

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

Treball de Final de Màster d'Estudis Territorials i de la Població

Curs: 2019-2020

Anàlisi de la relació entre disseny urbà i zones d'alta accidentalitat ciclista a Barcelona

Autor: Arnau Melé

Tutora: Carme Miralles Guasch

Cotutor: Guillem Vich Callejo

Bellaterra, 7 de juliol del 2020

Firma de la tutora

MARIA CARME
MIRALLES
GUASCH - DNI
39851421B

Firmado digitalmente
por MARIA CARME
MIRALLES GUASCH - DNI
39851421B
Fecha: 2020.07.06
15:01:36 +02'00'

Agraïments

Aquest treball no hagués possible sense l'ajuda i tutorització de Guillem Vich i Carme Miralles, els quals m'han guiat a l'hora d'arribar als meus objectius.

Resum

Crear un entorn segur per la bicicleta és la millor manera d'incentivar el seu ús. Aquest treball analitza factors explicatius com el volum de trànsit, l'entorn físic, la infraestructura ciclista i la velocitat permesa amb el nombre d'accidents de bicicleta a la ciutat de Barcelona l'any 2018, amb l'objectiu d'identificar quines de les variables influeixen més en l'accidentalitat ciclista. Els resultats indiquen que: en primer lloc, els volums de trànsit de vehicles, bicicletes i la presència de carrils de bicicleta estan fortament associats a una major accidentalitat ciclista. En segon lloc, els senyals i el nombre de carrils de circulació també presenten associacions significatives amb el nombre d'accidents tot i que no tan intenses. Per últim, s'ha comprovat com una menor velocitat permesa (30 km/h) redueix significativament l'accidentalitat ciclista.

Resumen

Crear un entorno seguro para la bicicleta es la mejor forma de incentivar su uso. Este trabajo analiza factores explicativos como el volumen de tránsito, entorno físico, infraestructura ciclista y la velocidad de los vehículos con el número de accidentes de bicicleta en la ciudad de Barcelona el año 2018, con el objetivo de identificar cuáles de estas variables están relacionadas con la accidentalidad ciclista. Los resultados indican: en primer lugar, los volúmenes de tránsito de vehículos, bicicletas y presencia de carriles de bicicletas están fuertemente asociados a una mayor accidentalidad ciclista. En segundo lugar, las señales y el número de carriles de circulación también presentan asociaciones significativas con el número de accidentes, pero no tan intensas. Por último, se ha comprobado que una menor velocidad permitida (30 km/h) se reduce significativamente la accidentalidad ciclista.

Abstract

Creating a safe environment for the bicycle is the best way to encourage its use. This work analyzes explanatory factors such as the volume of traffic, physical environment, cycling infrastructure and the speed of vehicles with the number of accidents involving cyclists in the city of Barcelona in 2018, with the aim of identifying which of these variables are related to cycling accidents. The results indicate: firstly, the volumes of vehicle traffic, bicycles and the presence of segregated bicycle lanes are strongly associated with a higher cyclist accident rate. Secondly, signs and the number of lanes of traffic also have significant associations with the number of accidents. Finally, it has been proved that a lower allowed speed (30 km /h) significantly reduces cycling accidents.

Índex

1. Introducció	5
2. Metodologia	8
2.1 Estudi de cas	8
2.2 Font de dades	8
2.3 Variables.	8
2.4 Anàlisi de les dades.....	11
3. Resultats	13
4. Discussió	17
5. Conclusió.....	20
6. Bibliografia.....	21

1. Introducció

El planejament de les ciutats durant la meitat del segle XX s'ha enfocat al voltant del vehicle privat, deixant en segon lloc els altres mitjans de transport com els públics o especialment els actius com la bicicleta (Litman, 2013). La ciutat pensada pel cotxe i a la seva velocitat apropa els territoris i promou la seva expansió en àrees metropolitanes extenses augmentant l'escala de la mobilitat quotidiana i dificultant l'ús dels altres mitjans de transport (Braçe, 2018). En aquest context la ciutat deixa de tenir escala humana i fa necessària els mitjans de transport motoritzats per desplaçar-se.

D'ençà de l'aparició del transport motoritzat com el cotxe i la motocicleta, la bicicleta com a mitjà de transport quotidià esdevingué minoritari i es va relegar a l'ús per finalitats recreatives. La re-emergència dels transports actius i públics es donarà als inicis del segle XXI a Barcelona amb l'assentament del canvi de paradigma que es produeix als anys 1970 amb la crisi del petroli, en el qual la modernitat deixa pas a la sostenibilitat (Miralles-Guasch & Cebollada, 2009). Aquest nou paradigma critica les externalitats negatives del cotxe com són la contaminació i els problemes de salut derivats, els quals no són adreçats en els models de mobilitat moderns i explora un model de mobilitat multimodal cap a formes de desplaçament més sostenibles (Litman, 2013). És en aquest moment quan la bicicleta per la seva manca d'externalitats negatives des del punt de vista mediambiental i pels seus beneficis per la salut s'erigeix com un mitjà de transport amb potencialitat suficient per competir amb el cotxe en desplaçaments quotidians inferiors als 5 km i amb unes característiques de relleu favorables (Urazán, Velandia, & Escobar, 2017).

S'ha demostrat que l'ús d'aquest mitjà de transport comporta beneficis per la salut física i mental, econòmics i en temps destinat als desplaçaments. En primer lloc, l'ús de la bicicleta està associat a diversos beneficis per la salut física i mental al reduir el risc de patir cardiopaties, obesitat, diabetis i càncer entre d'altres (Welsh et al., 2020). En segon lloc, l'ús d'aquest mitjà de transport té beneficis econòmics associats a reduir els costos del desplaçament i de manteniment en comparació als mitjans motoritzats com motocicletes o cotxes (Suero, 2010). En tercer lloc, l'ús de la bicicleta redueix: la dependència del cotxe, l'espai destinat a l'aparcament, la contaminació i la congestió de trànsit (Chen, 2015). Per últim, la bicicleta combinada amb el transport públic l'ajuda a

guanyant competitivitat per l'augment de la velocitat porta-porta respecte del cotxe i la reducció del temps de desplaçament (Martens, 2007).

Tot i això, les ciutats actuals presenten característiques com les llargues distàncies entre activitats quotidianes i la manca d'una infraestructura viària segura que dificulten l'ús i el desplegament de la bicicleta com a mitjà de transport emprat pels desplaçaments quotidians. La ciutat actual ha estat planificada i ordenada segons esquemes de metropolitanització i baixa densitat, característiques principals del moviment modern (Neumann, 2011). La monopolització de l'espai públic per part del cotxe ha desplaçat a la bicicleta a la pràctica desaparició en l'espai públic urbà (Neumann, 2011). Aquesta manca d'espai ha provocat que l'increment de l'ús de la bicicleta que ha sorgit a l'inici del s.XXI presenti molts problemes d'interacció en l'espai amb la conseqüència d'un augment de la sinistralitat. Per tal de reduir aquesta problemàtica s'han engegat un seguit de polítiques públiques que han tingut problemes importants per la manca d'una infraestructura específica en forma de carrils segregats o senyalització que protegeixi al ciclista enfront del cotxe (Hamann & Peek-Asa, 2013). A més a més, en ciutats altament motoritzades on la bicicleta és considerada transport recreatiu, les zones habilitades per aquest mitjà de transport solen estar segregades i inconnexes en parcs i passejos (Loo & Tsui, 2010). En aquest sentit, l'estudi de l'entorn urbà és un dels passos més importants per determinar els factors de cada ciutat que contribueixen més a l'accidentalitat ciclista.

Per tal de disminuir l'accidentalitat ciclista i fer més competitiva la bicicleta, nombrosos estudis han analitzat la relació entre la intensitat d'accidents de bicicleta i l'entorn urbà que els envolta. Segons els diferents autors, les característiques que influeixen a grans trets en un augment de la probabilitat d'accident són: l'entorn físic, les característiques sociodemogràfiques i les característiques/disseny de la calçada (Chen et al., 2018). Dins d'aquests grups generals existeixen variables més específiques definides com a essencials per la seguretat ciclista: el volum de trànsit de vehicles (Romanow et al., 2012; Strauss, Miranda-Moreno, & Morency, 2013), la velocitat del trànsit (Castro, 2019; Merlin, Guerra, & Dumbaugh, 2020), la densitat de població (Huang, Abdel-Aty, & Darwiche, 2010; Osama & Sayed, 2017), les interseccions (Chen, 2015; Chen et al., 2018; Strauss et al., 2013), els senyals de trànsit (Chen, 2015; Chen et al., 2018; Romanow et al., 2012) i la presència/connectivitat dels carrils de bicicletes (Osama & Sayed, 2016).

Segons la bibliografia esmentada, els principals factors que determinen els accidents varien en funció de la ciutat i del mètode analític. En primer lloc, el volum de trànsit com

a factor determinant de l'accidentalitat destaca l'anàlisi efectuat per Romanow et al (2012), el qual proposa que el volum de vehicles en circulació comporta una major accidentalitat però dependent sempre de la morfologia del carrer. Si el carrer presenta forma d'autopista urbana hi ha menys accidents, ja que no es dona oportunitat a la bicicleta per circular. En segon lloc, la velocitat permesa dels vehicles és un factor determinant en l'accidentalitat segons l'anàlisi efectuat per Castro (2019), on el factor d'una menor velocitat dels vehicles produeix una disminució de l'accidentalitat ciclista i un increment del nombre de ciclistes. En tercer lloc, la densitat de població també és un factor determinant segons l'anàlisi efectuat per Huang et al (2010), el qual confirma que les zones amb més densitat de població presenten més risc d'accident i més freqüència. En cinquè lloc, les interseccions són un factor important en l'accidentalitat segons l'anàlisi realitzat per Chen et al (2018), el qual culpa als angles secs dels girs dels vehicles motoritzats i bicicletes com a causa de l'accidentalitat. Sí el gir és més curt, l'accidentalitat és menor. En sisè lloc, els senyals de trànsit són un factor que també s'associa amb l'accidentalitat ciclista tal i com analitza Chen (2015), el qual confirma que els carrers i les interseccions amb una densitat de senyals major, presenten més accidents de cotxe que els carrers amb una densitat de senyals baixa. Per últim, pel que fa als carrils de bicicleta, segons l'anàlisi efectuat per Osama & Sayed, (2016), es proposa que aquest és un factor clau en l'accidentalitat, ja que són elements que atrauen oferta i per tant, són zones on el volum ciclista és molt elevat. A més a més, l'accidentalitat s'agreuja si els carrils de bicicleta presenten discontinuïtats en l'espai.

Aquest treball pretén seguir els treballs realitzats a altres ciutats i exportar una metodologia similar a la ciutat de Barcelona on la bibliografia sobre les bicicletes i la seva accidentalitat no és tan àmplia com en països del nord d'Europa. Per aquest motiu, aquest document té com a objectiu analitzar, relacionar i identificar quines variables que són definitòries del disseny urbà es troben implicades amb l'accidentalitat ciclista a Barcelona. Per tal d'aconseguir aquest objectiu s'ha fet una comparació de mitjanes entre variables que defineixen el disseny urbà i la variable accidents de trànsit.

2. Metodologia

2.1 Estudi de cas

El context territorial per analitzar els factors que determinen l'accidentalitat ciclista és la ciutat de Barcelona. Aquesta és una ciutat amb una densitat de població elevada i amb un espai públic limitat, la qual cosa genera problemes de cohabitació i interacció entre les activitats que ocorren en l'espai. Un dels àmbits que reflecteix el problema de la interacció de les activitats és la mobilitat, en aquest cas la manifestació del problema es dona majoritàriament en forma d'accidents entre els diferents mitjans de transport. A Barcelona l'any 2018 es van produir 782 accidents de bicicleta amb 1 víctima mortal, 19 víctimes greus i 901 víctimes lleus (Ajuntament de Barcelona, 2018).

2.2 Font de dades

Les dades dels accidents han estat extretes a partir del portal web Open Data Barcelona i del Cens del 2011.

1. Open Data Barcelona. Aquest geoportal de dades obertes de l'Ajuntament de Barcelona permet la descàrrega de bases de dades i informació geolocalitzada del municipi de Barcelona. Aquest domini ha aportat al present treball les dades geolocalitzades dels accidents de bicicletes, les intensitats mitjanes diàries de vehicles i bicicletes de les artèries principals, el nombre de senyals, l'estacionament exterior, el nombre d'interseccions, el nombre de carrils en calçada, la presència de carrils de bicicletes, la presència de zones ciclables i la presència de zones 30.
2. Cens de 2011 ha permès obtenir les dades de la densitat de població a escala de secció censal.

2.3 Variables.

Les variables utilitzades s'han dividit en 5 grups: els *accidents*, els *volums del trànsit*, l'*entorn físic*, la *infraestructura ciclista* i la *velocitat permesa*. La utilització d'aquests grups de variables respon a la necessitat d'agrupar les variables i així permetre una comprensió molt més senzilla dels resultats. Els accidents seran compresos pels *accidents de bicicleta* i la *densitat d'accidents de bicicleta*. Els volums inclouen, la *intensitat mitjana diària de vehicles* i la *intensitat mitjana diària de bicicletes*. L'entorn físic comprèn: la *densitat de població*, el *nombre de senyals*, el *nombre d'interseccions*, el *nombre de carrils en calçada*, l'*estacionament exterior* i el *nombre de comerços*. La

infraestructura ciclista es componrà per *la presència de carrils de bicicletes* i *la presència de zones ciclables*. Per últim, la *velocitat permesa* es mesurarà mitjançant la *variable de presència de zones 30*.

La major part de les variables s'han categoritzat en tres grups: alt, mitjà i baix (veure la Taula 1), excepte les que marquen presència o no de l'element.

Taula 1: Descripció de les variables de l'estudi.

Variables	Definició
Accidents de bicicleta	Nombre d'accidents de bicicleta per cel·la, 3 categories: baix/nul (0 accidents/cel·la), moderat (1-3 accidents/cel·la) i alt (>4 accidents/cel·la)
Densitat d'accidents de bicicleta	Nombre d'accidents per hectàrea, 3 categories: baixa (≤ 36 accidents/cel·la), moderat (37-71 accidents/cel·la) i alt (>71 accidents/cel·la)
Densitat de població	Densitat per secció censal o mitjana de valors dins de la cel·la 3 categories baixa (≤ 12076 hab/hec), mitjana (12077-35096 hab/hec) i alta (>35096 hab/hec)
Intensitat mitjana de bicicletes	Intensitat mitjana diària bicicletes de les estacions aforament d'un dilluns tipus de novembre del 2018, 3 categories: baixa (≤ 535 bicis/dia), moderada (536-1351 bicis/dia) i alta (>1351 bicis/dia)
Intensitat mitjana de vehicles	Intensitat mitjana diària cotxes de les estacions aforament d'un dilluns tipus de novembre del 2018, 3 categories: baixa (≤ 11693 cotxes/dia), moderada (11694-26977 cotxes/dia) i alta (>26977 cotxes/dia).
Nombre de senyals	Nombre de senyals de trànsit per cel·la, 3 categories: baix (≤ 20 senyals/cel·la), mitjà (21-40 senyals/cel·la) i alt (>40 senyals/cel·la)
Nombre interseccions	Nombre de nodes de la xarxa viària per cel·la, 4 categories: baix (≤ 6 nodes/cel·la), moderat (7-13 nodes/cel·la) i alt (>13 nodes/cel·la)
Nombre de carrils de la calçada	Nombre de carrils de cotxe/bus o bicicleta per cel·la 3 categories: baix (≤ 3 carrils/cel·la), moderat (4-8 carrils/cel·la) i alt (>8 carrils/cel·la).
Estacionament exterior	Nombre de places d'aparcament en superfície, 3 categories: baix (≤ 2 places/cel·la), mitjà (3-11 places/cel·la) i alt (>11 places/cel·la).
Nombre de comerços	Nombre de locals comercials per cel·la, 3 categories: baix (≤ 7 locals/cel·la), moderat (8-19 locals/cel·la) i alt (>19 locals/cel·la)
Presència de carrils de bicicletes	Presència o no de carrils segregats de bicicletes per cel·la
Presència de zones ciclables	Presència o no de zones ciclables per cel·la
Presència de zones 30	Presencia de zona amb una velocitat ≤ 30 o velocitat superior

Font: elaboració pròpia

Accidents

La variable que representa els *accidents de bicicleta* recull tots els accidents que hi ha hagut a Barcelona durant l'any 2018. La tipologia d'accident ha pogut ser bicicleta-bicicleta, bicicleta-vianant o bicicleta-cotxe. En canvi, la variable *densitat d'accidents de bicicleta* és una altra representació final de la variable *accidents de bicicleta*. La *densitat d'accidents de bicicleta* proporciona les dades de la densitat d'accidents/hectàrees i prové d'un mapa de calor de 250 metres de radi que calcula la densitat de punts representant les diferents zones de densitat en un diàmetre de 500 metres. Les tres categories existents estan categoritzades a partir d'interval iguals tal i com es mostra a la Taula 1. Aquesta

variable permet localitzar i delimitar les zones on hi ha més accidents per poder posteriorment analitzar-les.

Volums de trànsit.

Les dades de les dues variables *intensitat mitjana diària de cotxes* i de *bicicletes* permeten analitzar el volum de trànsit en una zona per determinar si hi ha més o menys demanda de l'espai viari. La informació s'ha extret a partir de les diferents estacions d'aforament de mesura del trànsit que l'Ajuntament de Barcelona té als principals eixos viaris de la ciutat. La informació del volum diari tant de bicicletes com de cotxes en cas que un mateix carrer tingui més d'una estació d'aforament s'ha decidit realitzant una mitjana entre la informació de les diferents estacions. Les dades tenen temporalitat anual i es corresponen a la mitjana diària de trànsit dels dilluns tipus d'octubre del 2018. S'ha escollit l'octubre per ser un mes on la major part dels dies són laborables i les dades no es mostren modificades per festius llargs com Nadal o Setmana Santa. Per tal de representar la variable a la malla, s'ha hagut de fer un "buffer" de la capa dels carrers de Barcelona amb una mida de línia de 20 metres, una amplada similar a un carrer estàndard de l'eixample. El valor de la *intensitat mitjana diària de trànsit*, tant de *cotxes* com de *bicicletes* per estació d'aforament, s'ha unificat amb el "buffer" i s'ha inserit mitjançant una suma dels valors de trànsit dins de les cel·les. Per últim, aquestes variables s'han categoritzat mitjançant el percentil 33% i contant els valors 0 com a nuls, ja que no es disposa de la informació del volum del trànsit de tots els carrers

Entorn físic.

La *densitat de població* prové de les dades del Cens del 2011 i permet analitzar la demanda potencial de l'espai públic. En un inici donen la perspectiva de tota l'àrea metropolitana per secció censal. Mitjançant un "clip" s'ha utilitzat només les dades dins del límit municipal de Barcelona. Les dades s'han adaptat a la malla mitjançant una mitjana dels diferents valors que es troben inscrits dins de la cel·la i s'han categoritzat en forma del percentil 33%.

La variable *nombre d'interseccions* indica si hi ha més o menys encreuaments en cada cel·la. El *nombre de senyals* informa sobre les diferents interrupcions o activitats existents als vorals de l'espai viari. El *nombre de carrils en calçada* presenta les dades de capacitat del carrer per a vehicles. En canvi el *nombre de comerços* informen sobre el volum potencial de vianants a les voreres i les diferents activitats que s'interrelacionen en l'espai.

Per últim, l'*estacionament exterior* permet analitzar la visibilitat de la calçada i la vorera en zones com els passos de vianants o a l'hora d'estacionar. Totes aquestes variables han estat quantificades a partir de la suma dels elements per cada cel·la de la malla i categoritzades en forma del percentil 33%.

Infraestructura ciclista

La *presència de carrils de bicicletes* i la *presència de zones ciclables* es categoritzen per presència o no de l'element i permet analitzar com es comporta la infraestructura ciclista i en el cas dels carrils de bicicleta la infraestructura segregada.

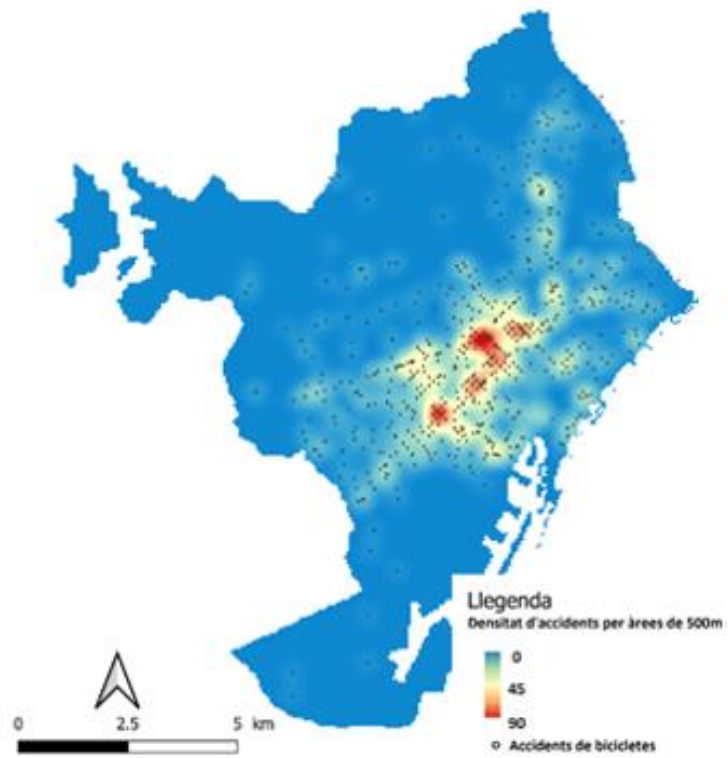
Velocitat permesa

La variable *presència de zones 30* recull les zones on la màxima velocitat és 30 km/h, quan no hi ha presència de l'element la velocitat serà superior. Les rondes de Barcelona i les àrees amb una velocitat superior a 50 km/h es comptaran com a valors nuls per la incompatibilitat de l'espai amb la presència de ciclistes.

2.4 Anàlisi de les dades

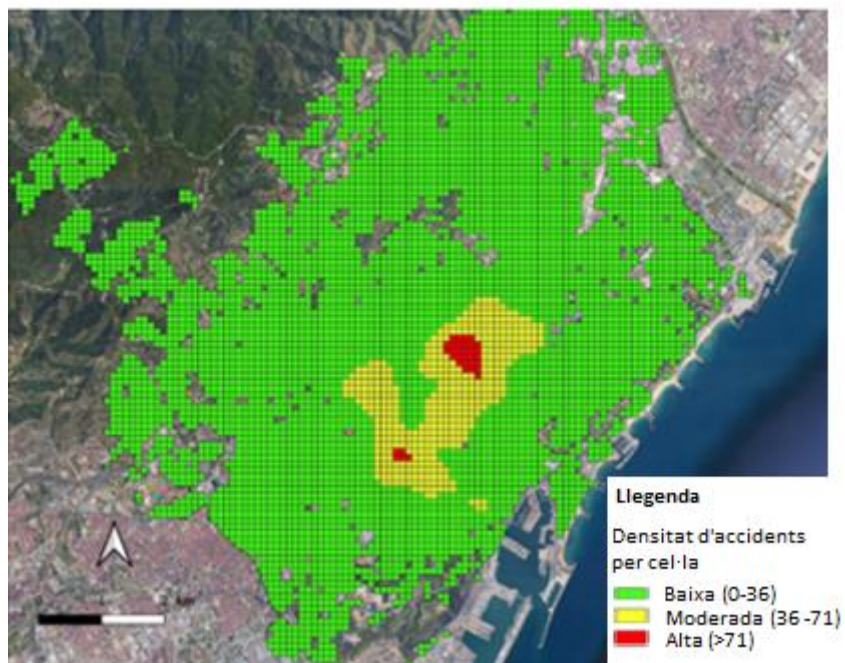
Per l'anàlisi de dades s'han produït dos processos amb l'objectiu de poder analitzar les variables explicatives primerament pel global de Barcelona i posteriorment en les zones de major densitat d'accidents. Per una banda, les dades de les variables s'han exportat i cartografiat en el software del Qgis, i s'han representat en una malla de quadrícula vectorial de 100x100. La finalitat de la malla és poder crear una taula a través dels atributs de cada cel·la que permeti tenir diferent informació temàtica per finalment comparar les dades amb el procediment de comparar mitjanes mitjançant el software SPSS. Per altra banda, un cop geolocalitzats els accidents a l'Arcmap s'ha fet un mapa de calor dels accidents amb un radi de 250 metres (Figura 1) que dona com a resultat la variable de *densitat d'accidents de bicicleta* de la ciutat de Barcelona. El mapa de calor ha permès delimitar les àrees amb una major accidentalitat i poder veure la influència de les variables explicatives en diferents zones de la ciutat segons la densitat d'accidents. Un cop representada, la capa ràster del mapa de calor es passa a vector inserint-lo a la malla (figura 2) ja creada i es categoritza en tres àrees de densitat tal i com s'indica a la Taula 1.

Figura 1: Densitat d'accidents de bicicleta a Barcelona



Font: elaboració pròpia amb Arcmap

Figura 2: Malla de densitat d'accidents de Barcelona



Font:elaboració pròpia amb Qgis

Les taules resultants de creuar les variables en la malla del Qgis s'han exportat al SPSS per ser analitzades. La variable *accidents de bicicleta* serà l'única variable dependent la qual s'analitzarà comparant-la amb les altres variables independents reclassificades segons la categoria alt, mitjà i baix o presència o no presència mitjançant el procediment de comparació de mitjanes. Aquest procés ha permès observar en quina categoria de les diferents variables hi ha més accidents de bicicletes i considerar si existeix o no significació entre les diferents variables. En primer lloc, es va procedir a analitzar l'accidentalitat pel conjunt de Barcelona i acte seguit per nivells de densitat d'accidents. Per últim, els resultats del SPSS es van presentar en forma de dues taules de contingència, la primera (Taula 2) representarà els resultats generals pel global de Barcelona i la segona (Taula 3) contindrà els resultats de les diferents àrees de densitat delimitades.

3. Resultats

Segons les dades aportades per l'anàlisi bivariada de la Taula 2, s'observa que la major part de les variables d'anàlisi del conjunt de Barcelona es troben associades amb el nombre d'accidents. Com més alt és el nivell de cada categoria de les variables seleccionades, més accidents amb ciclistes involucrats es produeixen. Les àrees de la ciutat que recullen les cel·les amb més *densitat de població, intensitat mitjana diària tant de vehicles com de bicicletes, nombre d'interseccions, nombre de carrils en calçada, estacionament exterior i nombre de comerços* es troben associades a una presència més alta d'accidents. A més a més, també es troba associat amb una major presència d'accidents si la cel·la conté un carril de bicicletes. En canvi, les variables *presència de zones ciclables i presència de zones 30* es troben associades a una menor presència d'accidents. Per últim, el *nombre de senyals* presenta una associació en forma de "U", ja que concentra els màxims en valors mitjans (21-41 senyals/cel·la).

Taula 2: Nombre d'accidents per cel·la a la ciutat de Barcelona

Variable independent	Categoria	Mitjana d'accidents	N	Desv. Desviació	Significació (combinat)
Volums de trànsit					
Intensitat mitjana diària de bicicletes	Baix (≤ 535)	0,07	657	0,269	0,000*
	Mitjana(536-1351)	0,18	629	0,545	
	Alt(>1351)	0,40	642	0,890	
Intensitat mitjana diària de cotxes	Baix (≤ 11693)	0,09	982	0,337	0,000*
	Mitjana (11694 - 26977)	0,12	983	0,479	
	Alt (>26977)	0,30	981	0,757	
Entorn físic					
Densitat mitjana de població	Baix (≤12076)	0,05	2005	0,262	0,000*
	Mitjana (12077- 35096)	0,13	2004	0,474	
	Alt (>35096)	0,16	2004	0,567	
Nombre de senyals	Baix (≤20)	0,07	2445	0,344	0,000*
	Mitjà (21-40)	0,17	1832	0,600	
	Alt (>40)	0,11	1747	0,407	
Nombre d'interseccions	Baix (≤6)	0,11	5946	0,457	0,017*
	Mitjà (7-13)	0,08	74	0,275	
	Alt (>13)	0,75	4	0,500	
Nombre de carrils en calçada	Baix (≤3)	0,07	4079	0,330	0,000*
	Mitjà(4-8)	0,13	943	0,496	
	Alt (>8)	0,27	1002	0,733	
Estacionament exterior	Baix (≤ 2)	0,05	2068	0,257	0,000*
	Mitjà (3 - 11)	0,12	2118	0,459	
	Alt (>11)	0,18	1838	0,594	
Nombre de comerços	Baix (≤7)	0,05	3153	0,264	0,000*
	Mitjà (8-19)	0,18	1454	0,591	
	Alt (>19)	0,19	1417	0,590	
Infraestructura ciclista					
Presència de carrils bici	Sí	0,19	1578	0,620	0,000*
	No	0,09	4446	0,376	
Presència de zones Ciclables	Sí	0,08	2040	0,333	0,000*
	No	0,13	3973	0,506	
Velocitat permesa					
Presència de zones 30	Sí	0,10	2309	0,385	0,025*
	No	0,12	3715	0,493	

Font: elaboració pròpia a partir del SPSS

*Valors estadísticament significatius al 95% de nivell de confiança

En l'anàlisi de diferent concentració d'accidents de la Taula 3, és remarcable assenyalar que la zona de baixa densitat d'accidents mostra uns valors similars a la Taula 2, amb associacions amb la major part de les variables. Tot i això, la variable *presència de zones ciclables* sí que presenta variació respecte a la Taula 2, ja que no s'associa amb els accidents de bicicleta. Per contra, en la zona de mitjana i d'alta densitat d'accidents, la major part de les variables no presenten una associació significativa.

Taula 3: Nombre d'accidents per categories de densitat per cel·la a la ciutat de Barcelona

Variable independent	Categoria	Densitat mitjana d'accidents per cel·la					
		Baixa	Sig.	Mitjana	Sig.	Alta	Sig.
Volums del trànsit							
Intensitat mitjana diària de cotxes	Baix (≤ 11693)	0,06		0,35		1,25	
	Mitjana (11693 - 26977)	0,10	0,000*	0,13	0,000*	1,54	0,776
	Alt (>26977)	0,14		0,61		1,06	
Intensitat mitjana diària de bicicletes	Baix (≤ 535)	0,06		0,41		0,00	
	Mitjana (535-1351)	0,15	0,000*	0,40	0,207	1,33	0,327
	Alt (>1351)	0,21		0,57		1,44	
Entorn físic							
Densitat de població	Baix (≤ 12076)	0,04		0,50		-	
	Mitjana (12077-35096)	0,08	0,000*	0,47	0,838	1	0,366
	Alt (>35096)	0,01		0,53		1,56	
Nombre de senyals	Baix (≤ 20)	0,05		0,62		3	
	Mitjà (20-40)	0,10	0,000*	0,84	0,000*	1,56	0,630
	Alt (>40)	0,09		0,17		0,6	
Nombre interseccions	Baix (≤ 6)	0,08		0,5		1,26	
	Mitjà (7-13)	0,08	0,000*	-	-	-	-
	Alt (>13)	0,75		-		-	
Nombre de carrils en calçada	Baix (≤ 3)	0,07		0,33		2,00	
	Mitjà (4-8)	0,10	0,001*	0,23	0,001*	1,15	0,818
	Alt (>8)	0,11		0,62		1,26	
Estacionament exterior	Baix (≤ 2)	0,03		0,69		0,5	
	Mitjà (3 - 11)	0,1	0,001*	0,51	0,348	1,22	0,215
	Alt (>11)	0,11		0,46		1,35	
Nombre de comerços	Baix (≤ 7)	0,04		0,53		-	
	Mitjà (8-19)	0,12	0,000*	0,58	0,445	1,82	0,215
	Alt (>19)	0,12		0,45		1	
Infraestructura ciclista							
Presència Carrils bici	Si	0,11	0,000*	0,52	0,675	1,38	0,487
	No	0,07		0,48		0,88	
Presència zones Ciclables	Si	0,07	0,064	0,44	0,557	0	0,479
	No	0,08		0,51		1,3	
Velocitat permesa							
Presència de zones 30	Si	0,09	0,021*	0,37	0,283	-	-
	No	0,07		0,52		1,26	

Font: elaboració pròpia a partir del SPSS

*Valors estadísticament significatius al 95% de nivell de confiança

Tal com indica la Taula 3, la zona de baixa densitat d'accidents (≤ 36 accidents/cel·la) presenta una associació similar a la Taula 2 amb el nombre d'accidents més alt a més intensitat mitjana diària de vehicles. En canvi, aquesta variable en zones de densitat mitjana d'accidents presenta un resultat en forma de "n", ja que els accidents es concentren en alts volums de trànsit (>26977 vehicles/cel·la) i la mínima concentració d'accidents es presenta en volums mitjans (11693 – 26977 vehicles/cel·la). Per altra banda, en les zones d'alta densitat d'accidents (>71 accidents/cel·la), l'accidentalitat es concentra en volums d'intensitat mitjana diària de vehicles mitjans (11693 – 26977 vehicles/cel·la). En canvi, en la intensitat mitjana diària de bicicletes els accidents es

clusteritzen on hi ha més volum de bicicletes en totes les àrees analitzades. En aquest cas i a diferència de la *intensitat mitjana diària de vehicles*, la variable *intensitat mitjana diària de bicicletes* en les categories mitjana (37-71 accidents/cel·la) i alta (>71 accidents/cel·la), la densitat d'accidents no presenten associacions significatives.

Pel que fa a les variables que defineixen l'*entorn físic* presenten una disparitat pel que fa als resultats. Per una banda, la *densitat de població* no presenta associació amb els *accidents de bicicleta* a les zones amb una densitat d'accidents moderada (37-71 accidents/cel·la) i alta (>71 accidents/cel·la). El mateix procés esdevé característic de les variables *nombre d'interseccions*, *estacionament exterior* i *nombre de comerços*. Aquesta última, tot i que no és significativa, és remarcable que totes les àrees de Barcelona que s'han analitzat, els *accidents de bicicleta* sempre es concentren quan el valor d'aquesta variable és mitjà (8-19 locals/cel·la). Per altra banda, el *nombre de senyals* i el *nombre de carrils en calçada* són variables que es troben associades als *accidents de bicicleta*. En primer lloc, en el *nombre de senyals* s'observa que els accidents es concentren en valors mitjans (20-40 senyals/cel·la), excepte en les zones d'alta densitat d'accidents (>71 accidents/cel·la), on els accidents es concentren quan hi ha un nombre baix de senyals (≤ 20 senyals/cel·la). En segon lloc, en el *nombre de carrils en calçada* s'observa que els *accidents de bicicleta* es concentren en la categoria alta (>8 carrils /cel·la) excepte en les zones d'alta densitat d'accidents (>71 accidents/cel·la), on els *accidents de bicicleta* es concentren en zones amb un nivell de carrils baix (≤ 3 carrils/cel·la).

Pel que fa a la *infraestructura ciclista*, els resultats obtinguts en les diferents taules indiquen que el fet que hi hagi presència o no d'infraestructura ciclista influeix significativament en l'accidentalitat ciclista. Pel que fa a la *presència de carrils bici*, les dades obtingudes a la Taula 3 reforcen els resultats de la Taula 2 i corroboren que les cel·les amb *presència de carrils de bicicletes* concentren un major nombre d'accidents. Per contra, la *presència de zones ciclables* no mostra una associació evident respecte el nombre d'accidents, tot i que els resultats sí que presenten una lleugera tendència a ser zones amb una concentració d'accidents menor respecte a zones sense aquesta qualificació.

Per últim, els resultats obtinguts a les diferents taules indiquen que la *velocitat permesa* influeix en l'*accidentalitat de bicicletes*. La variable *presència de zones 30* a la Taula 3 es comporta de forma similar als resultats exposats a la Taula 2, mostrant una clara tendència a la disminució dels *accidents de bicicleta* quan hi ha presència de l'element.

El fet que no aparegui l'element en zones de densitat d'accidents mitjana (37-71 accidents/cel·la) i alta (>71 accidents/cel·la), corrobora l'efecte de disminució del nombre d'accidents.

4. Discussió

Aquest treball ha tingut com a objectiu determinar com els factors del disseny urbà estan relacionats amb l'accidentalitat de bicicletes a Barcelona per tal d'identificar quines són les variables que impacten tant positivament com negativament en aquest fenomen. Segons els resultats, la problemàtica d'analitzar Barcelona han estat les grans diferències del teixit urbà de la ciutat i de les seves activitats en l'espai. Tot i això, els resultats apunten que les principals variables que s'associen amb els accidents de bicicleta són: la *intensitat mitjana diària de vehicles*, el *nombre de senyals*, i el *nombre de carrils per calçada*, ja que són significatives en zones de baixa i mitjana densitat d'accidents. A més a més, altres variables com la *velocitat permesa* o la *presència de carrils de bicicleta segregats* han demostrat tenir un impacte en el nombre d'*accidents de bicicleta*. Per últim, cal destacar que quan s'analitzen les zones de densitat d'accidents alta, la major part de les variables no són significatives.

Els resultats més significatius es troben en les variables que expressen els volums sobretot a les *intensitats mitjanes diàries de vehicles i en menor mesura de bicicletes*. En primer lloc, el *volum* de vehicles en forma d'*intensitat mitjana diària de vehicles* es troba íntimament lligat a una major *accidentalitat de bicicletes* per la mateixa cohabitació de l'espai. Així i tot, quan s'analitza per àrees de *densitat d'accident* i l'àrea està contemplada com d'alta densitat d'accidents, no existeix correlació amb la variable. A més a més els accidents es concentren en categories mitjanes de la mateixa variable quan es troben a la zona d'alta densitat d'accidents. Aquest trencament de la tendència existeix per la forma de semi-autopistes urbanes d'alguns carrers amb alt volum de trànsit com el carrer Aragó, on la bicicleta es troba tan desplaçada que gairebé no hi transita. Els volums de cotxes i de bicicletes es troben íntimament lligats entre ells. Les zones amb una major sinistralitat són aquelles on hi ha una major *intensitat mitjana diària de bicicletes* però en canvi el volum de la *intensitat mitjana diària de vehicles* és mitjana. Per tant, a més interacció entre vehicles i bicicletes hi ha més accidentalitat. Quan el volum de cotxes al carrer és molt elevat no admet circulació de bicicletes (Romanow et al., 2012). Aquest resultat va d'acord amb l'estudi fet Anne Harris et al., (2013), que apunta que com major

sigui el trànsit, més accidents de bicicletes i vianants hi haurà. El mateix patró es repeteix amb el volum de bicicletes, com més alt és el volum de bicicletes més accidentalitat, conseqüència de la seva pròpia interacció en l'espai. Aquest procés es veu agreujat a Barcelona quan hi ha una gran massa de bicicletes transitant pels carrils de bicicletes bidireccionals que presenten unes mesures molt estretes i no permeten avançaments segurs. En altres estudis com el realitzat per Strauss et al., (2013) a Montreal, apunta que el un alt volum de ciclistes provoca una disminució del risc de patir un accident, ja que les bicicletes desplacen al cotxe. No obstant a Barcelona durant el 2018 encara no hi havia una massa ciclista suficient per donar-se aquestes condicions

En canvi, les variables que representen l'*entorn físic* destaquen per les associacions que es produeixen en les variables del *nombre de senyals* i el *nombre de carrils en calçada*. Pel que fa al *nombre de senyals*, el fet que l'accidentalitat es concentri en les àrees amb valors de senyals mitjans respon a la mateixa morfologia de la ciutat. A les zones on hi ha una major concentració d'interseccions i a on els carrers presenten més problemes per pendents o trama urbana perillosa és on hi ha un major nombre de senyals. Aquests són llocs on el volum de bicicletes és baix per les limitacions de circulació que tenen i per tant hi han pocs accidents. L'associació que existeix entre *nombre de senyals* i els *accidents de bicicletes* amb un treball més detallat i depurat que es focalitzés en aquest aspecte probablement trauria a la llum una associació encara més intensa entre aquests dos elements. Altres estudis han demostrat que en altres ciutats el *nombre de senyals* és també un element associat a l'accidentalitat, un exemple és el cas de l'article de Romanow et al., (2012) a l'àrea d'Alberta, Canada. Que exposa que els senyals són elements que redueixen la sinistralitat, si bé es troben en zones conflictives on hi ha una major presència de la problemàtica respecte al global del territori. Pel que fa al *nombre de carrils en calçada*, pel global de Barcelona mostra que a més *nombre de carrils a la calçada* més *accidents de bicicleta*, per contra els resultats que ens ofereix l'anàlisi per *densitat d'accidents* mostren que aquest augment no és tan clar com en el conjunt de Barcelona. Dels resultats cal destacar que la variable és significativa excepte quan la *densitat d'accidents* és alta i que l'associació entre un major nombre de carrils i una major accidentalitat no és regular quan s'analitzen les zones de diferent *densitat d'accidents*. La irregularitat que mostra la variable quan s'analitza a partir de les zones de diferent *densitat d'accidents* va lligat al volum de bicicletes presents en la calçada. Independentment del *nombre de carrils en calçada* i de la capacitat de vehicles de la via, si no hi ha ciclistes,

no hi pot haver accidents de bicicleta. Aquests resultats van molt lligats a l'expressat anteriorment respecte del volum de bicicletes i el volum de cotxes, els quals mostren que en les autopistes urbanes que és on hi ha més carrils de circulació per vehicles no hi ha accidents ciclistes perquè no hi ha bicicletes.

Respecte a la *infraestructura ciclista*, la variable que mostra la *presència dels carrils de bicicleta* es troba significativament associada amb *l'accidentalitat de bicicletes*. Aquest resultat s'ha corroborat també a l'estudi realitzat per Barajas (2018) a la ciutat de San Francisco. Els carrils de bicicleta són zones d'atracció d'oferta el que comporta un major volum de bicicletes en circulació en comparació a les zones sense els carrils. Aquest element ajuda a explicar aquest resultat aparentment contradictori, a més interacció entre bicicletes més accidents. Per contra, la *presència de zones ciclables* no presenta associació amb els *d'accidents de bicicleta*, per molt que siguin zones a priori més pacificades al trànsit, no tenen aquesta capacitat d'atreure oferta com té el carril de bicicletes.

Pel que fa a la velocitat permesa, la *presència de zones 30* presenta correlació respecte a l'accidentalitat de bicicletes. Les zones 30 són àrees que marquen una clara disminució dels accidents. Aquest resultat concorda amb l'anàlisi efectuat per Merlin et al., (2020). La seva anàlisi demostra que la baixada de velocitat dels vehicles comporta sobretot una baixada de la severitat de l'accident, no obstant es produeixen més accidents que no queden reportats als registres oficials per la seva poca severitat. A les zones on la velocitat és baixa, la severitat dels accidents disminueix, però hi ha més accidents en total per l'increment de vianants al carrer (Merlin et al., 2020). Tot i que les tesis exposades en anàlisis anteriors apunten que la disminució de la velocitat impacta més en la disminució de la severitat que en la quantitat d'accidents, a Barcelona la baixada de *l'accidentalitat de bicicletes* en les zones de velocitat igual o inferior a 30 km/h és molt significativa, per tant, afecta també a la quantitat d'accidents.

5. Conclusió

L'estudi s'ha focalitzat en el total dels 782 accidents de trànsit en què s'ha vist involucrat un ciclista a la ciutat de Barcelona. La tipologia d'accident ha pogut ser bicicleta-bicicleta, bicicleta-vianant o bicicleta-cotxe. L'anàlisi d'aquests accidents s'ha efectuat mitjançant una comparació de mitjanes entre els accidents de bicicletes i les variables que defineixen els *volums de trànsit*, l'*entorn físic*, la *infraestructura ciclista* i la *velocitat permesa*. L'anàlisi de totes aquestes variables ha tingut com a objectiu identificar quines variables que són definitòries del disseny urbà es troben implicades amb l'accidentalitat ciclista a Barcelona. Els resultats de l'anàlisi ha permès associar els *accidents de bicicletes* amb diferents variables com: *les intensitats mitjanes diàries de cotxes i bicicletes*, *el nombre de senyals* i *el nombre de carrils en calçada*.

Per una banda, les variables mostren que *l'accidentalitat de bicicletes* augmenta si l'espai públic presenta un nombre elevat de vehicles, bicicletes i *nombre de carrils en calçada*. Per altra banda, el *nombre de senyals* presenta associació amb els accidents amb una concentració d'aquests en zones on el *nombre de senyals* és mitjà. A més a més una menor velocitat fa disminuir el nombre d'accidents de bicicletes.

Els resultats d'aquest estudi posen de manifest la importància de la bona planificació de la infraestructura ciclista i la pacificació dels carrers dirigida a donar la prioritat de l'espai als mitjans de transport actius. Les polítiques urbanes han d'anar orientades a la millora del confort de la bicicleta a l'espai viari, al decreixement del vehicle privat i sobretot la disminució de velocitat de l'automòbil a la ciutat. Aquests elements han d'ajudar al desplegament de l'ús de la bicicleta com a mitjà de transport quotidià i ha eliminat la concepció de bicicleta com un element recreatiu, per així poder combatre la contaminació, disminuir els espais de pas exclusiu de vehicles i en definitiva millorar la qualitat de vida de les persones.

6. Bibliografía

- Anne Harris, M., Reynolds, C. C. O., Winters, M., Crompton, P. A., Shen, H., Chipman, M. L., ... Teschke, K. (2013). Comparing the effects of infrastructure on bicycling injury at intersections and non-intersections using a case-crossover design. *Injury Prevention, 19*(5), 303–310. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040561>
- Barajas, J. M. (2018). Not all crashes are created equal: Associations between the built environment and disparities in bicycle collisions. *Journal of Transport and Land Use, 11*(1), 865–882. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.1145>
- Braçe, O. (2018). Efectos de la Expansión Urbana en la Elección de los Modos de Transporte Utilizados para los Desplazamientos Diarios en Áreas Metropolitanas. Un Estudio de Caso. *Revista de Estudios Andaluces, 36*(36), 208–221. <https://doi.org/10.12795/rea.2018.i36.09>
- Castro, S. (2019). *Explore Contributing Geometric Factors and Built-Environment on Bicycle Activity and Safety at Intersections*. (2018), 2004–2019.
- Chen, P. (2015). Built environment factors in explaining the automobile-involved bicycle crash frequencies: A spatial statistic approach. *Safety Science, 79*, 336–343. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.06.016>
- Chen, P., Sun, F., Wang, Z., Gao, X., Jiao, J., & Tao, Z. (2018). Built environment effects on bike crash frequency and risk in Beijing. *Journal of Safety Research, 64*, 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2017.12.008>
- Hamann, C., & Peek-Asa, C. (2013). On-road bicycle facilities and bicycle crashes in Iowa, 2007-2010. *Accident Analysis and Prevention, 56*, 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.031>
- Huang, H., Abdel-Aty, M. A., & Darwiche, A. L. (2010). County-level crash risk analysis in Florida: Bayesian spatial modeling. *Transportation Research Record, (2148)*, 27–37. <https://doi.org/10.3141/2148-04>
- Litman, T. (2013). The new transportation planning paradigm. *ITE Journal (Institute of Transportation Engineers), 83*(6), 20–28.

- Loo, B. P. Y., & Tsui, K. L. (2010). Bicycle crash casualties in a highly motorized city. *Accident Analysis and Prevention*, 42(6), 1902–1907. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.05.011>
- Martens, K. (2007). *Promoting bike-and-ride: The Dutch experience*. 41, 326–338. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.010>
- Merlin, L. A., Guerra, E., & Dumbaugh, E. (2020). Crash risk, crash exposure, and the built environment: A conceptual review. *Accident Analysis and Prevention*, 134(July 2019), 105244. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.07.020>
- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2009). Daily mobility and sustainability: An interpretation from the perspective of human geography. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, (50), 193–216.
- Neumann, V. X. E. (2011). Transporte urbano no motorizado: El potencial de la bicicleta en la ciudad de Temuco. *Revista INVI*, 26(72), 153–184.
- Osama, A., & Sayed, T. (2016). Evaluating the impact of bike network indicators on cyclist safety using macro-level collision prediction models. *Accident Analysis and Prevention*, 97, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.08.010>
- Osama, A., & Sayed, T. (2017). Macro-spatial approach for evaluating the impact of socio-economics, land use, built environment, and road facility on pedestrian safety. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 44(12), 1036–1044. <https://doi.org/10.1139/cjce-2017-0145>
- Romanow, N. T. R., Couperthwaite, A. B., McCormack, G. R., Nettel-Aguirre, A., Rowe, B. H., & Hagel, B. E. (2012). Environmental determinants of bicycling injuries in Alberta, Canada. *Journal of Environmental and Public Health*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/487681>
- Strauss, J., Miranda-Moreno, L. F., & Morency, P. (2013). Cyclist activity and injury risk analysis at signalized intersections: A Bayesian modelling approach. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.04.037>
- Suero, D. . (2010). Factibilidad del uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad de Bogotá. *Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia*, 12, 14. <https://doi.org/Depósito Legal: GR-1441/04>

Urazán, C. F., Velandia, E. A., & Escobar, D. A. (2017). Competitividad de la bicicleta eléctrica respecto del transporte público. Caso de estudio: Bogotá D.C. *Espacios*, 38(54).

Welsh, C., Celis-Morales, C. A., Ho, F., Lyall, D. M., MacKay, D., Ferguson, L., ... Welsh, P. (2020). Association of injury related hospital admissions with commuting by bicycle in the UK: Prospective population based study. *The BMJ*, 368. <https://doi.org/10.1136/bmj.m336>

Instituto Nacional de estadística (2019). INE Base: *Censos de población y viviendas 2011*. INE. Recuperat de: <https://www.ine.es/censos2011/tablas/Inicio.do>

Open data Barcelona (2018). Servei de dades obertes Ajuntament de Barcelona: *Catalogo de Datasets*. Ajuntament de Barcelona:. Recuperat de:

<https://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/accidents-causes-gu-bcn>