero (31) encontraron una asociación positiva significativa entre la variable NACH y la actividad ciclista en Cuenca (Ecuador). Por otro lado, en varios barrios del centro de Londres se encontró que las calles con los valores más bajos de profundidad media angular se correspondían con las que presentaban mayor volumen de ciclistas, siendo la minimización angular de la ruta un factor importante en la elección de la ruta por el ciclista. Por lo tanto, la medición de las rutas de menor desviación angular acumulada puede ser una forma útil de predecir la elección de ruta y volumen ciclista (32). Más aún, Rybarczyk y Wu (33) evidenciaron que la variable configuracional profundidad media de las rutas afectó significativamente a las decisiones sobre la elección de la bicicleta como modo de transporte.

## **Preferencias ciclistas y elección de rutas**

Para estimar las rutas más probables de los ciclistas también puede ser útil conocer sus preferencias (34). Nos referimos a conocer, por ejemplo, si los usuarios otorgan mayor importancia en su decisión de pedalear a que las rutas sean rápidas, seguras, confortables, atractivas, etc., lo que ya se ha puesto de manifiesto en otros estudios previos, tanto de ciclistas (24, 35) como de no ciclistas (36). Saber qué tipo de rutas tienen más probabilidades de alojar un mayor número de ciclistas es importante a nivel metodológico para estudiar la asociación entre el volumen ciclista de las rutas y las variables del entorno construido que influyen en él y en qué medida. Conocer las preferencias de los potenciales usuarios de las rutas a través de encuestas puede ser una alternativa válida para estimar las rutas reales más frecuentadas por los ciclistas frente al uso de dispositivos con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) por parte de los mismos, procedimiento más costoso de implementar.

La hipótesis del trabajo parte de la utilidad de las variables configuracionales para evaluar el ciclismo urbano, máxime en escalas urbanas intermedias donde medidas tradicionales como la distancia pueden no ser tan determinantes. El objetivo principal consiste en aumentar el conocimiento en entornos urbanos de escala intermedia sobre qué variables de ruta influyen y a qué nivel en la decisión de pedalear. El caso de estudio se centra en Granada, una ciudad intermedia de fuerte carácter universitario y, por lo tanto, con potenciales usuarios de la bicicleta hacia/desde los destinos universitarios.

Este trabajo no pretende extrapolar sus resultados ni a toda la ciudad ni a otras de igual categoría urbana, pero sí pueden ser representativos de viajes rutinarios de media distancia dentro de la comunidad universitaria, circunstancia común para muchas ciudades intermedias, de ahí su utilidad. Metodológicamente se plantea: (i) la realización de una encuesta a la comunidad universitaria de un centro; (ii) el mapeo de las rutas ciclistas según los resultados de la encuesta; (iii) la selección de variables de ruta; (iii) el estudio de asociaciones de uso de la bicicleta con variables de ruta; y (v) la discusión de los resultados, enfatizando aquellos que pueden ayudar a aumentar el ciclismo urbano en el caso de estudio y similares.

## **METODOLOGÍA**

### **Caso de estudio**

El caso de estudio se centra en una capital de provincia del sur de Europa (Granada, España) (figura 1) con un importante rol universitario y tradicionalmente poca cultura ciclista (11, 18). Varias iniciativas de tipo regional, local y sectorial para fomentar el uso de la bicicleta en esta ciudad, o han fallado o han tenido un éxito parcial (37, 38), como en los siguientes casos: (a) el plan de movilidad hospitalaria mediante un sistema de bicicletas compartidas; (b) el proyecto Biciescuela; y (c) una colaboración entre la Universidad de Granada y Ciclogreen, una empresa de movilidad urbana sostenible. El motivo puede deberse tanto a la falta de una red de infraestructura ciclista integrada (11, 39) como a los altos niveles de tráfico que presenta la ciudad. Aun así, estas iniciativas han supuesto en los últimos años un ligero incremento del ciclismo, pasando del 4.59% (2017) al 6.12% (2020), según plan de aforos ([http://www.movilidadgranada.com/bici\\_aforos.php](http://www.movilidadgranada.com/bici_aforos.php)). En este contexto de poco ciclismo, similar al de otras muchas ciudades españolas y europeas meridionales, es en el que este trabajo puede ayudar. Para ello el estudio se centra en la comunidad universitaria, uno de los colectivos que más fácilmente podría incrementar el uso de la bicicleta en sus viajes rutinarios, lo que es de sobra conocido resulta beneficioso para la salud y el medio ambiente.

Figura 1: Vista aérea de la ciudad de Granada (España). Fuente: Google Earth. (40)



## Participantes y cuestionario

A principios de 2020 se llevó a cabo un estudio transversal como parte de una iniciativa local universitaria para fomentar el uso de la bicicleta hacia/desde la Escuela de Arquitectura de Granada, situada en un área histórica de la ciudad, fuera de los campus universitarios. De este estudio provienen los datos de los participantes (estudiantes universitarios, personal docente/investigador y personal de administración/servicios adscritos al centro de destino y con domicilio postal familiar en Granada) y sus preferencias en la elección de rutas ciclistas. Inicialmente 124 personas participaron en el estudio completando un cuestionario on-line, lo que supone una representatividad de en torno a un 15% del total de estudiantes y personal del centro universitario del caso de estudio. Finalmente, se procesaron los datos de 112 participantes, 12 de los cuales fueron eliminados por encontrarse fuera del ámbito de estudio o presentar datos erróneos o incompletos. El cuestionario incluyó preguntas sobre: (a) datos personales (edad, género, domicilio); (b) si los participantes usaron frecuentemente la bicicleta para ir/venir al centro de destino; y (c) preferencias de elección de ruta mediante valoración de la importancia (valoración 1-5, siendo 1 muy baja y 5 muy alta) de los criterios: seguridad, rapidez, pendiente, paisaje urbano (p.e., presencia de edificios culturales, elementos históricos, atmósfera urbana), y nivel de servicio (p.e., presencia de comercio, parques).

## Preferencias de los participantes y variables de ruta ciclista

Las preferencias de elección del tipo de ruta de los participantes se obtuvieron mediante el cuestionario a través de la pregunta (c) sobre la valoración de su importancia según criterios para elegir las rutas. Las respuestas se evaluaron mediante tabla de contingencia y se comprobaron mediante pruebas Chi-cuadrado.

El tipo de ruta que realizaron los participantes desde su domicilio hasta el centro universitario se estimó en función de la preferencia que resultó significativa. Estas rutas se mapearon y analizaron espacialmente mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que permitió la obtención de datos de las variables de análisis. A partir de los resultados de la encuesta realizada, en este trabajo se asumió que los potenciales ciclistas eligieron las rutas más cortas. Ya existen evidencias previas sobre este tipo de elecciones (32). Esta decisión se adoptó considerando que existen algunos niveles de acuerdo entre las rutas reales practicadas por los ciclistas y las rutas más cortas (41, 42). Además, parece que los desvíos entre las rutas reales y las más cortas son mucho menores en ciudades universitarias intermedias como las del caso de estudio (10).

Para la determinación de las variables de ruta del análisis se examinaron referencias importantes de ciclismo urbano. Entre las variables de ruta se incluyeron las variables configuracionales NACH y profundidad media angular, así como la variable *Pedestrian Route Directness* (PRD), que aún estando más orientada a la movilidad peatonal, permite conocer lo directas/indirectas que son las rutas. Cuanto más próximo es el valor de PRD a la unidad, más directa es la ruta, y viceversa. El análisis estadístico posterior fue útil para explorar asociaciones de los predictores (preferencias significativas, variables de ruta y variables sociodemográficas) con la variable dependiente o resultado (uso frecuente de la bicicleta por los participantes para ir/venir al destino).

La Tabla 1 muestra algunas de las variables de ruta más comunes en el estudio de ciclismo urbano, agrupadas por preferencias conforme la literatura examinada, e incluidas en el análisis. Las variables de configuración espacial NACH y profundidad media, ambos datos promedio de ruta, también se incluyen en el análisis con objeto de comprobar su validez para predecir ciclismo.

*Tabla 1: Variables de ruta ciclista según preferencias*

Preferencias	Variables de ruta	Referencias	Medición
<b>Seguridad</b>	Nº de cruces $\geq$ 4 calles (ud)	(11, 43, 44)	Nº de cruces $\geq$ 4 calles a lo largo de la ruta
	Infraestructura ciclista (km)	(4, 23, 35)	Presencia/longitud de carril-bici a lo largo de la ruta
<b>Rapidez</b>	Distancia (km)	(4, 5, 24)	Longitud de la ruta
	NACH (ud)	(27, 29–31, 45)	NACH promedio de la ruta
	Profundidad media angular (ud)	(32, 33, 45)	Profundidad media promedio de la ruta
	PRD (ud)	(11, 46–48)	Cociente entre la distancia de la ruta más corta y la distancia en línea recta
<b>Comodidad</b>	Desnivel acumulado (m)	(22, 24, 35, 49)	Desnivel acumulado a lo largo de la ruta

## Análisis estadístico

En el análisis estadístico únicamente se incluyeron aquellas preferencias de ruta de importancia significativa para los participantes ciclistas. En este análisis se utilizó el software SPSS 23. Los valores de todos los predictores siguieron una distribución no normal (significación asintótica bilateral  $<0.05$  según test Kolmogorov-Smirnov).

La variable resultado (uso frecuente de la bicicleta para ir/venir al destino) se dividió en dos categorías: no = 0 (participante no ciclista), sí = 1 (participante ciclista). Los siguientes predictores también se dividieron en dos categorías: (i) género: hombre = 0, mujer = 1; (ii) carril-bici: no existe = 0, sí existe = 1; y (iii) edad, usando la mediana como punto de corte. La importancia (significativa) de los factores de ruta se valoró de 1-5: nada importante = 1, muy importante = 5. Las variables NACH, profundidad media angular y PRD, las dos primeras obtenidas como valores promedio de cada ruta, se dividieron en intervalos según cuartiles, siendo las categorías: (0) valores muy bajos, (1) valores bajos, (2) valores altos y (3) valores muy altos. El resto de variables (distancia, desnivel acumulado y número de cruces  $\geq 4$  calles) se mantuvieron como numéricas escalares.

El modelo estadístico usado fue la Regresión Logística Binaria (RLB). Se comprobó la multicolinealidad entre predictores solicitando matriz de correlación. No existe multicolinealidad cuando los coeficientes de correlación entre predictores  $<0.80$  y los errores estándar son  $<2.0$  (50). El análisis estadístico se desarrolló en dos pasos: (i) análisis de correlación bivariada (según coeficiente de correlación de Spearman) de la variable resultado con todos los predictores; y (ii) RLB incluyendo únicamente aquellos predictores que se correlacionaron significativamente con la variable resultado en el paso anterior. Se comprobaron efectos de confusión para las variables sociodemográficas con objeto de chequear su utilidad como variables de ajuste en análisis por subgrupos. No existen efectos de confusión cuando la diferencia entre las probabilidades u *Odds Ratio* (OR) de los predictores, obtenidas mediante RLB incluyendo las variables de ajuste (sociodemográficas) y sin incluirlas, es  $<10\%$  (51).

Posteriormente, se calculó el valor umbral de las variables escalares que explicaron significativamente la variable resultado mediante RLB. Para ello se utilizó el análisis *Receiver Operating Characteristics Curve* o curva ROC, ya usado previamente en estudios sobre desplazamiento activo en España (52). En este tipo de análisis, cuanto mayor es el área bajo la curva (AUC), con valores entre 0-1, más discriminatoria es la prueba y mejor es el modelo de análisis. El punto de corte entre los participantes que usaron frecuentemente la bicicleta y los que no la usaron se obtuvo mediante el índice de Youden (J), donde  $J = \text{sensibilidad} + \text{especificidad} - 1$ . El punto de corte del valor umbral buscado se obtuvo a partir del valor máximo de J. El modelo de la curva ROC se considera válido cuando el



AUC  $\geq 0.5$  y el valor 0.5 está fuera del intervalo de confianza (95%CI). En caso contrario, el modelo se considera únicamente exploratorio.

## RESULTADOS

Según la Tabla 2, la mayoría de los participantes, tanto ciclistas como no ciclistas, consideraron con una importancia alta los criterios seguridad, rapidez y pendiente de la ruta. Por otro lado, la mayoría de los participantes consideraron con una importancia baja los factores paisaje urbano y el acceso a servicios de la ruta. Sin embargo, únicamente fue significativa ( $P \leq 0.05$  s/prueba Chi-cuadrado) la explicación del uso de la bicicleta según la preferencia por rutas rápidas, que se incluyó en la RLB como predictor. Por lo tanto, las rutas hogar-centro universitario más rápidas se identificaron como las rutas más cortas y se mapearon mediante SIG en la Figura 2. Esta figura muestra además el grado de superposición entre rutas ciclistas, carriles-bici y la variable NACH (3) o valores muy altos de NACH. Esta variable se representa para todos los segmentos del sistema, lo que nos da una idea de su distribución en la red viaria urbana. Recordemos que NACH se calcula como valor promedio de cada ruta estudiada. Por lo tanto, las líneas resaltadas en color magenta muestran qué segmentos de la red viaria presentan los mismos valores NACH (3) de las rutas estudiadas, lo que puede repercutir en el nivel de ciclismo. En la Figura 3 se muestran imágenes de la red viaria del caso de estudio con valores NACH (3) (imágenes A-D) y valores NACH (0-2) (imágenes E-F).

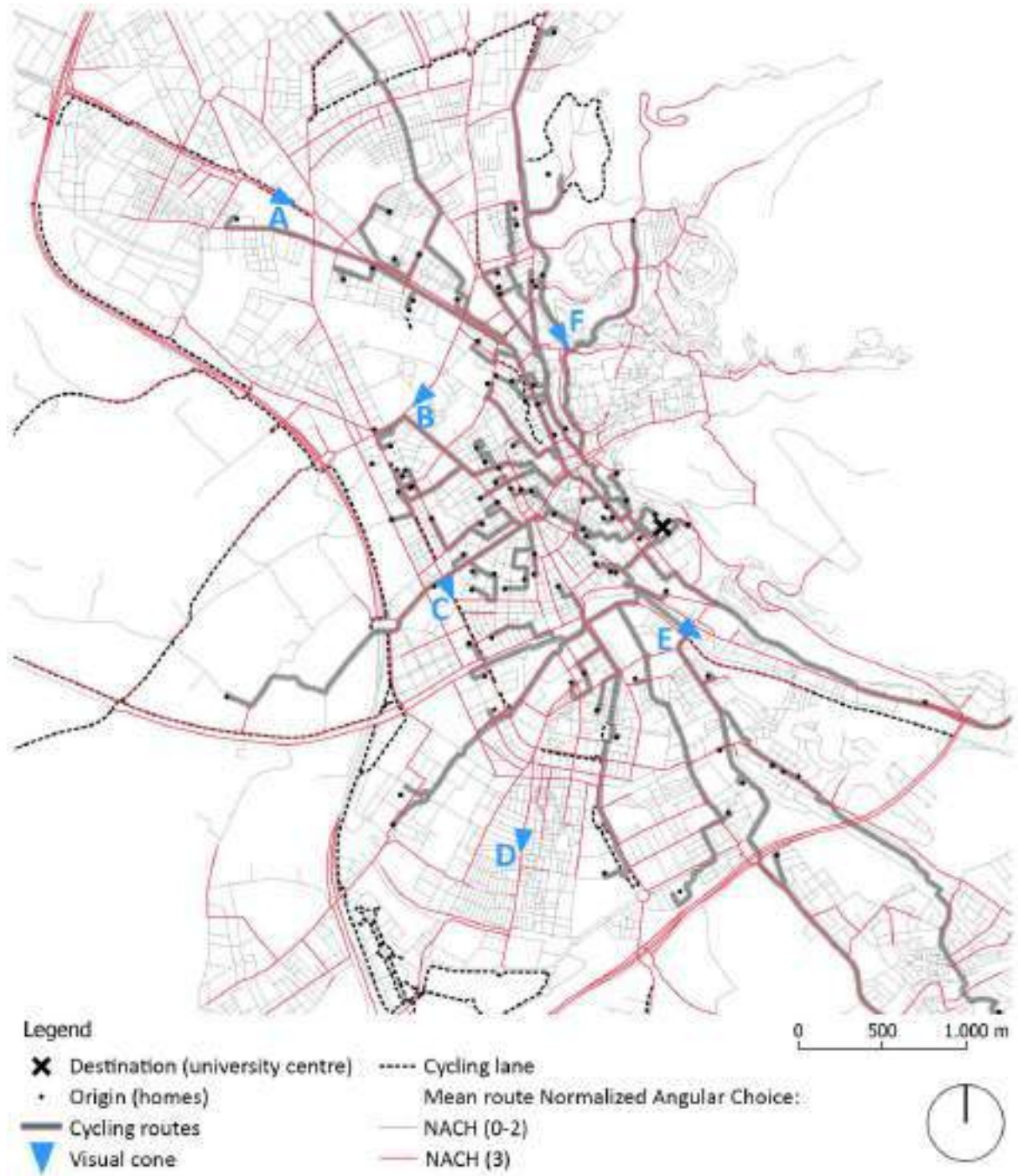
Tabla 2: Tabla de contingencia de uso de la bicicleta según preferencias de ruta

Variable resultado	Importancia seguridad (n = 112)		Importancia rapidez (n = 112)		Importancia pendiente (n = 112)		Importancia paisaje urbano (n = 112)		Importancia acceso servicios (n = 112)	
	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta
Uso bici = no	20(26)	57(74)	35(45.5)	42(54.5)	31(40.3)	46(59.7)	67(87.0)	10(13.0)	67(87.0)	10(13.0)
Uso bici = sí	7(20)	28(80)	8(22.9)	27(77.1)	19(54.3)	16(45.7)	25(71.4)	10(28.6)	31(88.6)	4(11.4)
<b>Total</b>	27(24)	85(76)	43(38.4)	69(61.6)	50(44.6)	62(55.4)	92(82.1)	20(17.9)	98(87.5)	14(12.5)
<b>Pruebas Chi-cuadrado</b>	(P = 0.655)		(P = 0.038)		(P = 0.238)		(P = 0.148)		(P = 1.00, s/prueba exacta de Fisher bilateral)	

Notas: Importancia Baja: valores 1-3; Alta: valores 4-5. Los resultados muestran el número de participantes (y porcentaje).

Pruebas Chi-cuadrado (significación asintótica bilateral s/corrección de continuidad).

Figura 2: Mapa de rutas ciclistas, carriles-bici y variable NACH de la red viaria. Mapa de viales del Callejero Digital de Andalucía Unificado (CDAU) para el municipio de Granada (España)



Notas: NACH (0-2) = De valores muy bajos a altos. NACH (3) = Valores muy altos.

Figura 3: Imágenes de la red viaria. Fuente: Google Street View. (53-58)



Imagen A: Avenida de Andalucía. (53)



Imagen B: Avenida de Fuentesueva. (54)



Imagen C: Camino de Ronda. (55)



Imagen D: Avenida de Dilar. (56)



Imagen E: Paseo de la Bomba. (57)



Imagen F: Calle Elvira. (58)

Las frecuencias descriptivas de la Tabla 3 mostraron que hubo un número levemente mayor de participantes hombres que mujeres, así como también fue ligeramente superior el número de  $\leq 23$  años que  $> 23$  años. Asimismo, el 69% de participantes no usaron la bicicleta para ir/venir al destino frente al 31% que sí la usó. Los participantes que más usaron la bici para el ir/venir al destino fueron hombres  $> 23$  años; los que menos la usaron fueron mujeres  $\leq 23$  años.

Tabla 3: Frecuencias descriptivas según subgrupos de participantes

Casos	Todos n = 112(100%)	No ciclistas n = 77(100%)	Ciclistas n = 35(100%)
Hombre	66(59%)	37(48%)	29(83%)
Mujer	46(41%)	40(52%)	6(17%)
Edad $\leq 23$	65(58%)	52(68%)	13(37%)
Edad $> 23$	47(42%)	25(32%)	22(63%)

En la Tabla 4 se recogen los estadísticos descriptivos de las variables del análisis consideradas como predictores. Además, la longitud total de las 112

rutas del estudio fue de 207.76 km, de los que 67.79 km se correspondieron con rutas de participantes ciclistas, y 20.06 km (29.59% s/total de rutas de participantes ciclistas) se correspondieron con rutas de participantes ciclistas con valores muy altos de elección angular normalizada o NACH (3).

*Tabla 4: Estadísticos descriptivos de las variables de análisis*

Subgrupos de participantes	Estadísticos	Variables e importancia de factores de ruta (predictores)											
		Importancia seguridad	Importancia rapidez	Importancia pendiente	NACH	nº cruces ≥ 4 calles	Infraestructura ciclista	Distancia	PRD	Profundidad media	Desnivel acumulado	Género	Edad
<b>Todos (n = 112)</b>	Media	4.277	3.696	3.670	1.019	6.319	0.552	1.839	1.405	63.178	73.918	0.41	27.04
	Mediana	5.000	4.000	4.000	1.036	5.967	0.000	1.841	1.346	61.731	53.404	0.00	23.00
	DE	1.084	1.214	1.196	0.089	2.609	0.863	0.872	0.365	3.588	65.459	0.494	10.84
	Mínimo	1.0	1.0	1.0	0.652	0.000	0.000	0.173	1.122	59.419	9.89	-	17
	Máximo	5.0	5.0	5.0	1.161	12.428	4.040	4.375	4.375	77.090	376.45	-	69
<b>No ciclistas (n = 77)</b>	Media	4.234	3.506	3.727	1.023	6.738	0.502	1.794	1.402	63.056	67.331	0.52	25.73
	Mediana	5.000	4.000	4.000	1.041	6.467	0.000	1.818	1.327	61.599	48.518	1.00	23.00
	DE	1.145	1.263	1.165	0.098	2.404	0.832	0.920	0.403	3.634	61.645	0.503	10.378
	Mínimo	1.0	1.0	1.0	0.652	2.857	0.000	0.173	1.122	59.419	9.89	-	17
	Máximo	5.0	5.0	5.0	1.161	11.976	4.040	4.548	4.375	77.090	361.48	-	69
<b>Ciclistas (n = 35)</b>	Media	4.371	4.114	3.543	1.010	5.549	0.662	1.936	1.413	63.442	88.409	0.17	29.91
	Mediana	5.000	4.000	3.000	1.017	4.710	0.380	1.954	1.352	63.029	66.034	0.00	25.00
	DE	0.942	0.993	1.268	0.068	2.896	0.929	0.760	0.268	3.524	71.973	0.382	11.45
	Mínimo	2.0	1.0	1.0	0.790	0.000	0.000	0.409	1.144	59.440	30.730	-	18
	Máximo	5.0	5.0	5.0	1.144	12.428	3.98	3.876	2.696	73.764	376.45	-	61

Notas: DE = Desviación Estándar. Género (Hombre = 0; Mujer = 1).

El análisis de correlación bivariada (s/coeficiente de correlación de Spearman) entre la variable resultado y los predictores (es decir, las variables de la Tabla 1, las preferencias —importancia de seguridad, rapidez y pendiente— y las variables sociodemográficas), dio como resultado una correlación significativa (indicando: coeficiente de correlación; P-valor ≤ 0.05) entre uso frecuente de la bicicleta y NACH (-0.197; 0.040), importancia de rapidez de ruta (0.233; 0.015), nº de cruces ≥ 4 calles (-0.197; 0.040), desnivel acumulado (0.244; 0.010), género (-0.337; 0.000) y edad (0.280; 0.003). Por lo tanto, estas fueron las variables que se incluyeron en el posterior análisis mediante RLB, mientras que las demás se descartaron. La correlación positiva entre uso frecuente de la bicicleta y desnivel acumulado fue un hallazgo inesperado. Se decidió no incluir la variable desnivel acumulado en la RLB para que no interfiera en los resultados, lo que se discute más adelante.

Según la Tabla 5, cuando no se consideraron variables sociodemográficas (género y edad) hubo una fuerte asociación positiva de uso frecuente de la

bicicleta con importancia alta ( $P = 0.046$ ;  $OR = 10.906$ ) y muy alta ( $P = 0.040$ ;  $OR = 11.083$ ) de rapidez de ruta. Además, hubo asociación negativa moderada de la variable resultado con NACH (3) o NACH muy alta ( $P = 0.059$ ;  $OR = 3.816$ ) y asociación negativa baja con nº de cruces  $\geq 4$  calles ( $P = 0.034$ ;  $OR = 1.212$ ). Cuando sí se consideraron variables sociodemográficas hubo una fuerte asociación positiva de la variable resultado con importancia alta ( $P = 0.029$ ;  $OR = 17.755$ ) y muy alta ( $P = 0.013$ ,  $OR = 26.805$ ) de rapidez de ruta. Además, hubo asociación negativa moderada de uso frecuente de la bicicleta con NACH muy alta ( $P = 0.045$ ;  $OR = 4.587$ ) y con género mujer ( $P = 0.003$ ;  $OR = 5.714$ ), y asociación negativa baja (a nivel  $P \leq 0.1$  de significación) con nº de cruces  $\geq 4$  calles ( $P = 0.083$ ;  $OR = 1.193$ ). El análisis no se hizo separadamente por variables sociodemográficas para evitar efectos de confusión. No se encontró multicolinealidad. La única variable escalar significativa del análisis fue nº de cruces  $\geq 4$  calles. Para profundizar sobre ella se calculó la curva ROC s/variable resultado.

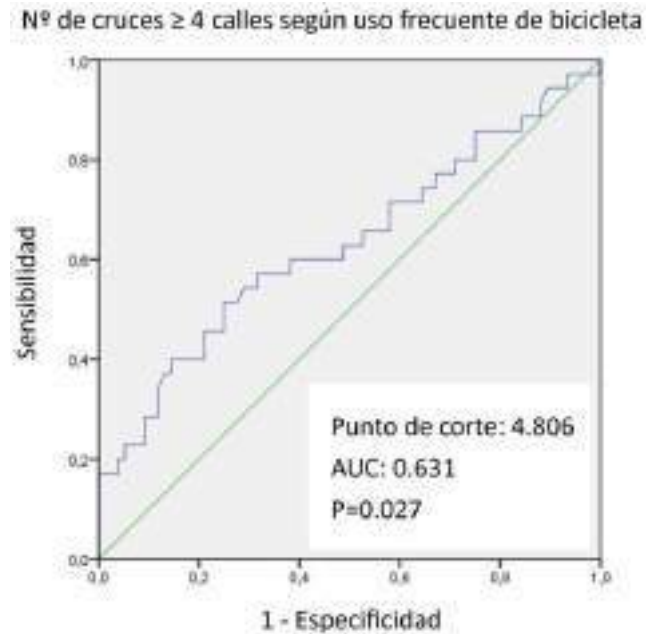
Tabla 5: Predictores de uso de la bicicleta para todos los participantes según RLB

Predictores (sobre toda la ruta)	Sin considerar VS					Considerando VS				
	B	SE	P	OR	95% CI	B	SE	P	OR	95% CI
Importancia rapidez (0)			0.144					0.073		
Importancia rapidez (1)	0.653	1.555	0.176	1.921	0.091-40.482	0.902	1.655	0.586	2.465	0.096-63.231
Importancia rapidez (2)	1.732	1.215	0.154	5.650	0.523-61.074	2.287	1.313	0.082	9.846	0.751-129.13
Importancia rapidez (3)	2.389	1.196	<b>0.046</b>	10.906	1.046-113.67	2.877	1.316	<b>0.029</b>	17.755	1.345-234.37
Importancia rapidez (4)	2.405	1.171	<b>0.040</b>	11.083	1.116-110.10	3.289	1.318	<b>0.013</b>	26.805	2.025-354.91
NACH (0)			0.303					0.251		
NACH (1)	-0.414	0.605	0.494	0.661	0.202-2.164	-0.656	0.674	0.331	0.519	0.139-1945
NACH (2)	-0.329	0.597	0.581	0.719	0.223-2.316	-0.364	0.660	0.582	0.695	1.191-2.536
NACH (3)	-1.339	0.709	<b>0.059</b>	0.262	0.065-1.051	-1.523	0.759	<b>0.045</b>	0.218	0.049-0.966
nº de cruces $\geq 4$ calles	-0.193	0.091	<b>0.034</b>	0.825	0.690-0.986	-0.176	0.102	<b>0.083*</b>	0.838	0.687-1.023
Género			No consideradas			-1.743	0.596	<b>0.003</b>	0.175	0.054-0.562
Edad			No consideradas			0.029	0.024	0.225	1.029	0.982-1.079

Notas: VS = variables sociodemográficas. El signo de B indica la dirección de la relación entre variable resultado y predictor. OR (*odds ratio*) indica la fuerza de la relación entre variable resultado y predictor. SE = error estándar. CI = intervalo de confianza (95%) para la estimación de probabilidades (*odds ratio*). P-valor = significación estadística ( $P \leq 0.05$ ). \*Significación estadística baja o a nivel 0.1 ( $P \leq 0.1$ ). Categorías de referencia: Importancia rapidez (0) y NACH (0).

La Figura 4 mostró que el umbral de la variable nº de cruces  $\geq 4$  calles fue 4.806 cruces ( $J \text{ máx.} = 0.264$ ). Es decir, los ciclistas predominaron cuando a lo largo de la ruta hubo menos de aproximadamente 5 cruces  $\geq 4$  calles, y los no ciclistas predominaron por encima de este umbral. El análisis debe considerarse válido, pero sólo exploratorio ( $0.5 < AUC < 0.75$ ).

Figura 4: curva ROC de nº de cruces  $\geq 4$  calles según uso frecuente de la bicicleta



## DISCUSIÓN

Los hallazgos principales informaron que los participantes prefieren rutas seguras, rápidas y confortables para pedalear, criterios valorados por delante del paisaje urbano y el nivel de servicio. Este comportamiento indica que los participantes vieron la bicicleta como un medio práctico para alcanzar un destino y no tanto para pasear o alcanzar destinos intermedios, algo ya reportado anteriormente (23). Únicamente la preferencia por rutas rápidas mostró una diferencia significativa entre ciclistas y no ciclistas, siendo más substancial para los primeros que para los últimos. Sin embargo, que la ruta sea segura fue lo más importante para todos los participantes en general, algo común en estudios de ciclismo urbano. La preferencia por rutas rápidas fundamentó la decisión de asemejar las rutas más cortas como las rutas reales de los ciclistas (32, 41, 42) así como la extracción de información útil al estudio a partir de ellas, lo que significó una alternativa frente a la toma de datos mediante el uso de dispositivos GPS, muy útiles pero de mayor coste de implementación.

Se comprobó la hipótesis inicial, en base a la literatura examinada, de que la distancia no fue útil para predecir ciclismo en la escala intermedia pese a ser el mejor predictor de desplazamiento activo en general. Este hallazgo coincide con los resultados de estudios previos nacionales e internacionales (11, 59). En nuestro caso de estudio, este resultado puede deberse a que la mayoría de las rutas analizadas no son lo suficientemente largas como para influir en el uso de la bicicleta (8). Molina-García, Castillo, Queralt y Sallis (6) reportaron que únicamente las distancias  $>5$  km influenciaron el ciclismo hacia destinos universitarios españoles. En el caso de Granada, la longitud promedio de las rutas ciclistas fue 1.94 km, algo inferior a los 2.30 km del estudio de Krenn, Oja y Titze (10) en Graz, ciudad algo mayor en población que Granada, y estudio que tampoco encontró en la distancia un predictor de ciclismo muy útil.

Tampoco resultó significativa la asociación entre ciclismo y las variables de ruta infraestructura ciclista y PRD, ni con la variable sociodemográfica edad. En cambio, el uso frecuente de la bicicleta para ir/venir al destino universitario (variable resultado) se asoció en todos los casos: fuerte y positivamente con importancia alta y muy alta de rapidez de ruta, moderada y negativamente con elección angular normalizada muy alta o NACH (3), y débil y negativamente con n° de cruces  $\geq 4$  calles. Con respecto a esta última variable, hubo ciclismo cuando el n° de cruces  $\geq 4$  calles fue  $< 5$  cruces. Estas variables fueron significativas independientemente de incorporar o no al análisis las variables sociodemográficas edad y género. Cuando estas últimas variables se incorporaron al análisis, hubo asociación negativa moderada de la variable resultado con mujeres ciclistas. La variación de las probabilidades de ciclismo incluyendo y sin incluir las variables sociodemográficas fue en general  $< 10\%$  por lo que los resultados se consideran válidos en ambos casos.

Un hallazgo importante fue la asociación negativa de ciclismo con valores muy altos de NACH y n° de cruces  $\geq 4$  calles, resultados compatibles entre sí. Se ha demostrado que las rutas con valores muy altos de NACH coinciden con vías de tráfico rodado intenso (29–31). Igualmente, un número elevado de cruces  $\geq 4$  calles favorece una mayor confluencia de vehículos (43). Además, este tipo de cruces suelen tener semáforos y señales de stop, algo que los ciclistas tienden a evitar (10, 60). En esta línea, los resultados del trabajo evidenciaron a priori cierta incompatibilidad entre ciclismo y tráfico rodado. Es decir, las rutas preferidas por los ciclistas se alejaron de las vías de tráfico intenso. La mayoría de los ciclistas (70.41%) prefirieron desplazarse "recortando" a través del entramado urbano. Estas rutas no se encuentran tan bien conectadas con el resto de la ciudad como aquellas que discurren por las vías principales, siendo por tanto secundarias para el tráfico rodado. Por contra, el 29.59% de los participantes ciclistas conmutaron por rutas con valores muy altos de NACH. Es decir, prefirieron rutas bien conectadas por calles directas; las preferidas por el tráfico motorizado. Por lo tanto, la regulación de los cruces  $\geq 4$  calles y un aumento de la infraestructura ciclista pueden alentar el ciclismo por las principales rutas viarias, algo ya observado en estudios previos en la escala intermedia (10).

Stinson y Bhat (35) también reportaron que los ciclistas prefieren rutas más cortas hacia su centro de trabajo, aunque están dispuestos a desviarse ligeramente en caso de existir infraestructura ciclista segregada del tráfico. Se evidencia por tanto la conveniencia de dotar a las rutas de más tráfico con infraestructura ciclista integrada para fines prácticos (60, 61), especialmente en ciudades con poco ciclismo (39). Law, Sakr y Martínez (29) y Orellana y Guerrero (31) encontraron mayor flujo ciclista a lo largo de rutas con tráfico intenso. Sin embargo, las rutas de sus casos de estudio disponían de más infraestructura ciclista, lo que pudo favorecer dicho comportamiento (44, 59, 62). Por otro lado, también se encontró una asociación negativa entre ciclismo y mujeres, resultado en línea con el de Broach y Dill (8) que observaron menos ciclismo y mayor sensibilidad a la seguridad por tráfico en mujeres.

Por lo tanto, tal y como Law, Sakr y Martínez (29) reportaron previamente, NACH fue mejor variable configuracional que la profundidad media para predecir ciclismo; esta última como una forma de integración angular (45). Por contra, Rybarczyk y Wu (33) observaron una asociación significativa de

transporte en bicicleta con la variable profundidad media, aunque mínima. Parece que, por la localización del destino y la distribución espacial de los hogares de la mayoría de los participantes, tanto las rutas de los participantes ciclistas como las de los participantes no ciclistas presentan una profundidad media angular similar. Puede que esta sea la razón de la falta de correlación entre este predictor y la variable resultado.

Por otro lado, la correlación positiva entre uso frecuente de la bicicleta y desnivel acumulado fue un hallazgo inesperado. Sin embargo, este resultado está en línea con algunos estudios previos. Por ejemplo, Stinson y Bhat (35) comprobaron que los ciclistas más experimentados prefieren rutas con pendientes pronunciadas, por requerir mayor ejercicio físico. Sener, Eluru y Bhat (49) concluyeron que los ciclistas prefieren rutas con pendiente, aunque moderada. Menghini, Carrasco, Schüssler y Axhausen (22) reportaron que la pendiente no influyó en la elección de la ruta ciclista. En Granada, la correlación entre más ciclismo y mayor desnivel acumulado pudo deberse a que el centro de destino se encuentra a una cota altimétrica superior a la media de la ciudad y por lo tanto la mayoría de las rutas de los participantes tuvieron desnivel acumulado. Además, parece que el desnivel acumulado promedio de las rutas fue moderado (73.92 m) y no condicionó el uso de la bicicleta hacia/desde el destino, algo ya observado por Campos-Sánchez, Valenzuela-Montes y Abarca-Álvarez (11) en el mismo caso de estudio.

## CONCLUSIONES

Se puede decir que los participantes del estudio prefirieron rutas rápidas, con pocos giros y suaves, y con pocas intersecciones viarias complejas. Se comprobó que las variables configuracionales son apropiadas para la evaluación del ciclismo urbano en la escala intermedia, siendo el mejor predictor sintáctico la elección angular normalizada (NACH), una medida de probabilidad de uso de ruta. Importantes predictores clásicos como la distancia parecen no ser tan importantes en esta escala. Igualmente se han evidenciado diferencias de género en el uso de la bicicleta, así como la necesidad de incorporar infraestructura ciclista y regulación de cruces a las rutas preferidas. Estos hallazgos pueden ser útiles a la toma de decisiones sobre el diseño urbano de rutas ciclistas.

Las fortalezas del estudio tuvieron que ver con el uso de variables aptas para la evaluación del ciclismo urbano, así como con la adición de análisis geográfico y de diversidad cultural a la investigación previa en la escala intermedia y la comunidad universitaria. Por contra, el bajo tamaño de muestra y la suposición de las rutas más cortas como las rutas reales de los ciclistas pueden ser limitaciones del trabajo. Resulta necesaria más investigación de casos de estudio similares, así como la exploración de más variables configuracionales por parte de investigaciones futuras sobre ciclismo urbano. El estudio de la influencia de la configuración espacial puede apoyar la planificación de ciudades más amigables con el uso de la bicicleta, y por tanto más saludables, inclusivas y sostenibles.



## AGRADECIMENTOS

Los autores queremos agradecer, tanto a la dirección y personal de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada (España) como a los participantes, su implicación en este estudio.

## REFERENCIAS

1. OECD. National Policies to Promote Cycling. Organisation for economic cooperation and development. In: *European Conference of the Ministers of Transports*. Paris, France, 2004.
2. ECHIBURÚ, Tomás, HURTUBIA, Ricardo and MUÑOZ, Juan Carlos. The role of perceived satisfaction and the built environment on the frequency of cycle-commuting. *Journal of Transport and Land Use*. February 2021. Vol. 14, no. 1, p. 171-196. Disponible en: <https://doi.org/10.5198/jtlu.2021.1826>.
3. CALVEY, J. C., SHACKLETON, J. P., TAYLOR, M. D. and LLEWELLYN, R. Engineering condition assessment of cycling infrastructure: Cyclists' perceptions of satisfaction and comfort. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. August 2015. Vol. 78, p. 134–143. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.031>.
4. FRASER, Simon D. S. and LOCK, Karen. Cycling for transport and public health: a systematic review of the effect of the environment on cycling. *European Journal of Public Health*. December 2011. Vol. 21, no. 6, p. 738–743. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckq145>.
5. CHILLÓN, P, MOLINA-GARCÍA, J, CASTILLO, I and QUERALT, A. What distance do university students walk and bike daily to class in Spain. *Journal of Transport & Health*. September 2016. Vol. 3, no. 3, p. 315–320. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.06.001>.
6. MOLINA-GARCÍA, Javier, CASTILLO, Isabel, QUERALT, Ana and SALLIS, James F. Bicycling to university: evaluation of a bicycle-sharing program in Spain. *Health Promotion International*. June 2015. Vol. 30, no. 2, p. 350–358. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/heapro/dat045>.
7. MOLINA-GARCÍA, Javier, SALLIS, James F. and CASTILLO, Isabel. Active Commuting and Sociodemographic Factors Among University Students in Spain. *Journal of Physical Activity and Health*. February 2014. Vol. 11, no. 2, p. 359–363. Disponible en: <https://doi.org/10.1123/jpah.2012-0004>.
8. BROACH, Joseph, DILL, Jennifer and GLIEBE, John. Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. December 2012. Vol. 46, no. 10, p. 1730–1740. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.07.005>.
9. CAULFIELD, Brian, O'MAHONY, Margaret, BRAZIL, William and WELDON, Peter. Examining usage patterns of a bike-sharing scheme in a medium sized city. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. June 2017. Vol. 100, p. 152–161. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.023>.
10. KRENN, Patricia Jasmin, OJA, Pekka and TITZE, Sylvia. Route choices of transport bicyclists: a comparison of actually used and shortest routes. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. March 2014. Vol. 11, p. 31 Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1479-5868-11-31>.
11. CAMPOS-SÁNCHEZ, Francisco Sergio, VALENZUELA-MONTES, Luis Miguel, and ABARCA-ÁLVAREZ, Francisco Javier. Evidence of Green Areas, Cycle Infrastructure and Attractive Destinations Working Together in Development on Urban Cycling. *Sustainability*. 2019. 11(17), 4730. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su11174730>.
12. PAJARITO GRAJALES, Diego Fabian, DEGBELO, Auriol and GOULD, Michael. Collaboration or competition: The impact of incentive types on urban cycling.

- International Journal of Sustainable Transportation*. 2020. Vol. 14, no. 10, p. 761–776. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15568318.2019.1627619>.
13. BENITO DEL POZO, Paz, SERRANO, Néstor and MARQUÉS-SÁNCHEZ, Pilar. Social networks and healthy cities: spreading good practices based on a spanish case study. *Geographical Review*. October 2017. Vol. 107, no. 4, p. 624–639. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2016.12210.x>.
  14. VELASCO, Lara, ROJO, Marta, GONZALO-ORDEN, Hernán and DIEZ, Jose María. Safety issues with elderly cyclists and barriers to cycling. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer*. June 2015. Vol. 168, no. 2, p. 87–95. Disponible en: <https://doi.org/10.1680/muen.14.00003>.
  15. ROMERO, Juan P., MOURA, Jose L., IBEAS, Angel and ALONSO, Borja. A simulation tool for bicycle sharing systems in multimodal networks. *Transportation Planning and Technology*. August 2015. Vol. 38, no. 6, p. 646–663. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03081060.2015.1048946>.
  16. ARNAU-SALVADOR, Rosa, HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Vicenç, CIRER-SASTRE, Rafel, CORBI-SOLER, Francisco and REVERTER-MASIA, Joaquín. Physical Activity from Cycling and Effects on the Mediterranean Diet. Project: Asisa. *Acta Medica Mediterranea*. July 2019. Vol. 35, no. 4, p. 1893–1896. Disponible en:
  17. PUCHER, John and BUEHLER, Ralph. Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*. July 2008. Vol. 28, no. 4, p. 495–528. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01441640701806612>.
  18. OCU. Estudio de las condiciones de circulación ciclista en 11 ciudades españolas. *Compra Maestra*. 2013. Vol. 384.
  19. GANAU I CASAS, Joan and VILAGRASA I IBARZ, Joan. Ciudades medias en España: posición en la red urbana y procesos urbanos recientes. In: CAPEL SÁEZ, Horacio (ed.), *Ciudades medias en España* [online]. Caja Rural Intermediterránea, Cajamar, 2003. p. 37–73. Mediterráneo Económico: “Ciudades, arquitectura y espacio urbano,” 3.
  20. LÓPEZ TRIGAL, Lorenzo. *Diccionario de términos sobre la ciudad y lo urbano*. Madrid: Biblioteca Nueva, 2010. ISBN 978-84-9940-089-1.
  21. CASTILLO-MANZANO, José I. and SÁNCHEZ-BRAZA, Antonio. Managing a smart bicycle system when demand outstrips supply: the case of the university community in Seville. *Transportation*. February 2013. Vol. 40, no. 2, p. 459–477. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11116-012-9424-7>.
  22. MENGHINI, G., CARRASCO, N., SCHÜSSLER, N. and AXHAUSEN, K. W. Route choice of cyclists in Zurich. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. November 2010. Vol. 44, no. 9, p. 754–765. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.07.008>.
  23. NUNES DE SOUSA, Isabel-Cristina and DA PENHA-SANCHES, Suely. Factores que inciden en la elección de ruta por parte de los ciclistas. *Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales*. January 2019. Vol. 45, no. 134, p. 31–52.
  24. SEGADILHA, Ana Beatriz Pereira and DA PENHA-SANCHES, Suely. Identification of Factors that Influence Cyclists’ Route Choice. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. December 2014. Vol. 160, p. 372–380. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.149>.
  25. COOPER, Crispin H. V. Predictive spatial network analysis for high-resolution transport modeling, applied to cyclist flows, mode choice, and targeting investment. *International Journal of Sustainable Transportation*. November 2018. Vol. 12, no. 10, p. 714–724. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1432730>.
  26. HILLIER, Bill and HANSON, Julienne. *The Social Logic of Space* [online]. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. ISBN 978-0-521-36784-4.
  27. HILLIER, Bill, YANG, Tao and TURNER, Alasdair. Normalising least angle choice in Depthmap - and how it opens up new perspectives on the global and local

- analysis of city space. *The Journal of Space Syntax*. 28 December 2012. Vol. 3, no. 2, p. 155-193-193.
28. MANUM, Bendik and NORDSTROM, Tobias. Integrating bicycle network analysis in urban design: Improving bikeability in Trondheim by combining space syntax and GIS-methods using the place syntax tool. In: *Proceedings of the 9th International Space Syntax Symposium*. Seoul, 2013. p. 1-14.
  29. LAW, Stephen, SAKR, Fernanda Lima and MARTINEZ, Max. Measuring the Changes in Aggregate Cycling Patterns between 2003 and 2012 from a Space Syntax Perspective. *Behavioral Sciences*. September 2014. Vol. 4, no. 3, p. 278-300. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/bs4030278>.
  30. BAZZONI, Filippo, CHOUBASSI, Rawad, ERRERA, Efrem and SCARNERA, Francesco. Correlation between Space Syntax and Vehicle Traffic Volumes. *Issuu*. 2019.
  31. ORELLANA, Daniel and GUERRERO, Maria L. Exploring the influence of road network structure on the spatial behaviour of cyclists using crowdsourced data. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*. September 2019. Vol. 46, no. 7, p. 1314-1330. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/2399808319863810>.
  32. RAFORD, Noah, CHIARADIA, Alain and GIL, Jorge. Space Syntax: The Role of Urban Form in Cyclist Route Choice in Central London. *UC Berkeley: Safe Transportation Research & Education Center*. April 2007.
  33. RYBARCZYK, Greg and WU, Changshan. Examining the Impact of Urban Morphology on Bicycle Mode Choice. *Environment and Planning B: Planning and Design*. April 2014. Vol. 41, no. 2, p. 272-288. Disponible en: <https://doi.org/10.1068/b37133>.
  34. LAMONDIA, Jeffrey J. and MOORE, Nathan. Using Bicycle Level of Service for Decision Making: Comparison of Common Bicycle Level-of-Service Measures, Roadway Characteristics, and Perceived Bike Route Suitability. *Transportation Research Record*. 2019. Vol. 2520, no. 1, p. 123-131. Disponible en: <https://doi.org/10.3141/2520-14>.
  35. STINSON, Monique A. and BHAT, Chandra R. Commuter Bicyclist Route Choice: Analysis Using a Stated Preference Survey. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. January 2003. Vol. 1828, no. 1, p. 107-115. Disponible en: <https://doi.org/10.3141/1828-13>.
  36. BUEHLER, Ralph and DILL, Jennifer. Bikeway Networks: A Review of Effects on Cycling. *Transport Reviews*. January 2016. Vol. 36, no. 1, p. 9-27. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1069908>.
  37. AYUNTAMIENTO DE GRANADA. *Plan de Movilidad Urbano Sostenible (PMUS) de Granada*. 2013.
  38. MARTÍN, J. E. M. *Andalusian Bicycle Plan*. 2013. Consejería de Fomento y Vivienda, Junta de Andalucía. Sevilla, España.
  39. MARQUÉS, R., HERNÁNDEZ-HERRADOR, V., CALVO-SALAZAR, M. and GARCÍA-CEBRIÁN, J. A. How infrastructure can promote cycling in cities: Lessons from Seville. *Research in Transportation Economics*. November 2015. Vol. 53, p. 31-44. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.10.017>.
  40. GOOGLE EARTH. Vista aérea de la ciudad de Granada (España). Marzo 2019. Localización: latitud: 37,177336°, longitud: -3,598557°, altura de la cámara: 9km.
  41. HILLIER, Bill. *Spatial Configuration and Use Density at the Urban Level: Towards a Predictive Model*. London: Science and Engineering Research Council (SERC), Barlett School of Architecture and Planning (UCL), 1986.
  42. SARJALA, Satu. Built environment determinants of pedestrians' and bicyclists' route choices on commute trips: Applying a new grid-based method for measuring the built environment along the route. *Journal of Transport Geography*. June 2019. Vol. 78, p. 56-69. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.05.004>.

43. VAN LOON, Josh, FRANK, Lawrence D., NETTLEFOLD, Lindsay and NAYLOR, Patti-Jean. Youth physical activity and the neighbourhood environment: Examining correlates and the role of neighbourhood definition. *Social Science & Medicine*. March 2014. Vol. 104, p. 107-115. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2013.12.013>.
44. WINTERS, Meghan, BRAUER, Michael, SETTON, Eleanor M. and TESCHKE, Kay. Built Environment Influences on Healthy Transportation Choices: Bicycling versus Driving. *Journal of Urban Health*. December 2010. Vol. 87, no. 6, p. 969-993. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11524-010-9509-6>.
45. HILLIER, Bill and IIDA, Shinichi. Network and Psychological Effects in Urban Movement. In: COHN, Anthony G. and MARK, David M. (eds.), *Spatial Information Theory*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2005. p. 475-490. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-540-32020-3.
46. DILL, Jennifer L. Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking. In: *Transport Research Board 2004 Annual Meeting* [online]. Washington DC, USA, 2004.
47. RANDALL, Todd A. and BAETZ, Brian W. Evaluating Pedestrian Connectivity for Suburban Sustainability. *Journal of Urban Planning and Development*. March 2001. Vol. 127, no. 1, p. 1-15. Disponible en: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2001\)127:1\(1\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2001)127:1(1)).
48. TIMPERIO, Anna, BALL, Kylie, SALMON, Jo, ROBERTS, Rebecca, GILES-CORTI, Billie, SIMMONS, Dianne, BAUR, Louise A. and CRAWFORD, David. Personal, Family, Social, and Environmental Correlates of Active Commuting to School. *American Journal of Preventive Medicine*. January 2006. Vol. 30, no. 1, p. 45-51. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2005.08.047>.
49. SENER, Ipek, ELURU, Naveen and BHAT, Chandra. An Analysis of Bicyclists and Bicycling Characteristics: Who, Why, and How Much are they Bicycling? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. January 2009. Vol. 2134, p. 63-72.
50. LÓPEZ-ROLDÁN, Pedro and FACHELLI, Sandra. Análisis de regresión logística. *Metodología de la investigación social cuantitativa*. 2016.
51. KLEINBAUM, David G., and KLEIN, Mitchel (2010). *Logistic Regression: A Self-Learning Text* (3.a ed.). Springer-Verlag. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1742-3>.
52. RODRÍGUEZ-LÓPEZ, Carlos, SALAS-FARIÑA, Zeus M., VILLA-GONZÁLEZ, Emilio, BORGES-COSIC, Milkana, HERRADOR-COLMENERO, Manuel, MEDINA-CASAUBÓN, Jesús, ORTEGA, Francisco B. and CHILLÓN, Palma. The Threshold Distance Associated with Walking from Home to School. *Health Education & Behavior*. December 2017. Vol. 44, no. 6, p. 857-866. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1090198116688429>.
53. GOOGLE STREET VIEW. Avenida de Andalucía, nº 38. Noviembre 2019.
54. GOOGLE STREET VIEW. Avenida de Fuentenueva, nº 11. Mayo 2021.
55. GOOGLE STREET VIEW. Camino de Ronda, nº 68. Octubre 2019.
56. GOOGLE STREET VIEW. Avenida de Dílar, nº 43. Octubre 2019.
57. GOOGLE STREET VIEW. Paseo de la Bomba, nº 16. Noviembre 2019.
58. GOOGLE STREET VIEW. Calle Elvira, nº 116. Julio 2018.
59. AULTMAN-HALL, Lisa. *Commuter bicycle route choice: analysis of major determinants and safety implications*. McMaster University, 1996.
60. DILL, Jennifer. Bicycling for Transportation and Health: The Role of Infrastructure. *Journal of Public Health Policy*. January 2009. Vol. 30, no. 1, p. S95-S110. Disponible en: <https://doi.org/10.1057/jphp.2008.56>.
61. NELSON, Arthur C. and ALLEN, David. If You Build Them, Commuters Will Use Them: Association Between Bicycle Facilities and Bicycle Commuting.

*Transportation Research Record*. January 1997. Vol. 1578, no. 1, p. 79-83.  
Disponible en: <https://doi.org/10.3141/1578-10>.

62. SEGADILHA, Ana Beatriz Pereira and DA PENHA-SANCHES, Suely. Analysis of Bicycle Commuter Routes Using GPSs and GIS. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. December 2014. Vol. 162, p. 198–207. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.200>.

**Submetido: 21/09/2021**  
**Aceito: 15/10/2021**