

Grau en Estadística

Títol: Anàlisi dels accidents de trànsit a la ciutat de Barcelona. 2010-2017

Autor: Sandra Redondo Hernández

Director: Lluís Marco Almagro i Rosa Nonell Torres

Departament: Departament d'Estadística i Investigació Operativa / Departament d'Econometria, Estadística i Economia Aplicada

Convocatòria: Juny 2018



Anàlisi dels accidents de trànsit a la ciutat de Barcelona

2010 – 2017

Sandra Redondo Hernandez

Juny del 2018

Agraïments

Voldria agrair al Lluís Marco Almagro i a la Rosa Nonell Torres per tot el temps dedicat i els coneixements que m'han facilitat durant els últims mesos.

A la Laia Carreras Llige, al Heriberto Muñoz Vegas i al Josep Fontova Riasol del Departament de Mobilitat del Ajuntament de Barcelona per la seva ajuda i professionalitat que han contribuït en proporcionar una major rigorositat a aquest treball.

I finalment a la meva família i amics per haver-me acompanyat durant tot aquest temps i sobre tot durant aquest últims cinc anys.

Resum

Els accidents de trànsit són un greu problema de salut pública, suposen pèrdues de vides humanes i morbiditat a la població, a més a més dels costos socials i econòmics que repercuteixen.

Aquest estudi analitza els accidents de trànsit amb víctimes a la ciutat de Barcelona des del 2010 fins el 2017 amb l'objectiu d'aportar llum sobre les possibles causes i patrons dels accidents, conèixer les característiques que defineixen els usuaris de risc i analitzar el comportament de l'accidentalitat geogràficament. Addicionalment, es realitzarà una anàlisi de les polítiques públiques realitzades per l'Ajuntament de Barcelona per determinar l'eficiència i l'efectivitat.

Paraules clau: Accidentalitat, Intensitat mitjana diària (IMD), Valor monetari d'una vida estadística, Anàlisi Espacial, Aplicació Shiny, Anàlisi cost-benefici, Anàlisi multivariant de dades

Abstract

Traffic accidents are a serious public health problem. They represent not only the loss of human lives and a significant increase in the death rate of the population, but also important social and economic costs.

This study analyses traffic accidents and their resulting victims in the city of Barcelona from 2010 until 2017 with the aim of clarifying the possible causes and patterns of the accidents, determine the distinct features which define the users subject to risk and analyse the behaviour of the accidents from a geographical point of view. Moreover, the public policies established by the local government of Barcelona will be thoroughly analysed in order to determine their efficiency and effectiveness.

Keywords: accident rate, daily average intensity, monetary value of statistical life, spatial analysis, Shiny application, cost-benefit analysis, multivariate data analysis

Taula de continguts

1. Introducció	1
1.1. Els accidents de trànsit	1
1.1.1. Classificació dels accidents.....	2
1.1.2. Model epidemiològic.....	3
1.2. Metodologia	5
1.3. Objectiu del treball	7
2. Gestió de la base de dades de Open Data BCN	8
2.1. Origen de la base de dades.....	8
2.2. Lectura de la base de dades	9
2.3. Processament de les dades	11
2.4. Tractament dels valors mancants.....	13
3. Accidents de trànsit a Barcelona 2010-2017	17
3.1. Característiques de l'accident	17
3.1.1. Tipus de col·lisió i causa mediata	17
3.1.2. Factor humà i vehicle	24
3.2. Usuaris de risc.....	28
3.2.1. Segons l'edat	29
3.2.2. Segons el vehicle	33
3.2.3. Segons el tipus d'usuari.....	37
3.3. Anàlisi espacial.....	39
3.3.1. Anàlisi del patró d'accidentalitat.....	39
3.3.2. Comportament espacial de l'accidentalitat	42
3.3.3. Distribució espacial dels ferits lleus, greus i morts	44
3.3.4. Característiques espacial de les víctimes	47
3.3.5. Característiques espacial dels accidents	48
3.3.6. Característiques espacial dels vehicles	50
3.4. Anàlisi temporal.....	50

4.	Anàlisi multivariant	58
4.1.	Anàlisi de Correspondències Múltiples	58
4.2.	Clúster	66
5.	Aplicatiu en Shiny: Accidents de trànsit.....	69
5.1.	Característiques tècniques. Shiny Dashboard	69
5.2.	Estructura del aplicatiu	70
6.	Els accidents de trànsit des de la perspectiva econòmica	78
6.1.	Accidents de trànsit a Barcelona. D'on venim. Cap a on anem.....	81
6.2.	Pla Local de Seguretat Viària de Barcelona. 2013-2018.....	84
6.3.	Accidents de trànsit. Efectes individuals i socials. Costos econòmics.....	87
6.4.	Anàlisi cost benefici del PSV 2013-2018.....	90
7.	Conclusió i valoració personal	92
7.1.	Possibles extensions	93
7.2.	Valoració personal	94
8.	Bibliografia	95
8.1.	Font de dades	95
8.2.	R packages	95
8.3.	Referències bibliogràfiques	96
9.	Annex	98
9.1.	Aranya de Barcelona.....	98
9.2.	Aplicació Shiny.....	99
9.3.	Sortides R.....	103

1. Introducció

Els accidents de trànsit són una de les principals causes de morbiditat i mortalitat al món. Cada any moren més de 1,25 milions de persones i es produeixen entre 20 i 50 milions de traumatismes no mortals per aquesta causa (OMS, 2018). S'espera que al 2030 aquest fet sigui la tercera causa de mortalitat mundial.

Per aquest motiu, és important que es segueixi generant informació sobre aquest escenari, tant des del punt de vista de les polítiques públiques que es duen a terme per tal de prevenir i tractar els accidents de trànsit com analitzant les dades que proporcionin informació sobre els possibles patrons de conducta, perfils de risc i indicadors d'exposició al risc.

En el treball que es presenta a continuació, s'analitzarà els casos d'accidents de trànsit en via urbana a Barcelona amb víctimes, intentant definir quines són les principals característiques que determinen que un accident de trànsit provoqui víctimes mortals i greus.

Adicionalment, s'avaluarà els costos que provoquen els accidents de trànsit sobre la societat i l'economia de forma directe i indirecta.

Per mesurar els costos indirectes s'ha utilitzat l'estimació del valor monetari d'una vida estadística a Espanya a través de les preferències declarades que es basa en la teoria de la valoració contingent. Aquesta estimació es realitza a partir d'una enquesta realitzada a una mostra de la població espanyola en la qual es pregunta als enquestats quina seria la màxima quantitat de diners que estarien disposats a pagar per reduir el risc de patir un accident de trànsit mortal.

1.1. Els accidents de trànsit

La OMS defineix un accident de trànsit com una col·lisió o incident en el qual es veu implicat almenys un vehicle, en moviment, en una via pública o privada amb accés públic al voltant.

En aquesta definició s'inclou les col·lisions entre vehicles en via urbana o interurbana, entre vehicles i vianants, vehicles i animals o elements fixes i col·lisions de un sol vehicle.

Aquest concepte és molt comú a nivell europeu, però cada país compta amb els seus propis matisos a efectes estadístics i de gestió de la seguretat viària, per tant és difícil de trobar una definició universal. Aquest fet genera una gran problemàtica a l'hora de realitzar investigacions i comparacions de les xifres entre els països.

A Espanya, l'Ordre Ministerial del 18 de Febrer de 1993, va establir un concepte normatiu d'accident de trànsit, el qual compleix amb 3 requisits:

- Accident de circulació: Es considerarà accident de circulació aquells casos en els quals existeixen víctimes i complexin les següents condicions:
 - Produir-se en vies o terrenys d'objecte de la legislació sobre trànsit, circulació de vehicles de motor i seguretat viària.
 - Com a conseqüència, una o diverses persones resultin mortes o ferides o es produeixin danys materials.
- Vehicle implicat: Un vehicle està implicat en un accident quan concorrin una o diverses unitats de circulació i que pertanyin a alguna de les següents situacions:
 - El vehicle xoca amb un altre o altres vehicles en moviment, aturats o estacionats; vianants, animals o elements fixes.
 - Sense haver-se produït la col·lisió, com a conseqüència de l'accident resulten morts o ferits el conductor i/o algun passatger del vehicle, o haver-se ocasionat danys materials.
 - Sense produir-se col·lisió amb un vehicle aturat o estacionat però trobant-se aquest últim situat de manera perillosa.
 - Quan algun dels ocupants del vehicle forma part dels factors que provoquen l'accident malgrat que el vehicle no hagi patit les conseqüències.
 - Haver estat atropellat el conductor o passatger del vehicle per un altre en el moment de pujar o baixar del vehicle, en aquest cas ambdós vehicles es consideraran implicats en l'accident.

1.1.1. Classificació dels accidents

Existeixen diverses classificacions dels accidents de trànsit, de manera que es poden classificar segons la seva localització, resultat, número de vehicles implicats o la manera en que és produït.

Segons la localització

Poden ser en zona urbana o en zona interurbana, que són els que s'originen fora del casc urbà, podent-se classificar segons el tipus de via (nacional, comarcal o autonòmica).

Segons els resultats

Segons les conseqüències de l'accident es poden classificar en:

- Accident mortal: en el qual una o diverses persones resulten mortes dintre de les primeres 24 hores.
- Accident amb víctimes: en el qual una o diverses persones resulten mortes o amb lesions de diferent consideració.
- Accidentes amb danys materials: només es produeixen danys a la propietat.

A efectes estadístics cal definir els conceptes de víctima, mort, ferit i ferit greu. Segons l'Ordre Ministerial de 18 de febrer de 1993, s'entén per:

- Víctima: Tota persona que resulta morta o ferida como a conseqüència d'un accident de circulació.
- Mort: Tota persona que, como conseqüència de l'accident, mort a l'acte o dintre dels trenta dies següents.
- Ferit: Tota persona que no ha resultat morta en un accident de circulació, però ha patit una o diverses ferides greus o lleus.
- Ferit greu: Tota persona ferida en un accident de trànsit que hagi necessitat una hospitalització superior a 24 hores.
- Ferit lleu: Tota persona ferida en un accident de trànsit i al qual no es pot aplicar la definició de ferit greu.
- Conductor: Tota persona que porta la direcció d'un vehicle.
- Passatger: Tota persona que, sense ser el conductor, es troba dins o sobre un vehicle.
- Vianant: Tota persona que, sense ser conductor, transita per les vies o terrenys d'objecte de legislació sobre trànsit, circulació de vehicles a motor i seguretat viària.

En aquest estudi s'analitzaran els registres de la Guàrdia Urbana de Barcelona, per tant s'estudiaran els accidents de trànsit en via urbana amb víctimes. Els registres policials només inclouen la xifra de morts en el moment de l'accident o a 24 hores posteriors, perdent la informació sobre aquells que moren a llarg termini a l'hospital.

1.1.2. Model epidemiològic

Les lesions produïdes pels accidents de trànsit constitueixen un greu problema de salut i segons diversos autors, un dels més oblidats en epidemiologia.

El model epidemiològic de les lesions produïdes pels accidents de trànsit està format per una cadena de 4 fases amb la següent seqüència: exposició, accidentalitat, lesivitat i desenllaç.

- Exposició: nombre de quilòmetres recorreguts en un any pels conductors, i el risc de patir un accident de trànsit.
- Accidentalitat: risc de patir un accident per unitat d'exposició.
- Lesivitat: conseqüències que genera en les persones la transmissió immediata de l'energia cinètica alliberada durant la col·lisió.
- Desenllaç: pronòstic i evolució en el període posterior a l'accident.

Factors de risc

Els factors que desencadenen un accident de trànsit depenen d'una complexa xarxa d'interaccions entre el conductor, el vehicle, la via i les condicions ambientals.

Els accidents de trànsit poden estar causats per factors ambientals, humans i/o del vehicle.

- Factors humans: Recau sobre el conductor la responsabilitat de prendre les decisions durant la conducció i de prevenir els perills mecànics, així com complir amb les indicacions o incrementar les precaucions. Aquesta definició inclou la percepció del risc, la velocitat, l'alcohol, les drogues i fàrmacs, l'estrès i la fatiga, la somnolència i les distraccions.
- Factors ambientals: són elements inalterables i canviants de forma imprevisible, com per exemple la climatologia, les incidències o obstruccions temporals i les mesures de control de trànsit, o previsible com l'estat de la calçada o el disseny de la via.
- Factor del vehicle: Quan es tracta del vehicle com a factor de risc, és important tenir en compte el tipus de vehicle, l'antiguitat i el seu estat. L'antiguitat i l'estat del vehicle són variables que incrementen la probabilitat de patir una fallida mecànica, a més, la seguretat activa i passiva dels vehicles va evolucionant de forma constant i per tant un vehicle vell no té la mateixa capacitat de resposta que un de nou.

Segons els estudis duts a terme per l'Administració Nacional de Seguretat en el Trànsit de Carreteres dels EUA, el factor de risc més important és el factor humà que representa el 90,30% dels casos, mentre que el factor ambiental i el factor del vehicle la resta.

Es parlarà de l'existència o no de causa mediata en l'accident quan hi ha alguna circumstància que influeix en l'esdeveniment, però que no està relacionada de forma directa. Aquesta definició inclou tant factors humans, ambientals com del vehicle. Un exemple és la presència d'alcoholèmia, drogues o medicament, excés de velocitat o inadequada, factors meteorològics, objectes o animals a la calçada, l'estat de la calçada i senyalització.

S'anomena causa mediata del vianant quan hi ha alguna circumstància provocada pel vianant que influeix en l'esdeveniment de l'atropellament. Per exemple, creuar per fora del pas de vianants, desobeir el senyal del semàfor o altres senyals, transitar a peu per la calçada, etc.

Tipus de col·lisió

Donades les característiques de l'accident, esdevé la col·lisió. El tipus de col·lisió és un dels determinants de la severitat de l'accident.

- Abast o abast múltiple: Un vehicle xoca amb la part frontal del vehicle contra la part posterior del vehicle que està davant. Es parla d'abast múltiple quan aquest tipus de col·lisió es realitza en cadena.
- Caiguda (dues rodes): Quan el conductor d'un vehicle de dues rodes cau a la via per les circumstancies de l'accident.
- Caiguda interior vehicle: Fa referència als accidents amb autobús com a vehicle implicat on un o diversos passatgers cauen al terra després de la col·lisió.
- Col·lisió frontal: Ambdós vehicles implicats xoquen entre sí amb la part frontal del vehicle.
- Col·lisió lateral o frontó-lateral: Col·lisió que es produeix quan un vehicle xoca contra la part lateral d'un altre.
- Xoc contra element estàtic: Col·lisió d'un vehicle contra un element estàtic de la via.
- Atropellament: Accident amb un vehicle i un viant implicat, on el vehicle xoca contra l'individu.

1.2. Metodologia

Per la realització d'aquest treball s'ha utilitzat majoritàriament el software estadístic R, especialment el programa Rstudio.

La informació del llibre *R for Data Science* de Garrett Grolemund i Hadley Wickham s'ha fet servir per importar, transformar, visualitzar i modelar les dades de grans dimensions, utilitzant els paquets *tidyverse*, *dplyr*, *hms*, *reshape2*, *ggplot2* i *lubridate*. Tots els gràfics que apareixen en aquest treball són de font pròpia i s'han realitzat mitjançant el paquet *ggplot2*.

Adicionalment, es va fer servir diversos paquets en la realització de l'estudi. El paquet *sqldf* va ser necessari per utilitzar el llenguatge SQL dintre del llenguatge R i el paquet *FactoMiner i Car* inclou els programes per realitzar l'anàlisi multivariant (anàlisi de correspondències múltiples, clúster jeràrquic i *k-nearest neighbors*).

Una gran part del temps destinat a aquest treball va ser entendre com tractar i utilitzar les coordenades dels accidents de trànsit. En primer lloc, es va utilitzar el paquet *proj4 i rgdal* per transformar les dades de UTM a latitud i longitud. En segon lloc, es va utilitzar el software *ArcGIS Pro* per analitzar i tractar les dades de *l'aranya de Barcelona*, que estaven en format *shapefile*, i exportar la informació cap a l'entorn de R.

Es fa referència a l'aranya de Barcelona a l'arxiu shapefile que conté una estimació de l'índex de densitat viària per tots els carrers que constitueixen la ciutat de Barcelona, aquesta estimació es realitza mitjançant un model que té en compte la informació dels sensors (espires), el nombre de carrils, l'existència de zona d'aparcament o carril bus, etc. S'ha pogut accedir a aquesta informació gràcies a l'ajuda i suport realitzat pel Departament de Mobilitat de l'Ajuntament de Barcelona.

Es va utilitzar el paquet *geojsonio* per agrupar les coordenades a les unitats administratives de Barcelona (districtes i barris), per realitzar aquest procediment va ser necessari baixar l'arxiu JSON i shapefile dels polígons de coordenades que constitueixen els barris i districtes de Barcelona. Finalment, es va utilitzar el paquet *leaflet, maps i sp* per construir els mapes dels accidents de trànsit a la ciutat.

Els mètodes i test estadístics utilitzats en aquest treball són els següents:

El test de normalitat de Shapiro-Wilks, permet determinar si una variable segueix una distribució normal o no. És molt important realitzar aquest test en les variables numèriques ja que determina si es farà servir mètodes paramètrics o bé no paramètrics ja que l'incompliment de la normalitat de les dades inhabilita la utilització de múltiples eines que tenen com a condició aquest fet. Totes les variables numèriques d'aquest estudi no són normals i per tant s'ha utilitzat mètodes no paramètrics.

S'ha utilitzat el càlcul de correlació de rangs de Spearman per analitzar la relació d'associació o d'interdependència entre les variables numèriques.

El test de bondat de l'ajust i d'independència de la χ^2 ha permès determinar quan una variable categòrica s'ajustava o no al comportament teòric o bé per determinar quan dues variables categòriques eren independents o no entre sí. Aquest test s'ha utilitzat en múltiples ocasions per determinar l'existència de relacions entre variables categòriques, com per exemple si el tipus de col·lisió de l'accident és independent o no de la causa mediata.

El test de suma de rangs de Kruskal-Wallis s'ha utilitzat per comparar la mediana entre diversos grups independents, ja que no requereix normalitat de les dades però assumeix que les dades provenen d'una mateixa distribució. Aquest contrast permet determinar si existeixen diferències en el comportament d'una variable numèrica segons els grups d'una variable categòrica. S'ha utilitzat aquest test per contrastar si hi ha diferència en el número de morts segons el tipus de col·lisió, entre d'altres.

Finalment, s'ha utilitzat el paquet *Shiny i Shinydashboard* per la realització de l'aplicatiu web dels accidents de trànsit. Aquest paquet permet utilitzar el llenguatge R, en comptes de HTML, per realitzar i construir una pàgina web. A l'apartat 5, s'explica amb més deteniment com s'utilitza aquest paquet i quins requeriments necessita.

1.3. Objectiu del treball

En aquest estudi s'analitzaran els accidents de trànsit gestionats per la Guàrdia Urbana a la ciutat de Barcelona en el període 2010-2017, per tal d'analitzar i trobar les característiques que defineixen els usuaris de risc, els patrons de sinistralitat, tenint en compte les característiques geoespacionals i temporals.

D'altra banda, s'analitzarà l'evolució de la sinistralitat al llarg del temps per tal de poder determinar si hi ha hagut algun efecte de les polítiques públiques dutes a terme a la ciutat de Barcelona per prevenir i gestionar els accidents de trànsit. Fent una anàlisi cost-benefici de les polítiques aplicades i analitzant els costos socials i econòmics que implica la sinistralitat a la ciutat.

El present Treball de Fi de Grau s'organitza de la següent forma:

- **Gestió de la base de dades de Open Data BCN:** En primer lloc es presenta les dades i el seu origen, després com s'ha dut a terme la lectura i *preprocessing* de les dades i finalment el tractament dels valors mancants.
- **Accidents de trànsit a Barcelona 2010-2017:** S'exposen les característiques dels accidents de trànsit i el perfil d'usuaris de risc. A continuació, es presenta l'anàlisi espacial dels accidents de trànsit descrivint el comportament geogràfic d'aquest. Per últim, l'anàlisi del comportament temporal explicant les característiques de l'accidentalitat segons el dia de la setmana, mes i any.
- **Anàlisis multivariant:** Es presenten les tècniques de l'anàlisi multivariant i es desenvolupa l'anàlisi de correspondències múltiples i clúster juntament amb les conclusions que es deriven.
- **Aplicatiu en Shiny:** Aplicatiu per localitzar els accidents de trànsit segons el període d'estudi i les variables d'interès i punts de concentració d'accidents, a més a més, dels resultats obtinguts en aquest treball.
- **Els accidents de trànsit des de la perspectiva econòmica:** En primer lloc s'explica les polítiques públiques realitzades a nivell internacional, estatal i local per tractar i reduir la sinistralitat. A continuació, s'exposa l'estat de la qüestió en l'àmbit de la ciutat de Barcelona. Finalment, es realitza una estimació del cost i benefici de les polítiques públiques dutes a terme a Barcelona per reduir el nombre d'accidents de trànsit, víctimes greus i morts.
- **Conclusions.**

2. Gestió de la base de dades de Open Data BCN

2.1. Origen de la base de dades

En aquest treball s'utilitza principalment de la base de dades de l'anuari dels accidents de trànsit gestionats per la Guàrdia Urbana a la ciutat de Barcelona en el període 2010-2017, disponible en *Open Data BCN*. Aquest organisme recull la informació de diverses administracions públiques per tal de proporcionar informació transparent al ciutadà. Cal destacar que les dades recullen la informació dels accidents de trànsit amb víctimes, per tant s'exclou els sinistres sense ferits.

Adicionalment, es va incorporar a l'estudi les dades diàries sobre les condicions meteorològiques a la ciutat de Barcelona en el període d'estudi, procedents de l'arxiu de MeteoBlue.

Els accidents de trànsit es veuen influenciats per la densitat de trànsit que suporta la via en aquell moment ja que tot és qüestió de probabilitat. Per tant va ser necessari incorporar a l'estudi la informació sobre la densitat de trànsit diària pels carrers de la ciutat de Barcelona per tal de poder proporcionar major rigorositat a l'estudi. Per aquest motiu, es va decidir posar-se en contacte amb l'Ajuntament de Barcelona sol·licitant la informació.

Després de contactar amb diversos organismes que podien disposar de la informació relacionada amb el tema, com per exemple l'IDESCAT o el Departament d'Estadística de l'Ajuntament de Barcelona, finalment, a través del canal d'atenció ciutadana vaig contactar amb la direcció de Mobilitat de l'Ajuntament de Barcelona on vaig obtenir resposta. Em vaig reunir diverses vegades per exposar el cas d'estudi, els objectius del treball i el motiu de la necessitat de les dades. Finalment, em van proporcionar informació addicional tant a nivell teòric (conceptes claus, definicions i tecnicismes) com a nivell tècnic (dades).

Per l'elaboració d'aquest treball s'ha utilitzat la informació del dossier de premsa del balanç de l'accidentalitat que realitza l'Ajuntament de Barcelona anualment. L'informe de les persones lesionades per trànsit ateses pels serveis d'urgències Barcelona, 1997- 2016 que realitza l'agència de Salut pública. I finalment, els aforaments dels vehicles a la ciutat de Barcelona realitzats pel centre de control de trànsit (CCTU) en el període 2010-2017 i el plànol de volums de trànsit per carrers (Aranya).

Taula 2.1 Bases de dades utilitzades

Base de Dades	Origen	Descripció
Accidents gestionats per la Guàrdia Urbana en la ciutat de Barcelona	Open Data BCN	Registres dels accidents de trànsit en via urbana amb víctimes gestionats per la Guàrdia Urbana en el període 2010-2017.
Aranya de Barcelona	Ajuntament de Barcelona (Departament de Mobilitat)	Pla cartogràfic de la ciutat de Barcelona per trams de carrers amb l'índex de densitat viària
Aforaments Barcelona 2017	Ajuntament de Barcelona (Centre de control de trànsit)	Informació recollida pels 800 sensors (espires) de l'índex de densitat viària segons el dia de la setmana i mes del any.
Historial meteorològic de Barcelona 2010-2017	Meteoblue	Historial meteorològic de les característiques atmosfèriques en la ciutat de Barcelona. (Temperatura, índex de nuvolositat, precipitació (màxima, mínima i mitjana)
Cens de Vehicles	Ajuntament de Barcelona (Departament d'Estadística)	Informació sobre la proporció de vehicles segons tipologia
Cens de població	Ajuntament de Barcelona (Departament d'Estadística)	Informació sobre la proporció d'individus segons grups d'edat

2.2. Lectura de la base de dades

L'anuari dels accidents de trànsit està dividit en 5 taules relacionades mitjançant el número d'expedient, cal destacar que totes les taules repeten la informació sobre la localització de l'accident, data i hora i per tant es va decidir eliminar-la dels casos repetits.

Per tal de concentrar en un mateix arxiu de dades el període 2010-2017, es va descarregar de forma individual cada una de les taules per cada any i finalment es va unir en l'Excel per una posterior importació. Per importar les dades des de l'Excel cap a R es va utilitzar la funció *read.csv()* del paquet *utils*.

La primera taula recull informació sobre la tipologia de l'accident, per exemple col·lisió, abast, atropellament, etc.

En segon lloc, la taula de causa mediata de l'accident recull la possible existència de factors externs que hagin influït en l'esdeveniment (ex: Alcoholèmia, excés de velocitat...).

D'altra banda, la taula de les persones fa referència als individus involucrats en l'accident que hagin resultat ferits, inclou les característiques personals de l'individu, vehicle associat a l'accident i la descripció de la persona (ex: conductor, passatger o vianant).

La taula dels vehicles recull informació sobre les característiques físiques del vehicle i del conductor (p. ex. antiguitat del carnet i tipus de carnet).

Finalment, la cinquena taula recull la informació sobre el nombre de ferits segons la gravetat, el número de vehicles implicats i la possible existència de causa mediata del vianant.

Les dades estan georeferenciades, és a dir, disposen de les coordenades de l'accident. Les dades de l'any 2017, a diferència dels altres anys, tenen les coordenades geogràfiques de posició horitzontal (latitudinals i longitudinals) i en el Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), mentre que la resta d'anys només presenten coordenades UTM.

Les coordenades UTM divideixen la Terra en 60 fusos de 6 graus de longitud i en 20 zones de latitud, que s'anomenen amb lletres des de la C fins la X. Barcelona pertany al fus 31 zona "T".

Per tal de poder utilitzar les coordenades dels accidents va ser necessari transformar les coordenades de UTM a latitud i longitud. Aquest procediment es va realitzar mitjançant el paquet de R *rgdal* i la funció *Project* la qual té com a input les coordenades UTM i la informació del tipus de projecció i com a output la latitud i longitud. Així doncs, a l'hora de realitzar la transformació s'ha perdut lleugerament precisió sobre la ubicació exacta.

Les dades de les característiques meteorològiques de la ciutat de Barcelona consten de la temperatura diària, precipitacions, índex de nuvolositat, etc. Per incorporar aquesta informació a la base de dades originals es va fer ús del llenguatge SQL, implementat en R a través de la funció *sqldf* del paquet *sqld*, unint les dues taules amb un "left join" on el terme d'unió és la data i hora.

Finalment, es va incorporar a la base de dades la informació sobre l'índex de densitat de trànsit diari.

La base de dades recull la informació sobre els comptatges de vehicles que passen en un dia per sobre de les 700 espires que hi ha a Barcelona a l'any 2017. Una espira és un sensor que està ubicat a la calçada que compta el número de vehicles que passen per sobre. Per tant es disposa d'informació sobre el carrer que es situa l'espira, el barri, el districte i el número mitjà de vehicles diaris (IMD) que transiten en aquell carrer segons el tipus de dia de la setmana (Dilluns, Laborable, Divendres, Dissabte i Diumenge) i segons el mes de l'any.

Per tal d'analitzar aquesta informació juntament amb la base de dades dels accidents de trànsit de Barcelona es va plantejar dues opcions. La primera opció era assignar a cada carrer de Barcelona el IMD del sensor més pròxim, tenint en compte el dia de la setmana i el mes de l'any. Aquesta opció provoca inconsistències ja que, per exemple, en el cas del carrer Compte Borrell se li assigna la densitat de trànsit del carrer Compte d'Urgell, ambdós carrers suporten una quantitat de trànsit molt diferent. Per aquest motiu es va dur a terme la segona opció que consistia en realitzar la mitjana del IMD dels carrers que formen un barri, així doncs es recull la variabilitat dels diferents tipus de via en una sola observació, segons el dia de la setmana i mes del any. Cal destacar que no hi ha espires a tots els barris de Barcelona i per tant es va decidir imputar el IMD dels barris sense mesura a partir de la mitjana del IMD del districte segons el tipus de dia i mes del any.

S'ha utilitzat el IMD de l'any 2017 per tot el període, aquest fet no genera grans distorsions de la realitat ja que el IMD no ha variat molt durant aquest període i per tant té un comportament prou estable.

Per incorporar aquesta informació a la base de dades original va ser necessari transformar la base de dades en observacions diàries i per barris de Barcelona, recollint el número total d'accidents, ferits lleus, greus i mortals que es van donar en un dia i barri determinat, és a dir, pel dia 12 de Novembre del 2013 hi ha 73 observacions.

Així doncs, es va incorporar a cada barri, segons el dia de la setmana i mes de l'any, la mitjana de IMD del carrers del barri.

2.3. Processament de les dades

Donada la inexistència d'un arxiu amb les metadades que expliqués la codificació i el significat de les variables, es va realitzar una exploració de les dades per detectar possibles anomalies, valors mancants, etc.

En primer lloc, es va detectar que la codificació de les variables canviava al llarg del període. Les variables *Carrer_Original*, *Latitud*, *Longitud*, *Torn* i *Descripció de la situació* només estaven presents a l'any 2017, per tant es va decidir eliminar-les.

La variable *Gravetat*, que recull informació sobre el nivell de severitat del ferit, a partir del 2017 inclou informació sobre l'hospitalització. Es va decidir eliminar la informació addicional per homogeneïtzar la base de dades.

La variable *Causa del vianant*, que identifica la possible existència d'una causa mediata de l'atropellament, en el període 2010-2014 presenta valors "Desconegut" i a partir del 2015-2017 passa a ser "No és causa del vianant". En aquest cas, es va recodificar els nivells "Desconegut" per "No és causa del vianant".

Per les variables numèriques, es va detectar que els valors mancants estaven codificats per -1 i es van recodificar per NA.

La variable *Edat del ferit i Antiguitat del carnet* presentaven alguns valors negatius, altres molt elevats i casos sense sentit (tenint en compte la legislació vigent de la DGT). Es va detectar situacions on el conductor tenia més de 100 anys, nens amb menys de 1 anys amb bicicleta, conductors menors de 18 anys amb carnet "B", conductors de ciclomotor o quadricicle amb menys de 15 anys, conductors de motocicleta menors de 16 anys, etc. Per aquest conjunt de casos es va determinar tractar-los com NA.

D'altra banda, es va eliminar els casos on l'individu tenia una edat inferior als anys de carnet i els accidents sense víctimes i sense cap vehicle implicat.

En quant a les variables categòriques, es va procedir a determinar els nivells que podia prendre la variable mitjançant la funció *factor* i *levels*. Pels casos que la variable era ordinal, es va definir l'ordre que prenen els nivells i pels casos que la variable presentava modalitats mal escrites o errònies, es va procedir a reescriure-les.

Cal destacar la presència de modalitat "Desconegut" en diverses variables, depenent de la situació, fa referència a un valor mancant o bé a una modalitat. És a dir, hi ha situacions on l'individu té associat un tipus de carnet desconegut, en aquest cas significa que l'individu no té carnet però condueix un vehicle que no requereix carnet, per exemple bicicleta, d'altra banda, si l'individu condueix un vehicle que requereix un carnet específic i no el té, la variable pren el valor "Sense carnet".

Cal destacar que la variable *Codi postal* presentava problemes de codificació i la variable *Nom del carrer* presentava més de 5000 modalitats, ja que hi tenia carrers escrits en majúscules, amb faltes ortogràfiques o en diversos idiomes. A més a més, hi havia casos amb més d'un carrer per identificar les interseccions. En aquest cas, es va decidir excloure les variables i utilitzar les coordenades UTM per ubicar l'accident en el mapa i eliminar els casos o no hi havia informació sobre la ubicació de l'accident.

D'altra banda, es va decidir reagrupar les categories de les variables categòriques que presentaven modalitats amb menys d'un 1% de freqüència relativa. Va ser el cas de color, tipus de carnet, tipus d'accident, vehicle...

Finalment, es va crear una variable que recollia la informació de la data i hora utilitzant la funció *make_datetime()* del paquet *lubridate* per tal recollir la informació de l'any, mes, dia i hora en una sola variable i poder eliminar les demés.

2.4. Tractament dels valors mancants

En un primer moment, es va decidir utilitzar el paquet *mice* de R per imputar els valors mancants des de la perspectiva multivariant, però donada la gran dimensionalitat de les dades, no es va poder utilitzar aquest algoritme i es va procedir a eliminar els casos que presentaven valors mancants.

A continuació es mostra una taula amb els valors *missing* per cada variable i taula.

Taula 2.2 Valors mancants de la base de dades

	Variable	Nº de valors mancants	Codificació	Total
Grau de severitat de l'accident	Vehicle implicat	20 casos	0	180 casos
	Districte	160 casos	"Desconegut"	
	Barri	160 casos	"Desconegut"	
Tipus d'accident	Tipus d'accident	29 casos	"Desconegut"	29 casos
Persones ferides	Vehicle implicat	5 casos	"Desconegut"	1261 casos
	Sexe	455 casos	"Desconegut"	
	Edat	809	NA	
Vehicles	Vehicle implicat	5 casos	"Desconegut"	14015 casos
	Altres	

Taula 2.3 Dimensió de la base de dades

	Inici	Final	Decisió
Grau de severitat de l'accident	76764 casos 25 variable	76584 casos 20 variables	Eliminat: -180 casos (0.23%) - 5 variables
Causa mediata de l'accident	76906 casos 2 variables	76906 casos 2 variables	No s'ha modificat
Persones ferides	90928 casos 6 variables	89667 casos 6 variables	Eliminat: -1261 casos (1,39%)
Tipus d'accident	81039 casos 2 variables	81010 casos 2 variables	Eliminat: -29 casos (0,04%)
Vehicles implicats	147473 casos 7 variables	133458 casos 7 variables	Eliminat: -14015 casos (9,50%)

A continuació es presenta el *metadades* del conjunt de la base de dades del estudi:

Taula 2.4 Metadades

Grau de severitat de l'accident			
Nom variable	Descripció	Tipus	Rang
Expedient	Nº expedient	Caràcter	...
Cdistricte	Codi numèric del districte	Factor	1:10
Ndistricte	Nom del districte	Factor	Ciutat Vella, Eixample, Gràcia, Horta-Ginardó, Les Corts, Nou Barris, Sant Andreu, Sant Martí, Sants-Montjuïc, Sarrià-Sant Gervasi
Cbarri	Codi numèric del barri	Factor	1:73
Nbarri	Nom del barri	Factor	...

Diaset	Dia de la setmana	Factor	Dll, Dm, Dc, Dj, Dv, Ds, Dm
Horari	Franja horària de l'accident	Factor	0h-5h, 6h-11h, 12-17h, 18-23h
Data	Dia, mes, any i hora de l'accident	data/hora	01/01/2010 7:00 fins 2017-12-31 23:00
Causa_vianant	Causa mediata de l'atropellament	Factor	Altres, Creuar per fora pas de vianants, Desobeir altres senyals, Desobeir el senyal del semàfor, No és causa del vianant, Transitar a peu per la calçada
Nmorts	Número de morts	Numèric	0:3
Nlleus	Número de ferits lleus	Numèric	0:21
Ngreus	Número de ferits greus	Numèric	0:4
Nvictimes	Número total de ferits i morts	Numèric	0:24
Nvehicles	Número de vehicles implicats	Numèric	1:17
UTMX	Coordenada UTM-X	ED50	...
UTMY	Coordenada UTM-Y	ED50	...

Persones ferides			
Nom variable	Descripció	Tipus	Rang
Expedient	Número d'expedient	Caràcter	...
Vehicle	Tipus de vehicle implicat	Factor	Bicicleta, Ciclomotor, Motocicleta, Turisme, Taxi, Furgoneta, Autobús, Camió <= 3,5 tones, Camió > 3,5 tones, Altres vehicles
Sexe	Sexe de l'individu ferit	Factor	Home, Dona
Edat	Edat de l'individu ferit	Numèric	0:98
Tpersona		Factor	Conductor, Passatger o vianant
Gravetat	Severitat de l'accident	Factor	Ferit lleu, ferit greu, mort

Vehicles implicats			
Nom variable	Descripció	Tipus	Rang
Expedient	Número d'expedient	Caràcter	...
Vehicle	Tipus de vehicle	Factor	Bicicleta, Ciclomotor, Motocicleta, Turisme, Taxi, Furgoneta, Autobús, Camió <= 3,5 tones, Camió > 3,5 tones, Altres vehicles
Model	Model del vehicle	Caràcter	...
Marca	Marca del vehicle	Caràcter	...
Color	Color del vehicle	Factor	Altres, Blanc, Blau, Desconegut, Gris, Negre, Negre/Groc, Vermell
Tcarnet	Tipus de carnet	Factor	Sense permís, Llicència, AM, A1, A2, A, B, BTP, C, D, Altres carnets, Desconegut
Acarnet	Antiguitat del carnet	Numèric	0:74

Tipus d'accidents			
Nom variable	Descripció	Tipus	Rang
Expedient	Número d'expedient	Caràcter	...
Tipus	Tipus d'accident	Factor	Abast, Abast múltiple, Altres, Atropellament, Caiguda (dues rodes), Caiguda interior vehicle, Col·lisió frontal, Col·lisió fronto-lateral, Col·lisió lateral, Xoc contra element estàtic

Causa mediata			
Nom variable	Descripció	Tipus	Rang
Expedient	Número d'expedient	Caràcter	...
Causa	Causa mediata	Factor	Alcoholèmia, Calçada en mal estat, Drogues o medicaments, Estat de la senyalització, Excés de velocitat o inadequada, Factors meteorològics, No hi ha causa mediata, Objectes o animals a la calçada

3. Accidents de trànsit a Barcelona 2010-2017

En aquest apartat s'estudiarà en un primer lloc les característiques dels accidents de trànsit de la ciutat de Barcelona, determinant si existeix algun tipus de col·lisió o causa mediata predominant, les possibles interrelacions que existeixen i les característiques del número de víctimes i vehicles implicats en els sinistres, entre d'altres qüestions.

En segon lloc, s'analitzarà les característiques dels individus que van resultar ferits o morts degut a un sinistre, determinant quin és el perfil de risc per tal de poder realitzar en un futur unes polítiques de prevenció basades en aquestes condicions.

Així mateix, es realitzarà una anàlisi espacial sobre les característiques geogràfiques dels accidents de trànsit a Barcelona, determinant els punts on es concentren més accidents per barris, zones de risc i punts de concertació d'accidents...

Finalment, s'estudiarà el comportament dels accidents de trànsit segons la distribució temporal, és a dir, tenint en compte l'evolució dintre del període d'estudi, segons el més del any, el dia de la setmana i la franja horària.

3.1. Característiques de l'accident

3.1.1. Tipus de col·lisió i causa mediata

Realitzant un breu perfil dels accidents de trànsit gestionats per la Guàrdia Urbana en el període 2010-2017, es detecta que aproximadament el 90% dels casos no presenten una causa mediata, per tant es tracten d'accidents causats per factor humà.

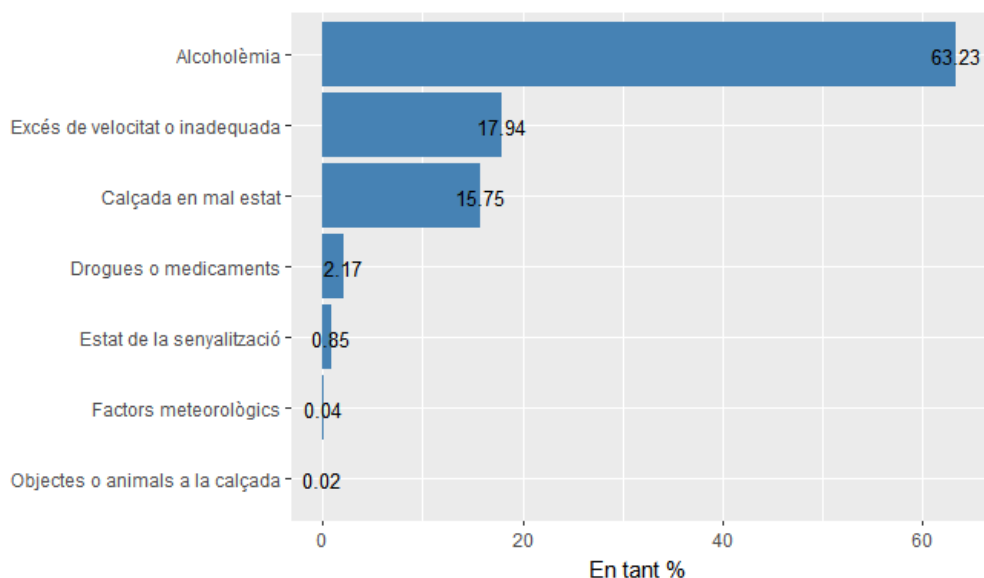


Figura 3.1 Proporció d'accidents segons la causa mediata

Si s'analitza els sinistres amb causa mediata, el principal motiu de l'accident és la presència de alcoholèmia que representa el 63,23% dels casos, en segon lloc l'excés de velocitat o velocitat inadequada i finalment la calçada en mal estat.

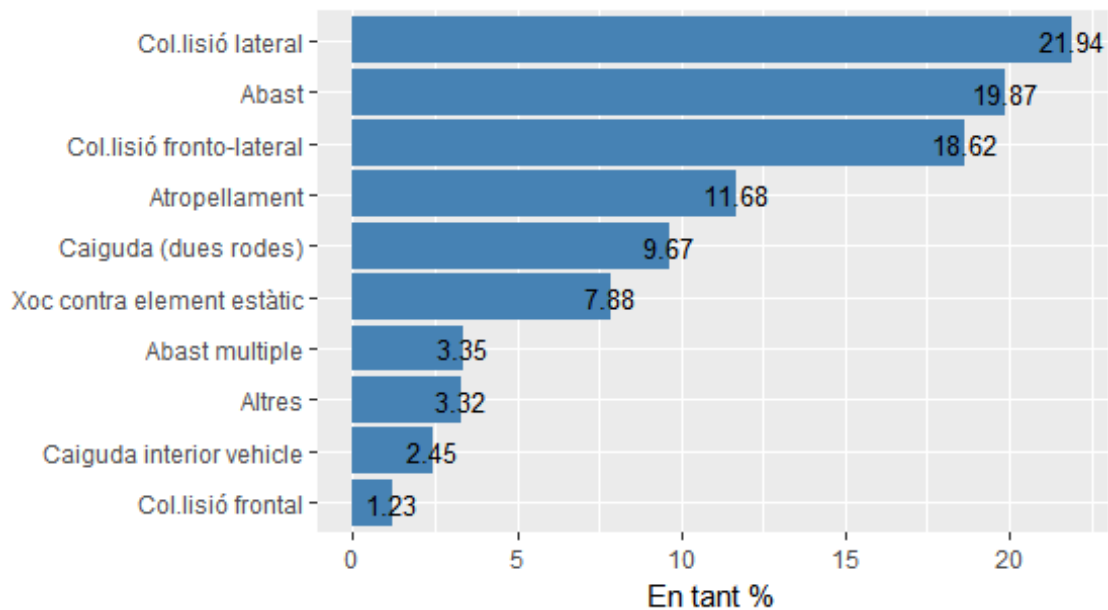


Figura 3.2 Proporció dels accidents segons el tipus de col·lisió

D'altra banda, en la Figura 3.2, si s'analitza el tipus de col·lisió més freqüent a la ciutat de Barcelona, s'observa que la col·lisió lateral, l'abast i la col·lisió fronto-lateral, representen conjuntament més del 60% dels casos.

És important analitzar el tipus de col·lisió perquè proporciona informació sobre la lesivitat dels accidents de trànsit.

En les col·lisions laterals i fronto-laterals, el conductor resulta ferit de major gravetat ja que està més pròxim a l'objecte que xoca i a les estructures internes del vehicle. Aquest tipus de col·lisió genera fractura de pelvis, lesions cranioencefàliques, entre d'altres. Les col·lisions per abast acostumen a generar fuetada cervical.

Cal destacar que el 11,68% dels accidents que van succeir en el període 2010-17 van ser atropellaments, els quals tenen associada major mortalitat.

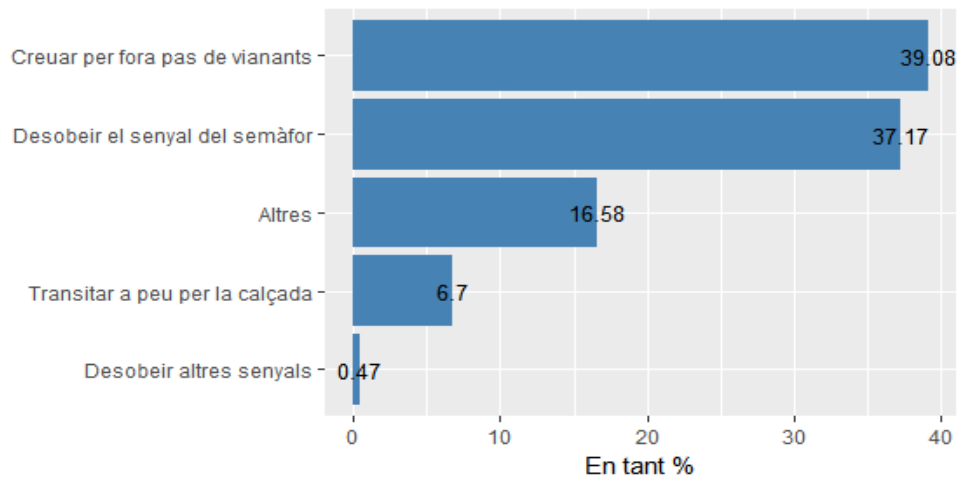


Figura 3.3 Proporció dels accidents causats pel vianant segons tipus

A la Figura 3.3, si s'analitza la possible existència de causa mediata del vianant en els atropellaments, s'observa que aproximadament el 94,10% dels accidents de trànsit no són provocats pels vianants, però les principals conductes que els provoquen són creuar per fora del pas de vianant i desobeir el senyal del semàfor que representa respectivament el 38,74% i 37,36% dels casos.

Si s'analitza el número de ferits lleus, greus o morts per accident de trànsit, es determina que més del 80% dels casos deixen almenys una víctima, sent la mitjana de víctimes per accident de trànsit 1,16.

S'observa un comportament semblant en el nombre de vehicles implicats. La mitjana és 1,925 vehicles implicats, aproximadament, el 20% dels accidents de trànsit presentaven un vehicle implicat, mentre que el 10% dels casos 2 o més.

Es destaca que la meitat dels accidents amb víctimes presenten dos vehicles implicats i un ferit lleu, greu o mort, mentre que un de cada deu presenta dos vehicles implicats amb dos ferits lleus, greus o morts.

S'ha analitzat la possible existència de relació lineal entre el nombre de ferits lleus, greus o morts amb el nombre de vehicles implicats, mitjançant la correlació de Spearman.

La variable número d'individus ferits lleus està altament correlacionada de forma positiva amb el número de víctimes (total), això implica que la variable número de víctimes lleus i víctimes totals té una forta relació lineal.

Tanmateix, si s'analitza la possible existència de relació entre el tipus de col·lisió i el dia de la setmana (Figura 3.4), s'observa un augment dels xocs contra elements estàtics i col·lisions frontó laterals el cap de setmana.

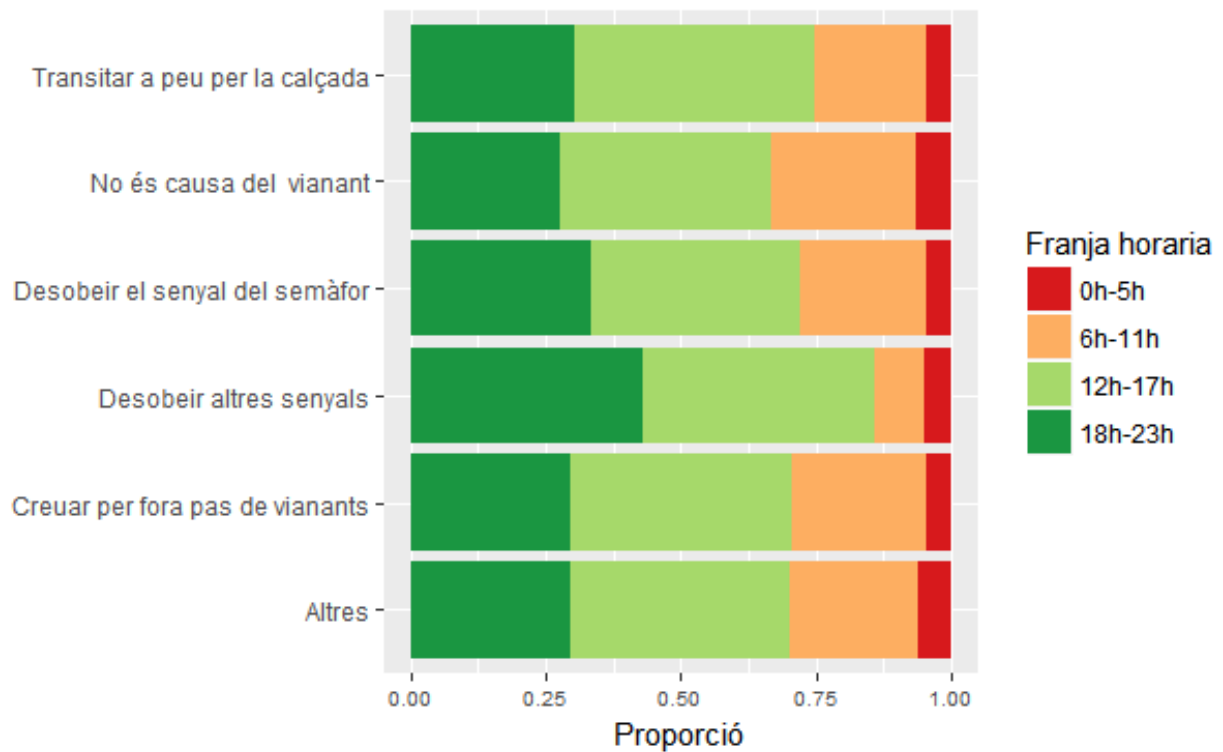


Figura 3.4 Distribució de franja horària segons la causa del vianant

Si s'analitza el tipus de causa mediata del vianant, és a dir, quan l'atropellament i/o accident és causat per una acció del vianant, segons la franja horària, es destaca un augment dels accidents provocats per desobeir altres senyals de 6 de la tarda a 11 de la nit.

S'ha realitzat el test d'independència de la χ^2 per tal de comprovar si realment les dues variables són independents o bé presenten algun tipus d'associació. El p-valor que s'obté és inferior al nivell de significació del 5% i per tant es rebutja la hipòtesis nul·la d'independència entre la causa mediata del vianant amb la franja horària.

A continuació, s'analitza si hi ha una relació causal entre el tipus de causa mediata del vianant amb el tipus de col·lisió de l'accident.

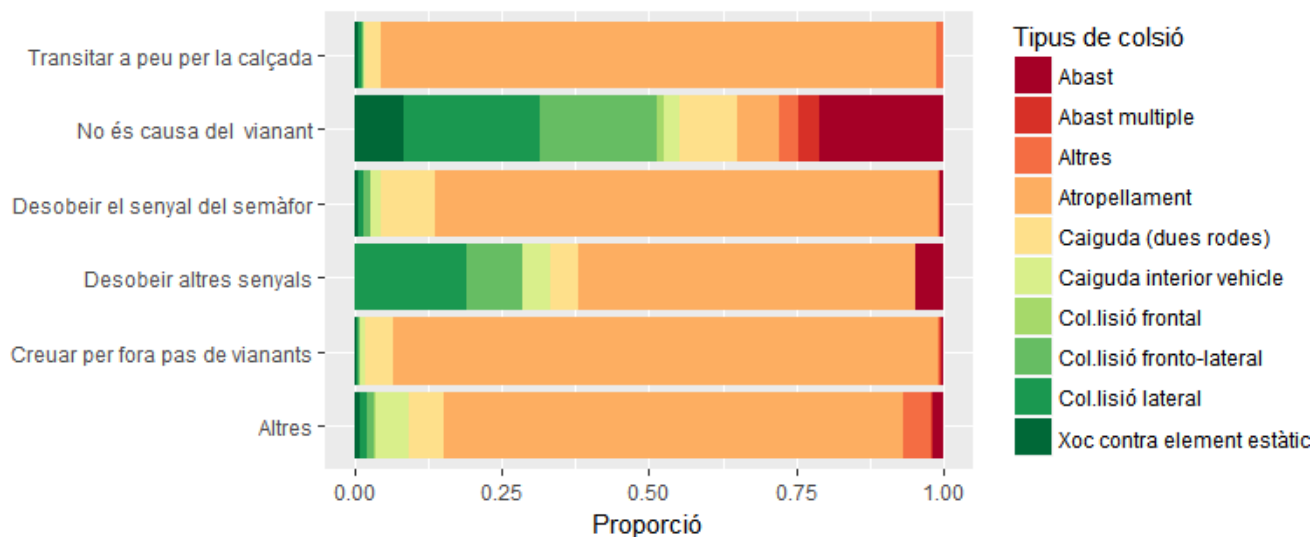


Figura 3.5 Distribució del tipus de col·lisió segons la causa del vianant

Creuant la informació entre tipus de col·lisió de l'accident i la presència de causa mediata del vianant, es destaca que l'atropellament és el tipus de col·lisió principal quan existeix causa mediata del vianant i en segon lloc la caiguda de vehicles de dues rodes. Cal destacar que quan el vianant desobeix altres senyals provoca tipus de col·lisió lateral i fronto-lateral.

Analitzant el possible predomini de conductes segons la franja horària, s'observa una relació causal entre la causa mediata i la franja horària. Existeix un predomini dels accidents per motius d'alcoholèmia entre les 12 de la nit i les 6 del matí.

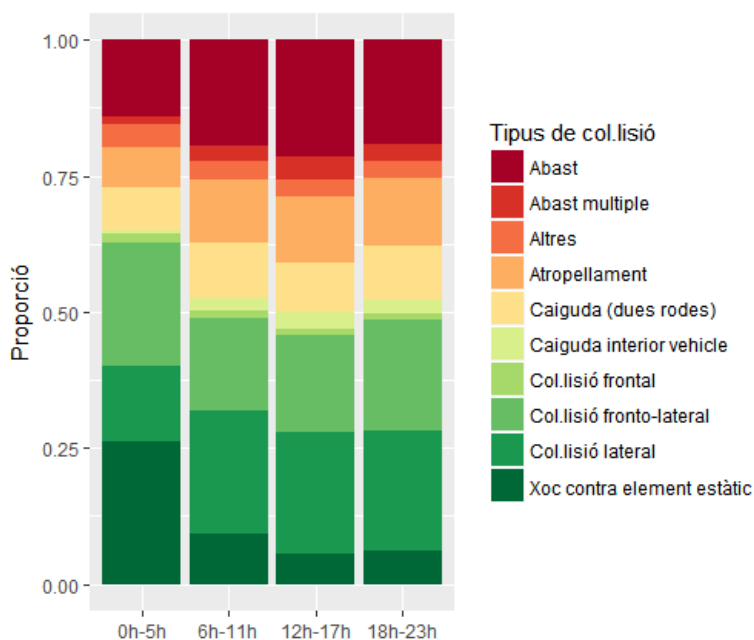


Figura 3.6 Distribució del tipus de col·lisió segons la franja horària

Analitzant la Figura 3.6 del tipus de col·lisió segons la franja horària, s'observa patrons de col·lisió diferenciats segons la franja horària de l'accident. Entre les 12 de la nit i les 5 del matí hi ha una concentració d'accidents per xoc contra element estàtic. Predomina les col·lisions laterals, frontó-laterals i abast des de les 6 del matí fins les 11 de la nit.

S'ha realitzat el test d'independència de la χ^2 per tal de determinar si hi ha relació entre el tipus de col·lisió i la franja horària. S'ha obtingut un p-valor inferior al nivell de significació concloent que hi ha relació entre la franja horària de l'accident amb el tipus de col·lisió.

Una altra qüestió a analitzar és si la causa mediata és un factor determinant del tipus de col·lisió, és a dir: La causa mediata determina el tipus de col·lisió de l'accident?

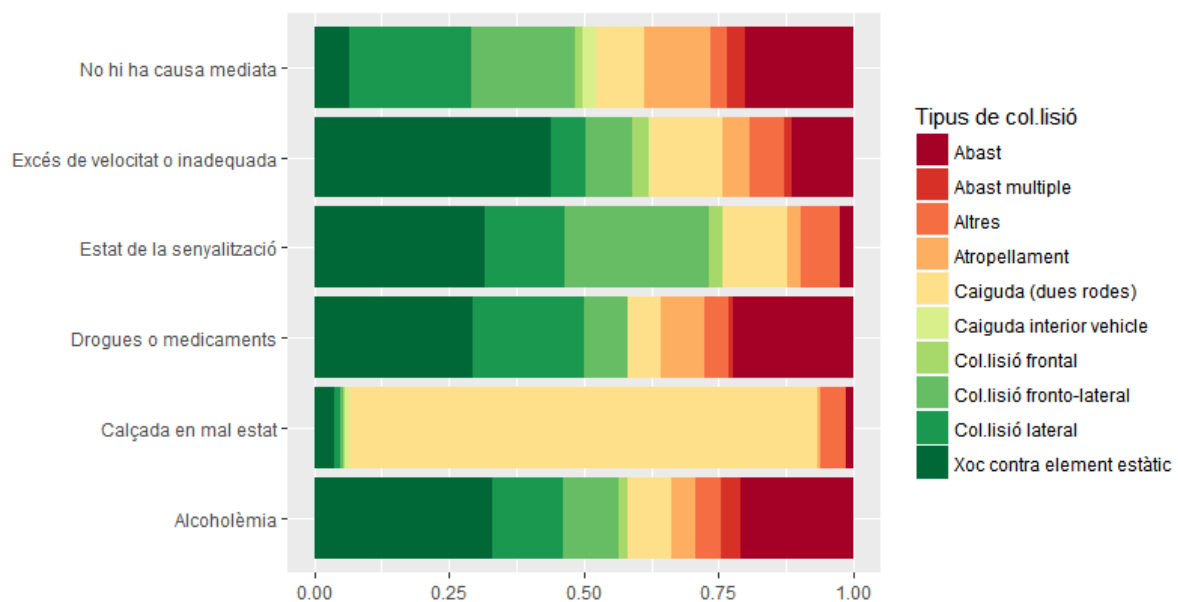


Figura 3.7 Distribució del tipus de col·lisió segons la causa mediata

Creuant la informació sobre la causa mediata de l'accident i el tipus de col·lisió, es detecta que quan no hi ha causa mediata predominen les col·lisions laterals, frontó laterals i abast. Si el motiu de l'accident ha estat la presència d'alcoholèmia, el tipus de col·lisió més freqüent és el xoc contra element estàtic. Finalment, si el motiu de l'accident és la calçada en mal estat, aquest fet provoca caiguda de vehicles de dues rodes, majoritàriament.

Analitzant el número de morts en els accidents de trànsit segons la causa mediata, s'observa que la majoria d'accidents no presenten causa mediata ni morts però la presència de alcoholèmia, la calçada en mal estat, l'excés de velocitat i el consum de drogues i medicaments són factors determinats en quant a la mortalitat del sinistre. Cal posar èmfasi que els accidents amb més d'un mort són per motius d'excés de velocitat.

Anàlogament, s'ha analitzat si hi ha diferència en el número de morts segons els tipus de causa mediata de l'accident.

Per dur a terme aquesta anàlisi, en primer lloc s'ha realitzat el test de normalitat de Pearson del nombre de morts per accident de trànsit. S'obté un p-valor inferior al nivell de significació, concloent que el número de morts no es distribueix segons una distribució normal.

Pearson chi-square normality test

```
data: accidents$Nmorts  
P = 14711000, p-value < 2.2e-16
```

Donat aquest fet, s'ha realitzat la prova no paramètrica de l'ANOVA, és a dir, la comparació de medianes per grups. El test de Kruskal-Wallis de suma de rangs permet comparar si un conjunt de dades prové de la mateixa distribució (igualtat de medianes) o no. En aquest context es contrastarà si la mediana de morts segons el tipus de causa mediata és igual entre els grups. El test proporciona un p-valor inferior al nivell de significació del 5%, rebutjant-se la hipòtesis nul·la d'igualtat de medianes. Per tant es conclou que hi ha diferència entre el número de morts segons la causa mediata de l'accident, sent el factor drogues o medicaments la causa mediata amb major mitjana de morts i en segon lloc l'excés de velocitat.

Kruskal-wallis rank sum test

```
data: Nmorts by Causa  
Kruskal-wallis chi-squared = 359, df = 7, p-value < 2.2e-16
```

S'ha realitzat el mateix procediment per analitzar el número de morts en l'accident segons la causa mediata del vianant i segons el tipus de col·lisió. En ambdós casos s'obté un p-valor inferior al nivell de significació, concloent que hi ha diferència de medianes en el nombre de morts en l'accident segons la causa mediata del vianant i segons el tipus de col·lisió.

Per tant, el fet de creuar per fora del pas de vianants, desobeir el senyal del semàfor i els atropellaments representa major mortalitat que la resta.

D'altra banda, s'ha estudiat la possible diferència entre el total de ferits lleus, greus i morts en l'accident segons el tipus de causa mediata, causa mediata del vianant i tipus de col·lisió, utilitzant el procediment anterior.

Els resultats del test porten a concloure que no hi ha igualtat de medianes en nombre de víctimes segons els factors causa mediata, causa mediata del vianant i tipus de col·lisió.

D'aquest fet s'extreu les següents conclusions:

En primer lloc, el factor drogues o medicaments és la causa mediana que major nombre de víctimes en mitjana provoca i l'alcoholèmia la que menys. Tanmateix, cal destacar que els accidents provocats pel factor drogues o medicaments provoquen el major nombre de víctimes severes (ferits greus i morts).

En segon lloc, l'abast múltiple és el tipus de col·lisió que provoca en mitjana més de 2 ferits o morts, d'altra banda el que menys és el xoc contra elements estàtics. Desobeir el senyal del semàfor ocasiona el major nombre de víctimes en mitjana, sent 1,41 víctimes.

3.1.2. Factor humà i vehicle

Analitzant les característiques dels conductors i vehicles implicats en els accidents de trànsit amb víctimes en el període 2010-2017, s'obtenen les següents conclusions.

El tipus de vehicle implicat en major nombre d'accidents és el turisme, representant el 46,86% dels casos, mentre que els vehicles de dues rodes representen el 37,16%.

Cal analitzar si aquest fet es dona per una característica estructural, és a dir, hi ha tipologies de vehicle que concentren més accidents que la resta o bé, aquest fenomen és de caràcter probabilístic i per tant la proporció d'accidents en cada tipus s'aproxima a la proporció de vehicles del parc automobilístic barceloní.

Taula 3.1 Proporció de vehicles a la mostra vs. població

	% observat	% població
Turisme	46,86	61,3
Motocicleta	30,33	23,6
Ciclomotor	6,83	6
Furgonetes	6,26	4,8
Camions	2,31	2,2
Altres vehicles	7,41	2,1
Total	100	100

Realitzant el test de bondat de l'ajust de la χ^2 s'obté un p-valor inferior al nivell de significació del 5% i per tant es rebutja H_0 i es conclou que la proporció d'accidents segons el tipus de vehicle no es comporta de la mateixa forma que a nivell teòric (població del parc automobilístic).

Per tant, els valors observats a la mostra no concorden amb els valors esperats segons el cens de vehicles de Barcelona. En el cas dels turismes estan subrepresentats i en el cas dels vehicles de dues rodes estan sobrerrepresentats.

Les motocicletes concentren més nombre d'accidents de trànsit amb víctimes respecte a la població. És a dir, els vehicles de dues rodes estan més exposats a patir un accident de trànsit que un turisme.

D'altra banda, sembla interessant analitzar si realment hi ha un color del vehicle que concentra més accidents que la resta.

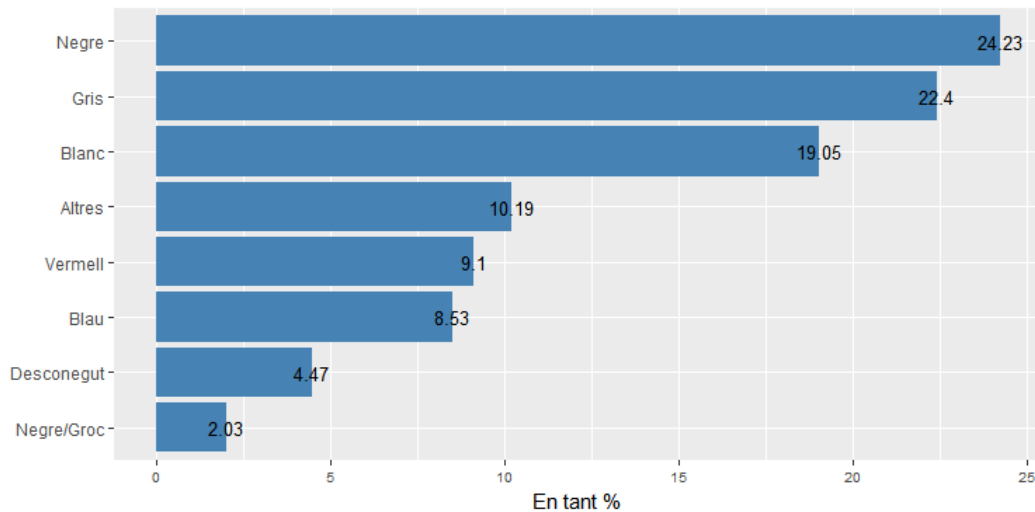


Figura 3.8 Proporció d'accidents segons el color del vehicle implicat

S'observa un predomini dels accidents on el vehicle implicat és de color negre, gris i blanc que representen un 24,23%, 22,40% i 19,05% respectivament.

Caldria comparar aquestes dades amb les característiques dels colors dels vehicles del parc automobilístic de Barcelona per tal de determinar si és cert o no que el factor color és un tret relacionat amb l'accidentalitat. No s'ha pogut dur a terme aquest estudi ja que no es disposa d'aquesta informació.

Analitzant el tipus de carnet que presentava el conductor del vehicle implicats, s'observa que més de la meitat dels conductors (el 66,42%) presentaven carnet tipus B, que permet conduir turisme i motocicletes amb menys de 125 cc. El 11,28% presenta carnet A, és a dir, que pot conduir tot tipus de motocicleta.

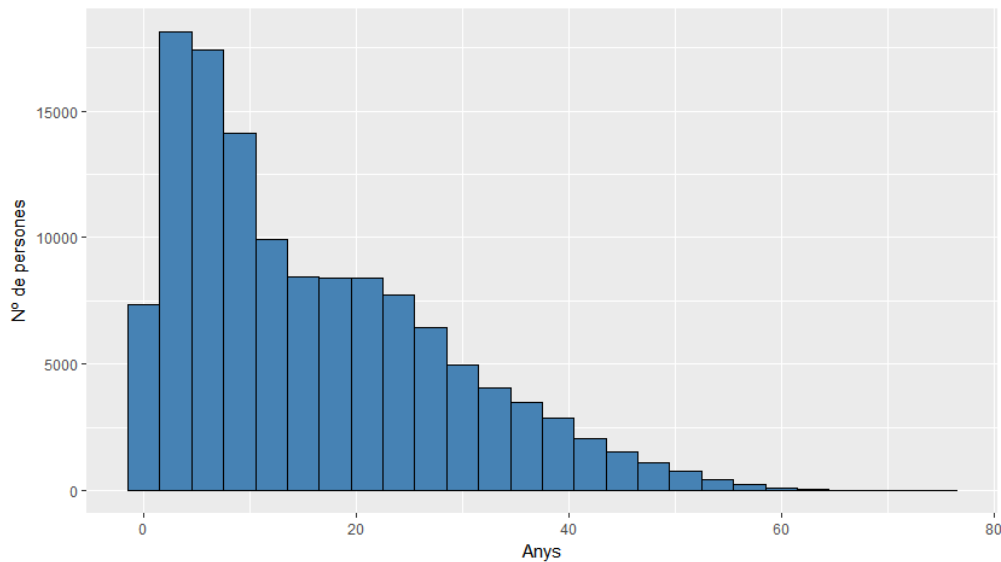


Figura 3.9 Anys de carnet del conductor

En la variable anys d'antiguitat del carnet, s'observa una asimetria a l'esquerra, mostrant una concentració en els valors menors. El 25% dels accidents amb víctimes el conductor del vehicle implicat presentava menys de 5 anys de carnet i el 50% presentava menys de 13 anys.

Si s'avalua la distribució de l'antiguitat del carnet segons el tipus de vehicle, s'observa que els conductors de ciclomotor presenten la menor mitjana d'anys de carnet mentre que els camions i altres vehicles la major.

En quant als anys d'antiguitat del carnet, les dones i els homes presenten una mitjana semblant però el rang d'anys és més curt en el cas de les dones.

Aproximadament el 75% de les conductores presentaven carnet tipus B, mentre que els conductors el 60% tenien carnet B i el 30% carnet A.

D'altra banda, analitzant l'associació segons el tipus de carnet de conduir i el vehicle utilitzat, es destaca que els individus que condueixen motocicleta presenten tipus de carnet B més que A. Això es deu a la normativa de la DGT de carnet B + 3 anys d'antiguitat que permet conduir ciclomotors de 125 cc.

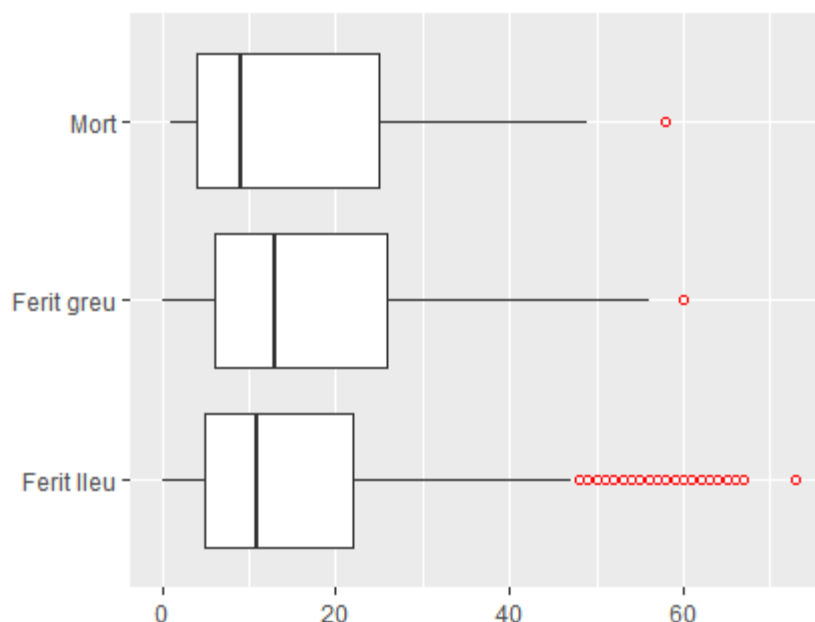


Figura 3.10 Boxplot dels anys de carnet segons la severitat de l'accident

Finalment, si es relaciona la severitat de l'accident amb els anys de carnet del conductor implicat s'observa, a la Figura 3.10, que la mitjana d'anys de carnet dels conductors que van provocar ferits greus és superior a la resta. S'ha realitzat el test de Kruskal-Wallis per comparar si la mediana d'anys de carnet segons la severitat és igual entre els grups o no, obtenint un p-valor inferior al 5%, rebutjant la hipòtesi nul·la.

A continuació, s'analitza la presència de determinades marques i models de vehicles implicats en els accidents de trànsit.

Cal tenir en compte que hi hagi major presència d'un model de cotxe o motocicleta no necessàriament implica que sigui més perillós sinó que pot ser degut a la major presència d'aquella marca en el parc de vehicles de Barcelona.

Donat que no es disposa d'informació de les característiques de model i marca en el parc de vehicles de Barcelona, només es realitzarà una breu descripció del tipus de vehicles que van estar implicats en un accident amb víctimes en el període 2010-2017.

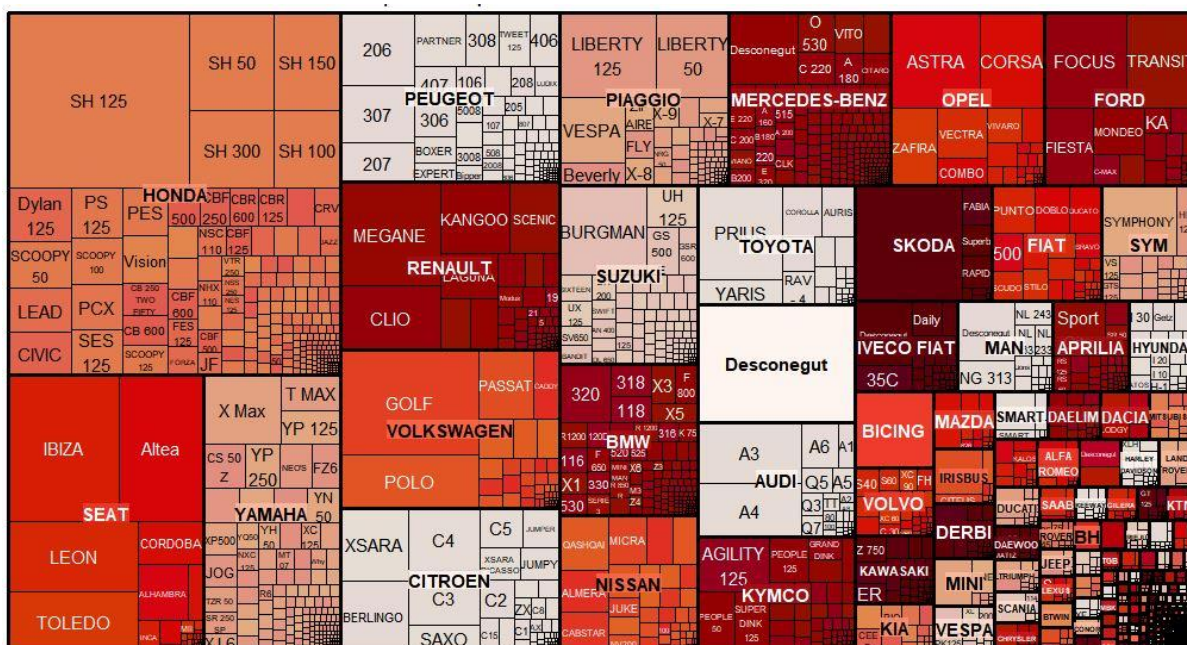


Figura 3.11 Treemap de les marques i models de cotxes implicats

S’observa un gran predomini de motocicletes marca Honda, destacant-se el model SH 125, la marca Yamaha model X Max, la marca Piaggio Liberty 125 i la Suzuki Burgman, implicades en accidents de trànsit amb víctimes.

La marca i model de turisme més presents a la mostra són el Seat (Ibiza, Leon, Toledo i Altea), el Peugeot-206, el Renault (Megane i Clio), el Volkswagen (Golf i Polo), el Citroën (Xsara, C4 i C3), entre d’altres.

Dels altres tipus de vehicle, s’observa la marca de bicicletes “bicing”, la marca de camions Fiat-Iveco i la marca d’autobusos MAN.

3.2. Usuaris de risc

Analitzant les característiques dels individus que van resultar ferits o morts en conseqüència d’un accident de trànsit en el període 2010-2017, s’obté múltiples atributs que defineixen el perfil d’usuari de risc.

3.2.1. Segons l'edat

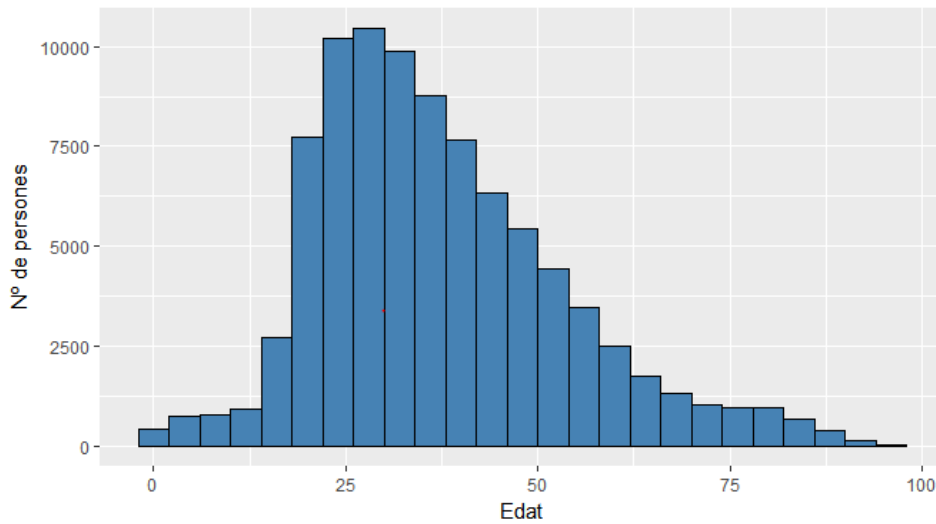


Figura 3.12 Distribució de l'edat de les persones ferides i mortes

Si s'analitza el comportament de l'edat de les persones ferides i mortes, s'observa un gran increment del nombre de víctimes a partir dels 18 anys que comença a reduir-se a partir dels 30 anys.

La mitjana d'edat es situa en 37,73 anys però donat que la distribució té certa asimetria dreta no és recomanable analitzar la mitjana sinó la mediana i quantils.

El 25% dels individus ferits tenien menys de 26 anys, el 50% entre 26 i 47 anys i el 25% restant més de 47 anys.

A partir de les dades del cens de població de Barcelona, es va estudiar si el comportament de la població dels ferits o morts per accident de trànsit tenia la mateixa estructura que la piràmide d'edat o bé hi havia algun grup que estava més exposat a patir un accident que els altres.

Es va realitzar el test de la bondat de l'ajust de la χ^2 per determinar si la proporció d'accidents en cada grup de la mostra es distribuïen com la població (informació extreta del cens de població). S'obté un p-valor superior al nivell de significació conclouent que la població dels individus ferits o morts es comporta de la mateixa forma que la població general.

Pearson's Chi-squared test

x-squared = 380, df = 361, p-value = 0.2358

Malgrat això, si s'analitza la distribució de l'edat segons el nivell de severitat de l'accident, és a dir, segons si és un ferit lleu, greu o mort, s'obtenen conclusions diferents.

S'ha realitzat el test d'independència de la χ^2 per contrastar si existeix relació entre l'edat (categòrica) i el grau de severitat de la víctima i el test de comparació de medianes de Kruskal-Wallis per comparar si ha o no igualtat de medianes d'edat segons el grau de severitat del ferit i mort.

```
> chisq.test(table(persones$cut, persones$N_ferit))  
  
Pearson's Chi-squared test  
  
data:  table(persones$cut, persones$N_ferit)  
X-squared = 616.32, df = 38, p-value < 2.2e-16  
  
> kruskal.test(persones$Edat, persones$N_ferit)  
  
kruskal-wallis rank sum test  
  
data:  persones$Edat and persones$N_ferit  
Kruskal-wallis chi-squared = 199.38, df = 2, p-value < 2.2e-16
```

En ambdós contrastos s'ha obtingut un p-valor inferior al nivell de significació conclouent que no hi ha igualtat de medianes en l'edat dels individus segons el grau de severitat i que la variable edat (categòrica) no és independent del grau de severitat.

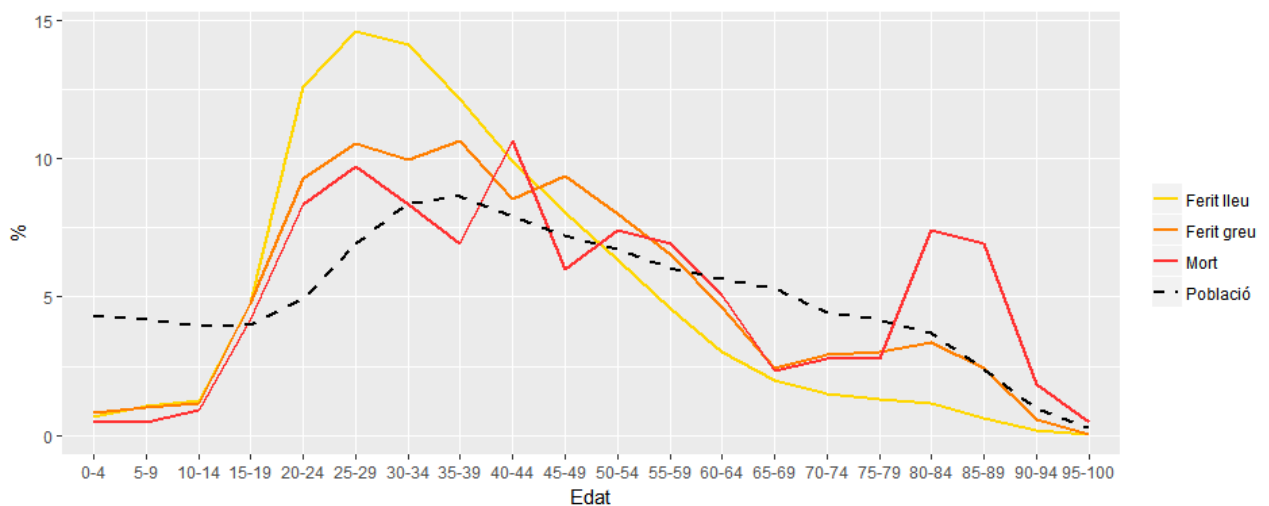


Figura 3.13 Distribució de l'edat segons el grau de severitat de l'accident

La Figura 3.13 representa la proporció d'accidents segons el grup d'edat dels individus respecte el grau de severitat (cada línia suma el 100%). La línia negra representa la mitjana de la proporció d'individus de cada grup d'edat segons el cens de Barcelona 2010-2017.

S'observa que els grups d'edat menys exposats a resultar ferits o morts en un accident de trànsit són els individus de 0-14 anys, aquest grup representa al voltant del 5% de la població respectivament i a la mostra d'accidents no arriba al 1%.

Es destaca un gran increment de la proporció de víctimes d'entre 15 i 19 anys, però és un valor semblant al poblacional.

A partir dels 19 anys fins els 44 anys hi ha un increment molt elevat en el nombre de ferits lleus, greus i morts per sobre del valor poblacional. S'observa una reducció de la presència de víctimes mortals d'entre els 29 i 39 anys, on torna a créixer fins el 49 anys.

A partir d'una edat més elevada es comença a reduir la tendència però hi ha major presència de ferits greus i morts que lleus.

Finalment, s'observa un increment de la mortalitat dràsticament a partir dels 75 anys.

Analitzant la variable edat segons el tipus d'usuari de la via s'observen les següents característiques.

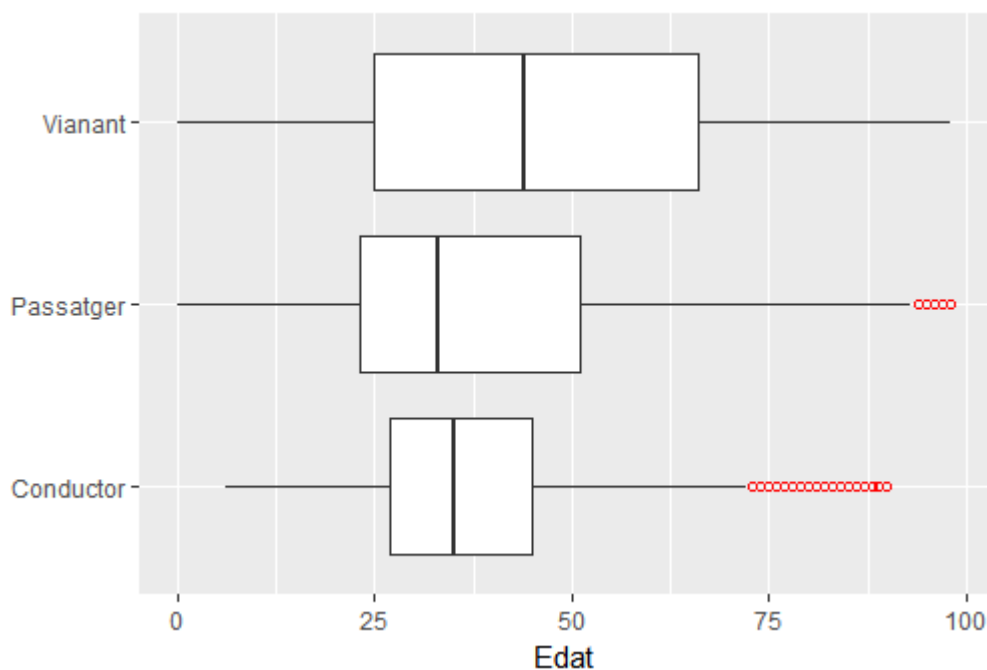


Figura 3.14 Boxplot de l'edat del individu ferit o mort segons l'ocupació de la via

S'observa que el rang d'edat menor es situa en els conductors, mentre que el rang més ample i mitjana d'edat superior són els vianants.

Pel cas de les víctimes mortals, s'observen grans diferències en el grup dels vianants respecte el comportament general.

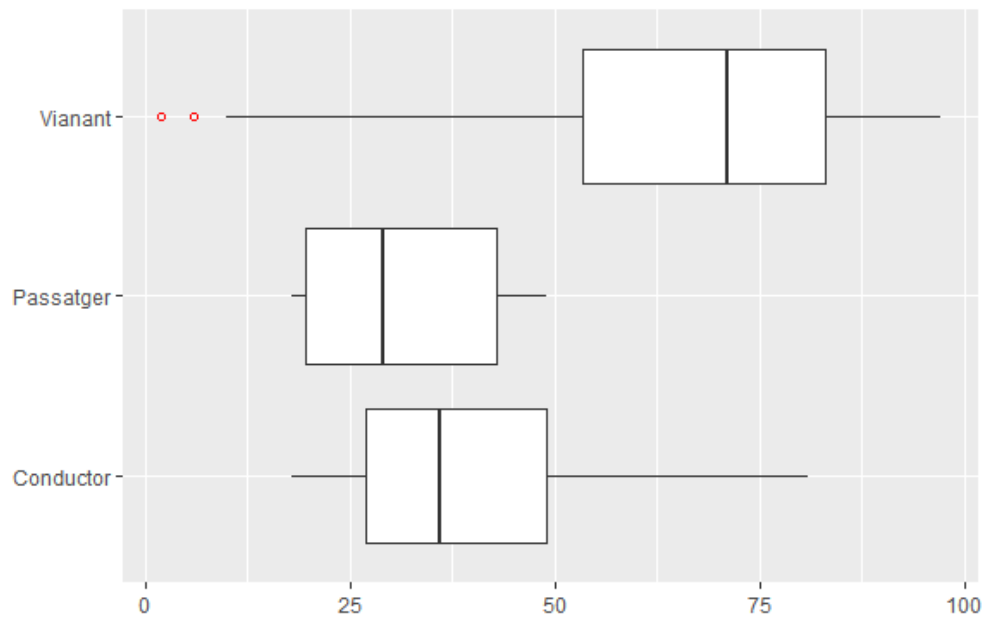


Figura 3.15 Boxplot de l'edat de les persones mortes

Veiem doncs que la mitjana d'edat dels vianants atropellats mortalment es situa al voltant de 65 anys i més del 75% dels casos l'individu tenia més de 53 anys.

S'ha realitzat el test de suma de rangs de Kruskal-Wallis per tal de determinar si la mediana d'edat dels individus ferits per grup de conductors, passatgers i vianants és igual o no. L'estadístic obtingut és superior al de contrast i per tant es conclou que hi ha diferència de mediana d'edat entre els grups.

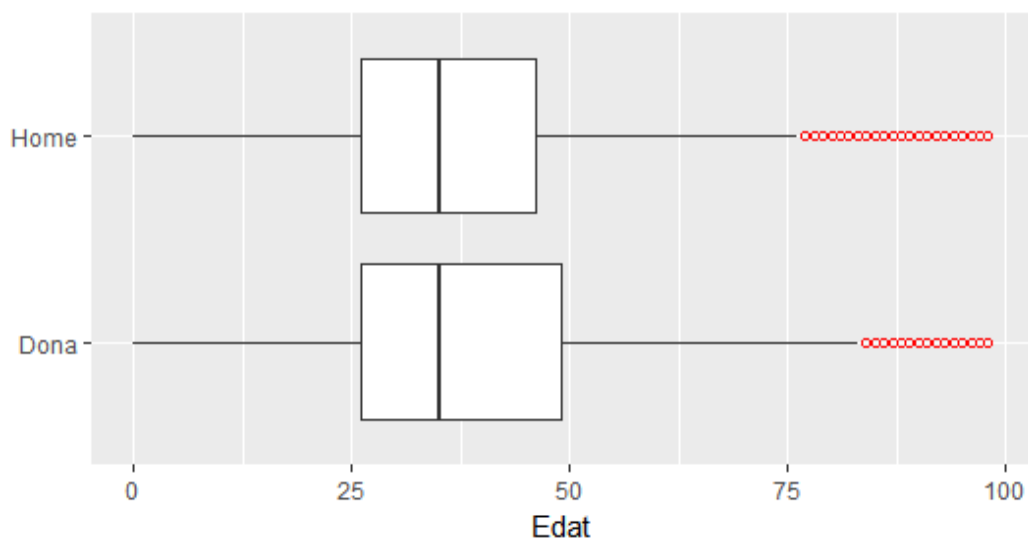


Figura 3.16 Distribució de l'edat de la víctima segons el sexe

En la Figura 3.16 es mostra el perfil de l'edat dels individus ferits segons el sexe. S'observa que les dones presenten un rang d'edat més ample i major mitjana (38,57 anys) mentre que els homes ferits i morts presenten en mitjana 37,21 anys. S'ha realitzat el test de comparació de medianes de Kruskal-Wallis per contrastar si les diferències són significatives o no. El contrast resultant té associat un p-valor inferior al nivell de significació del 5%, per tant no es pot afirmar que la mitjana d'edat en ambdós grups sigui igual.

3.2.2. Segons el vehicle

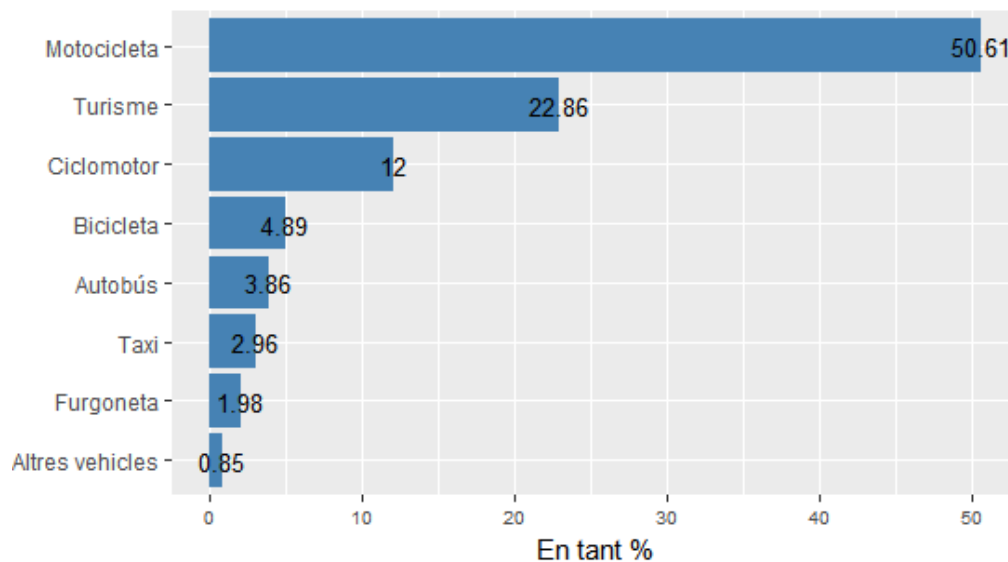


Figura 3.17 Proporció de ferits i morts segons el vehicle implicat

Analitzant la relació dels individus ferits segons el tipus de vehicle implicat en l'accident, s'observa que el 50,61% dels casos l'individu ferit anava en motocicleta. Aquest fet pot estar relacionat o bé perquè hi predominen les motocicletes a la ciutat de Barcelona o realment els individus que van en motocicleta pateixen majors lesions que la resta de vehicles.

Tenint en compte l'evolució del parc de vehicles a Barcelona en el període 2010-2017, els turismes representen aproximadament el 60% dels vehicles mentre que les motocicletes el 20%. Per tant, si no hi hagués una relació entre els ferits lleus, greus i morts i el vehicle utilitzat caldria esperar que la proporció d'accidents segons el vehicle manté una estructura semblant al parc de vehicles.

Realitzant el test de bondat de l'ajust de la χ^2 per comparar la proporció observada de ferits i morts en cada categoria versus la proporció teòrica (parc de vehicles), s'obté un p-valor inferior al 5% de significació, rebutjant la hipòtesi nul·la.

Es conclou que la proporció de ferits segons el vehicle utilitzat no es distribueix igual que la proporció de cada tipus de vehicle del cens de vehicles de Barcelona. En altres paraules, hi ha relació entre resultar ferit o no en un accident de trànsit segons el vehicle utilitzat, observant-se que més del 50% dels ferits per accident de trànsit circulaven en motocicleta i per tant estan més exposats a resultar ferits que en els demés tipus de vehicles.

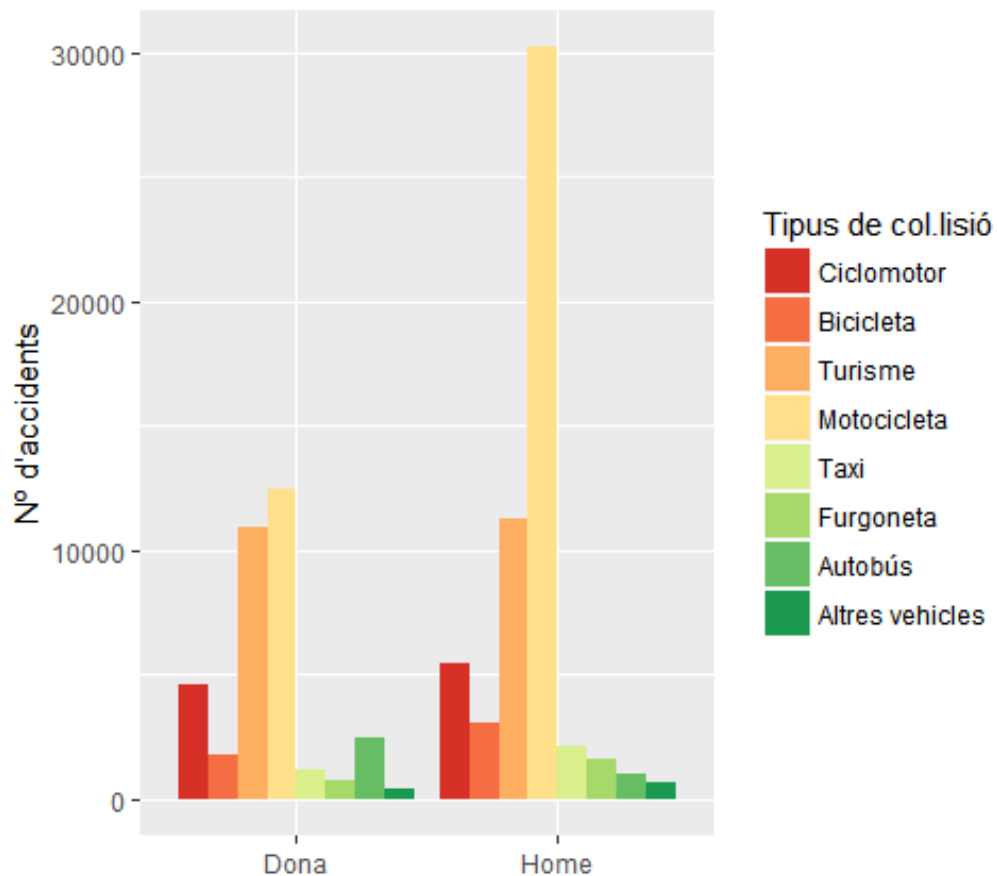


Figura 3.18 Relació sexe de l'individu ferit o mort amb el vehicle implicat

Analitzant el sexe de les persones ferides juntament amb el vehicle utilitzat, s'observa que la majoria dels homes que van resultar ferits anaven en motocicleta, mentre que les dones ferides anaven tant en turisme com en motocicleta. Cal destacar que predomina l'ús dels autobusos en les dones respecte als homes.

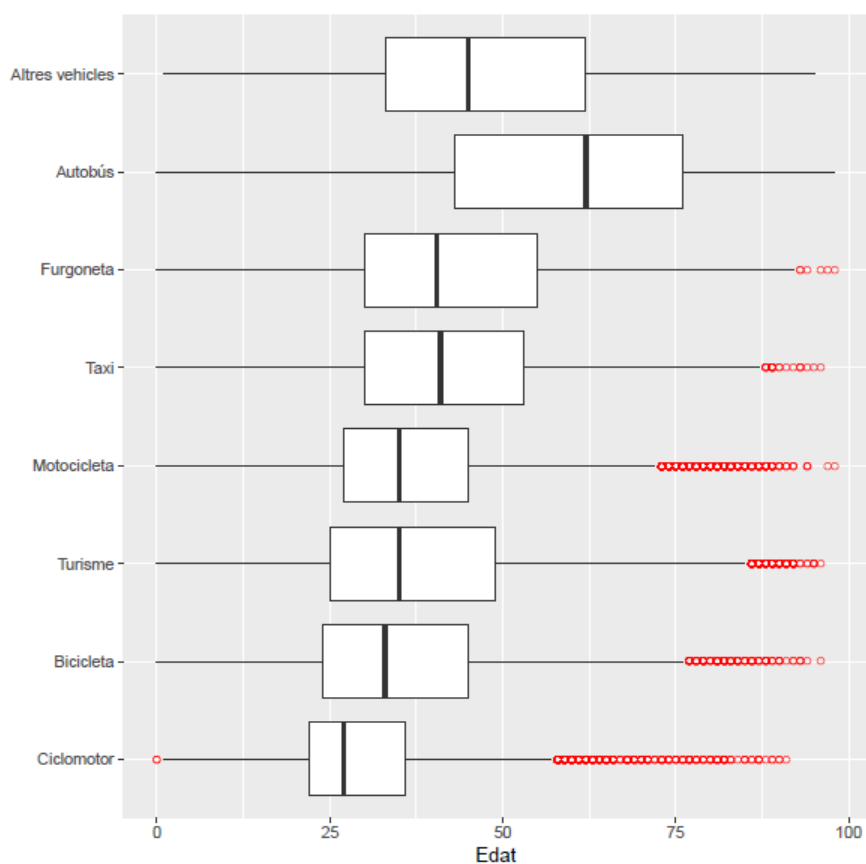


Figura 3.19 Boxplot de l'edat dels individus ferits o morts segons el vehicle implicat

A la Figura 3.19 s'observa la distribució de l'edat de l'individu ferit segons el tipus de vehicle utilitzat. Es destaca que els individus amb un rang d'edat més reduït i mitjana d'edat més petita són aquells que utilitzen ciclomotor. D'altra banda s'observa que la mitjana d'edat dels individus ferits en turisme i motocicleta és molt semblant però es destaca el rang d'edat dels individus en motocicleta és més curt. Finalment, el rang i la mitjana d'edat més gran dels ferits es situa en el mitjà de transport "Autobús".

Per tal de concloure si la diferència de la mitjana d'edat entre els grups de vehicles és significatiu o no, s'ha realitzat el test de Kruskal-Wallis. S'obté un p-valor inferior al nivell de significació del 5% i per tant existeix diferències de mediana d'edat dels individus ferits i morts segons el vehicle utilitzat.

En la Figura 3.20 es mostra la distribució dels individus ferits segons l'ocupació de la via (conductor, vianant, o passatger) i el mitjà de transport utilitzat. Així doncs, es podrà analitzar quina és la ubicació que està més exposada al risc.

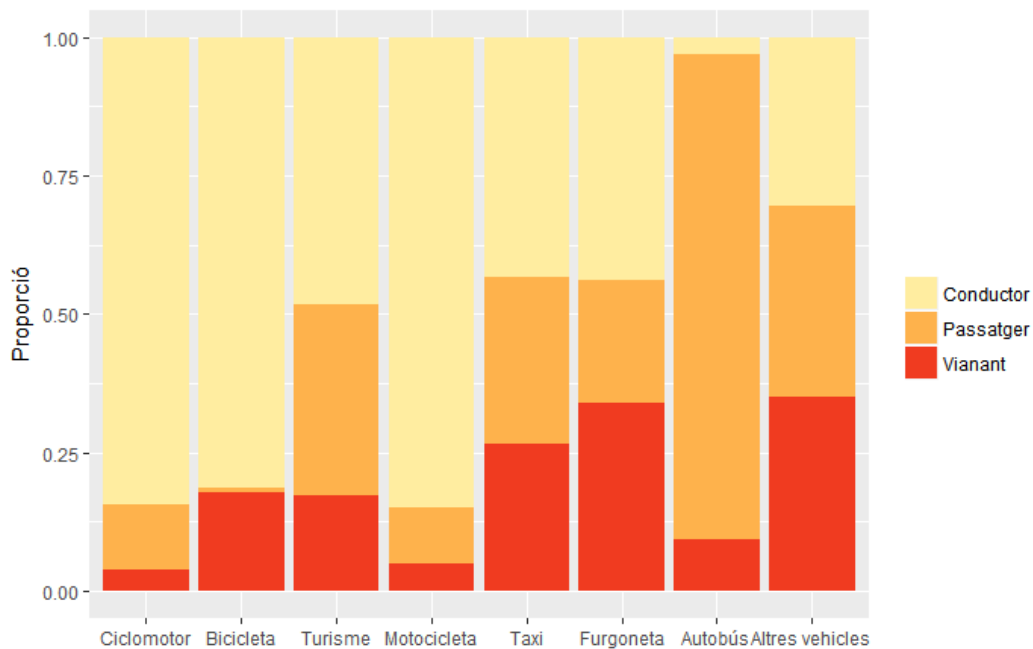


Figura 3.20 Tipus d'usuari ferit o mort segons el vehicle implicat

En els vehicles de dues rodes el conductor resulta molt més perjudicat que el passatger, això pot ser degut a què els vehicles de dues rodes presenten menor ocupació en mitjana que la resta de vehicles.

D'altra banda, els individus que resulten ferits en els sinistres amb turisme són tant el conductor com el passatger.

Cal destacar que els accidents amb vehicle implicat furgoneta, altres vehicles i taxi deixen la mateixa proporció de conductors ferits que vianants.

Finalment, en el cas dels accidents d'autobús, la majoria de ferits són els passatgers.

Analitzant els individus que van morir a causa d'un accident de trànsit, s'observa que el 85,12% dels conductors que van partir un accident mortal conduïen un vehicle de dues rodes (motocicleta o ciclomotor). El 60% dels passatgers del vehicle que van morir van ser en un vehicle de dues rodes. I finalment, un de cada tres atropellaments mortals va ser provocat per una motocicleta, mentre que un de cada quatre per un turisme.

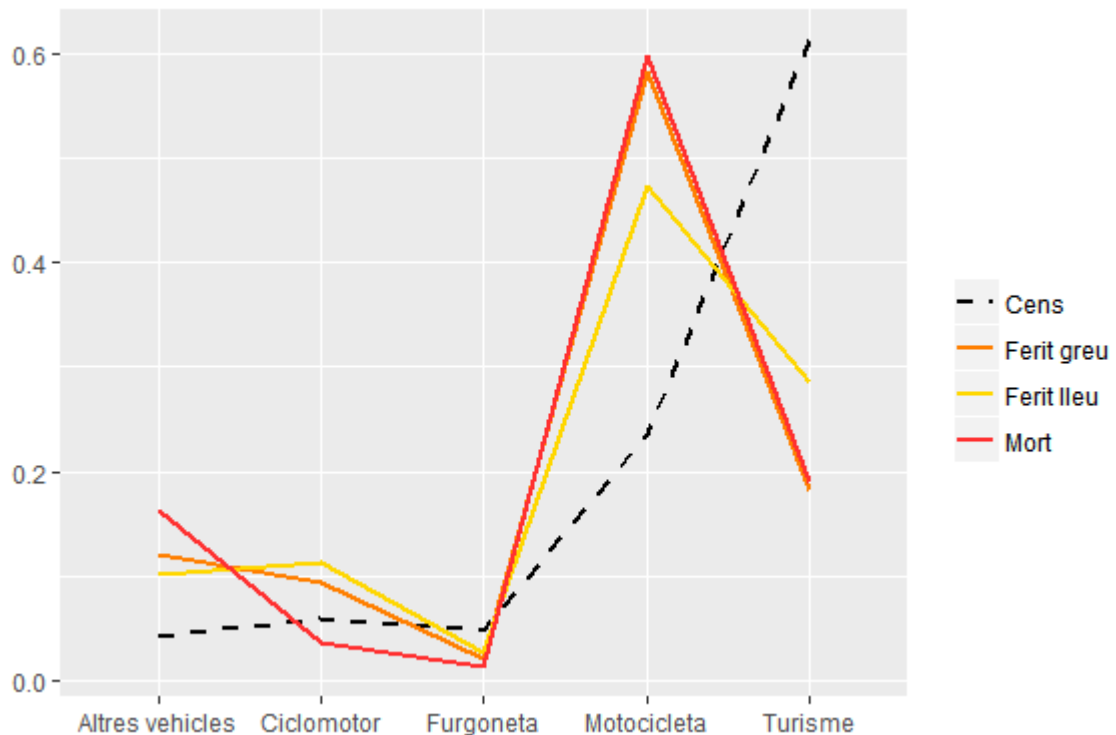


Figura 3.21 Proporció de ferits segons el grau de severitat i el tipus de vehicle implicat

Analizant la severitat de l'accident segons el vehicle implicat, s'observa que aproximadament el 60% dels ferits greus i dels morts circulaven en motocicleta, aquesta proporció es redueix fins al 47% en el cas dels ferits lleus. Cal destacar que aquests valors estan molt per sobre de la proporció de motocicletes en el parc de vehicles de Barcelona que representen un 24% dels vehicles. El cas contrari són els turisme que representen un 60% del cens de vehicles però la proporció de víctimes d'accidents de trànsit amb vehicle implicat turisme no arriba al 30%.

Es destaca que hi ha una menor proporció de víctimes mortals en accidents de ciclomotor respecte al valor poblacional (cens). Anàlogament, hi ha una major presència de víctimes provinents d'accidents de trànsit amb altres tipus de vehicles en comparació al valor poblacional, accentuant-se en el cas dels accidents mortals.

3.2.3. Segons el tipus d'usuari

El 69,31% dels casos l'individu ferit va ser el conductor, el 20,07% el passatger del vehicle i el 10,62% vianant.

Cal destacar que el 61,6% dels individus ferits van ser homes versus el 38,4% dones.

En relació a la severitat de l'accident, s'observa que el 97,70% dels ferits van ser lleus, el 2,06% greus i el 0,24% morts.

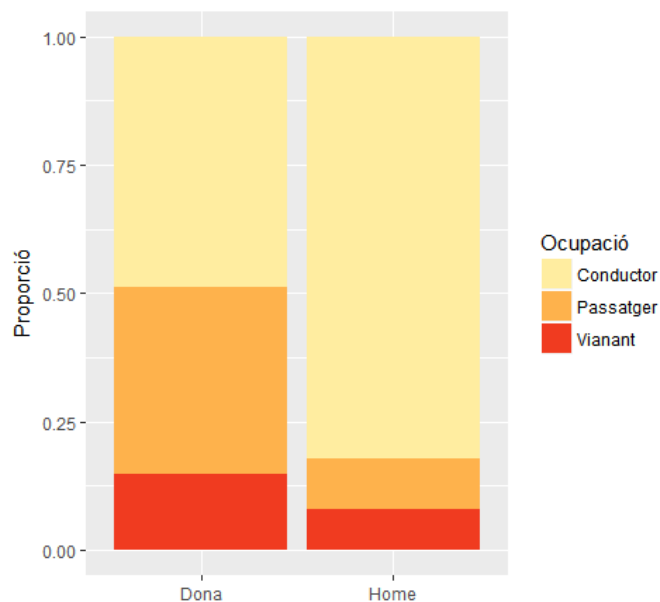


Figura 3.22 Individus ferits i morts segons el sexe i l'ocupació de la via

Es destaca que més del 75% dels homes ferits ocupaven la posició de conductor del vehicle, mentre que les dones ferides eren tant conductores com passatgeres del vehicle. Finalment, hi ha major nombre de vianants dona ferides que d'homes.

S'ha realitzat el test d'independència de la χ^2 per tal d'analitzar estadísticament si el factor sexe és independent o no de l'ocupació de l'individu ferit en la via. El resultat del test presenta un p-valor inferior al 5%, per tant es conclou que la variable sexe i l'ocupació del ferit en la via no són independents.

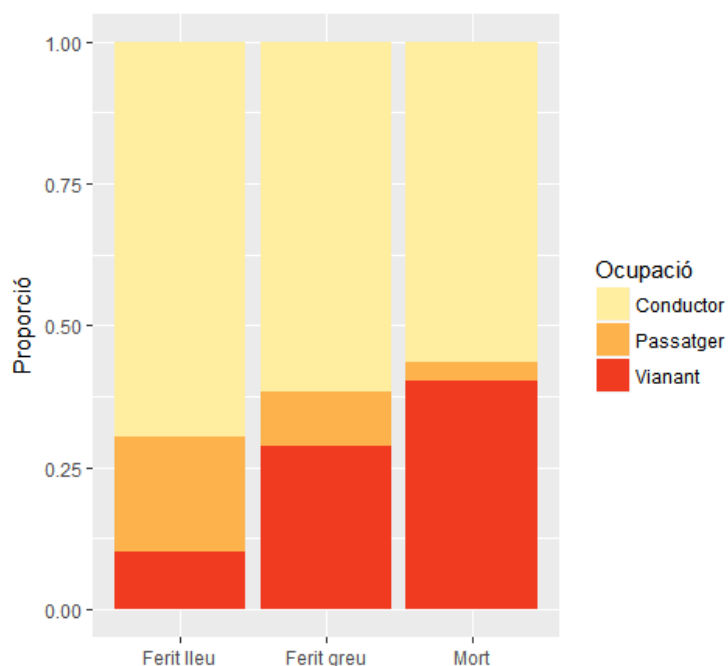


Figura 3.23 Proporción de ferits lleus, greus i morts segons l'ocupació de la via

A la Figura 3.23 s'observa que la majoria d'individus ferits lleus, greus o morts va ser el conductor del vehicle.

Es destaca que en el cas de les víctimes mortals els vianants representen el 40,47% dels casos.

3.3. Anàlisi espacial

L'anàlisi espacial comprèn els diferents conjunts de tècniques, geomètriques, topològiques i estadístiques, destinades a estudiar la localització i la distribució espacial dels fenòmens i la variació dels seus atributs temàtics en l'espai, així com les seves propietats i relacions espacials.

En aquest subapartat es realitzarà un estudi geogràfic del comportament dels accidents per barris i districtes, així com determinar les zones de Barcelona on es concentra més accidents per unitat d'exposició (10.000 vehicles) i el grau de severitat d'aquests.

3.3.1. Anàlisi del patró d'accidentalitat

En aquest apartat es realitzarà un estudi del patró de punts d'accidents a Barcelona en el període 2010-2017 per determinar quines són les zones que concentren major nombre d'accidents i la severitat d'aquest. A més a més, es caracteritzarà el comportament dels sinistres diferenciant per zones geogràfiques.

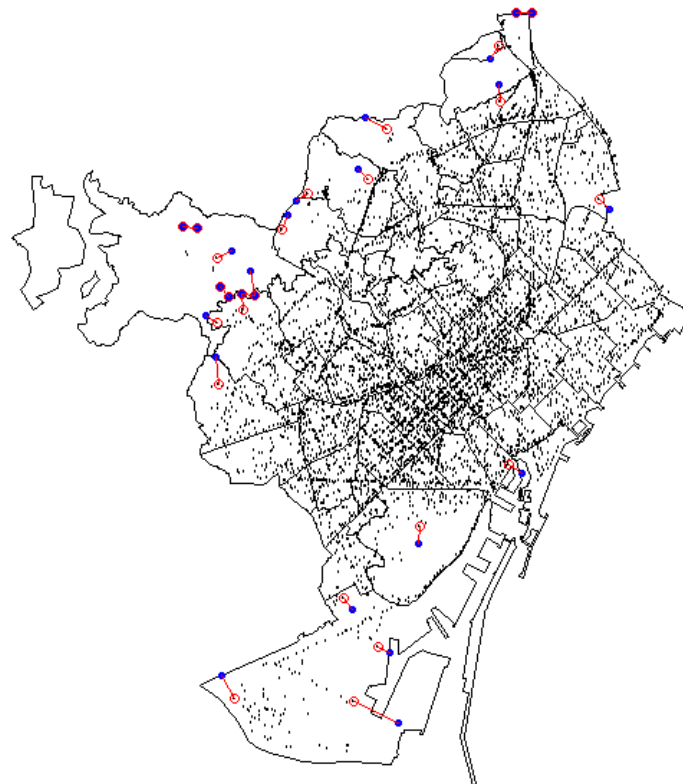


Figura 3.24 Localització dels accidents del 2017

La Figura 3.24 mostra el mapa de Barcelona on els punts representen les ubicacions dels accidents que van ocórrer a la ciutat a l'any 2017. No s'ha pogut calcular per tot el període d'estudi ja que computacionalment requereix molta memòria.

S'ha realitzat la matriu de distàncies dels accidents de trànsit de la ciutat de Barcelona al 2017 per assignar a cada cas el seu *veí més proper*. S'ha utilitzat la mètrica Haversiana (Veness, C. 2011) per calcular la distància entre dos punts geogràfics suposant que la terra és esfèrica sense tenir en compte els efectes el·lipsoïdals.

En el mapa es projecten de color blau i vermell les parelles que estan associades a màxima distància.

La mitjana de les distàncies entre l'accident i el seu veí més proper és 2,24 metres. L'accident de trànsit més allunyat està a 1,1 km del més pròxim. El 75% dels accidents estan a menys de 56 metres del més proper. Per tant s'observa una gran proximitat entre les ubicacions dels accidents a la ciutat així doncs no s'observa cap formació de clústers.

La densitat d'accidents a l'àrea de Barcelona es defineix pel nombre de localitzacions on va ocórrer un accident de trànsit dividit entre l'àrea total. A Barcelona la densitat d'accidents de trànsit representa un accident per cada $3,37\text{km}^2$. Malgrat això, hi ha zones on la densitat d'accidents és major i d'altres que és menor.

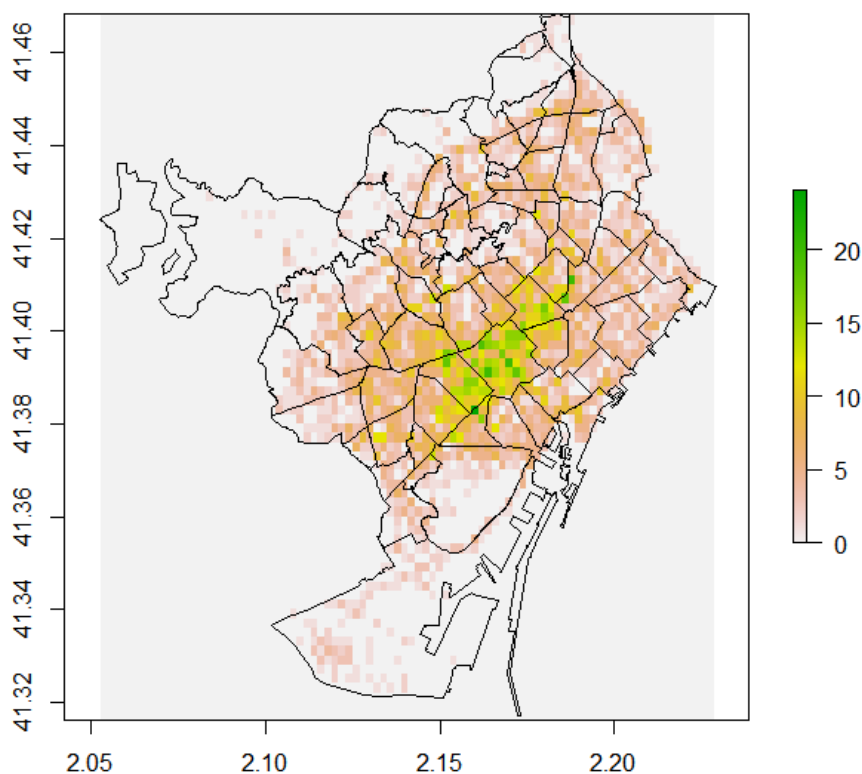


Figura 3.25 Mapa de calor dels accidents de trànsit al 2017

Com es pot observar en la Figura 3.25, en el centre de Barcelona hi ha major concentració d'accidents que en l'exterior. Per realitzar aquest mapa s'ha dividit l'espai geogràfic en 1050 cel·les i s'ha comptat el número d'accidents que "cauen" dins d'aquella cel·la.

El color verd representa el màxim en 20 accidents i en blanc el mínim amb 0. Les dades utilitzades fan referència al període del 2017.

A la Figura 3.26 es mostra la funció de distribució dels kilòmetres que separa cada accident de l'accident més pròxim.

La línia vermella és la funció de distribució observada construïda a partir de la mínima distància entre cada parella d'accidents. La línia blava s'ha construït a partir de la distància mínima entre l'accident i el centre de cada cel·la. Finalment, la línia negra és la funció de distribució teòrica tenint en compte la densitat d'accidents de trànsit que es donen a Barcelona.

Es calcula de la següent manera:

$$Pr(x \leq X) = 1 - e^{-(x \cdot \pi \cdot \text{densitat}^2)}$$

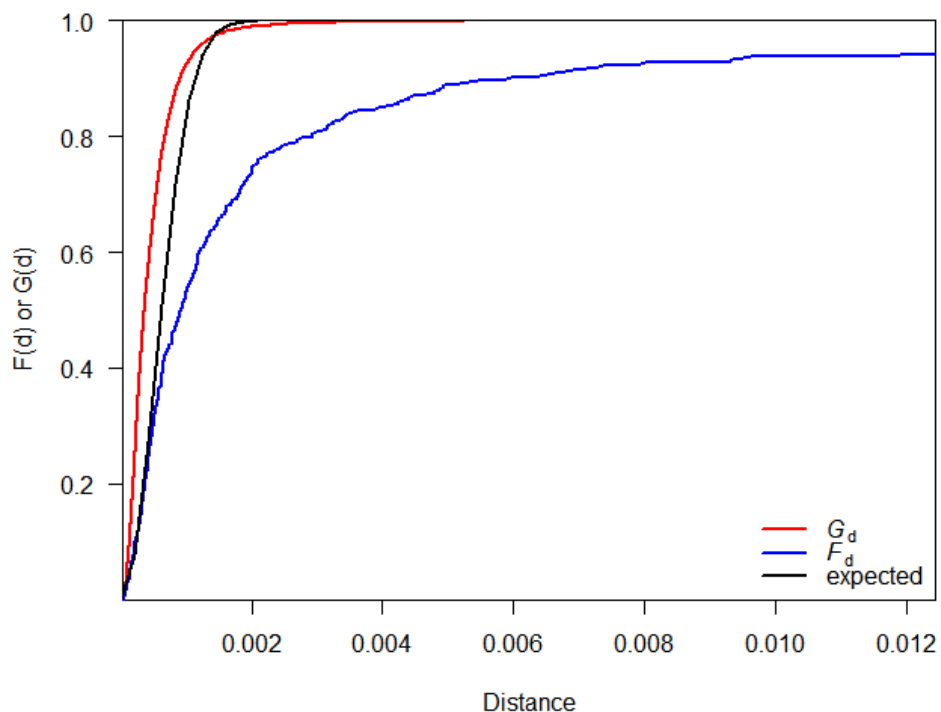


Figura 3.26 Funció de distribució de la distància mínima entre accidents

La funció de distribució observada es situa molt pròxima de la teòrica, mentre que la funció Fd, sobreestima la distància entre els accidents més propers. Es destaca que gairebé la majoria d'accidents estan a menys de 2 metres d'un altre.

Per tal d'analitzar si existeixen, a més a més de zones de concentració d'accidents, patrons de comportament, es realitzarà una projecció dels sinistres sobre el mapa de Barcelona segons les variables categòriques de l'estudi, així doncs, es podrà detectar possibles patrons de comportament diferenciats segons l'espai.

3.3.2. Comportament espacial de l'accidentalitat

Es podria suposar que la distribució dels accidents de trànsit a la ciutat de Barcelona és uniforme, és a dir, el número d'accidents per unitat d'exposició és igual en tota la ciutat.

En primer lloc, si analitzem els accidents de trànsit per barris en termes absoluts, s'observa tres escales de concentració d'accidents.

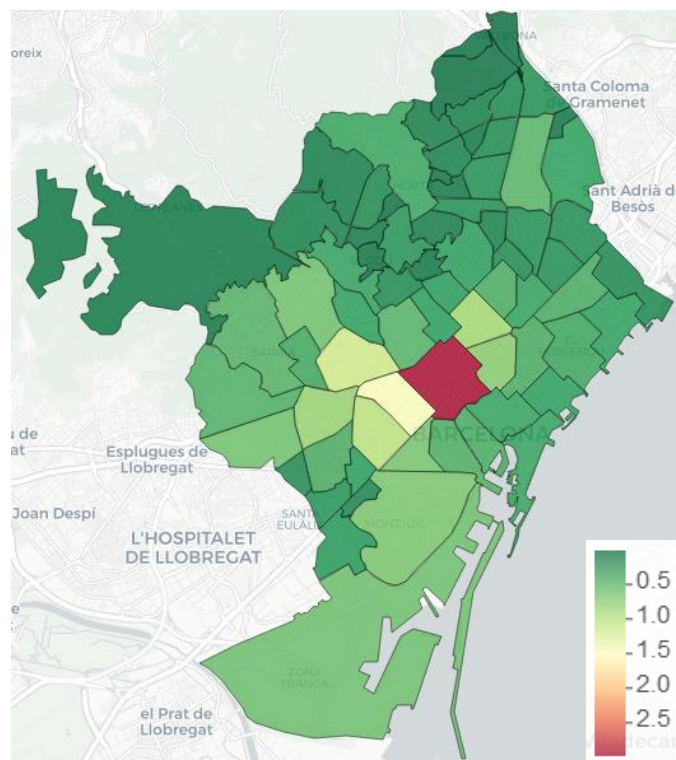


Figura 3.27 Número d'accidents de trànsit diaris per barri

S'observa que la Dreta de l'Eixample és el barri on van ocórrer més accidents de trànsit en el període 2010-2017, representant el 11,32% dels casos. Presenta una mitjana de 2,8 accidents al dia.

El districte de Barcelona amb major nombre d'accidents de circulació diaris és l'Eixample, representant el 29% dels casos. Aproximadament el 30% dels accidents ocorren a Sant Martí, Sarrià-Sant Gervasi i Sant-Montjuïc i finalment el 40% restant als altres districtes.

Es destaca una gran diferència entre el districte de l'Eixample i la resta.

La probabilitat que es doni un accident de trànsit en un punt concret del mapa ve determinat pel factor de l'accidentalitat, és a dir el risc que es doni un accident per unitat d'exposició. Per tant, s'estudiarà el factor d'accidentalitat determinat pel nombre d'accidents de trànsit per vehicle que circula als barris de Barcelona

S'ha utilitzat la informació de l'índex de densitat de vehicles diària (IMD) per les diverses espises que es situen a la ciutat de Barcelona i s'ha calculant la següent variable:

$$\frac{N^{\circ} \text{ accidents}}{\text{dia}} \times \frac{N^{\circ} \text{ Vehicles}}{\text{dia}} = \frac{N^{\circ} \text{ accidents}}{\text{Vehicle}}$$

La variable resultant s'interpreta com el número d'accidents per vehicle en circulació.

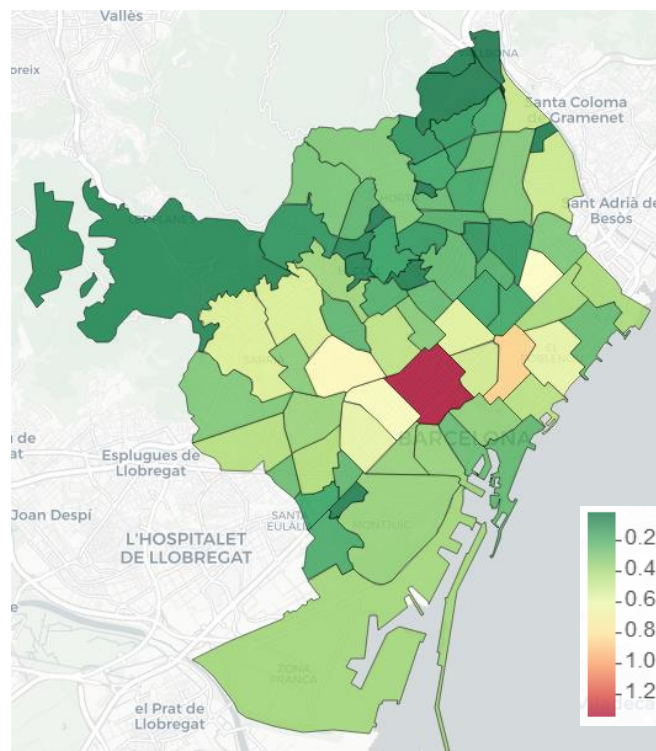


Figura 3.28 Índex d'accidentalitat per barris

Si analitzem l'índex d'accidentalitat, s'observa que la Dreta de l'Eixample segueix sent el barri que concentra major nombre d'accidents ja que cada 10.000 cotxes es donen 1,34 accidents en mitjana.

En segon lloc, tenint en compte el factor del IMD, el barri del Parc i la Llacuna del Poblenou passa a ser el segon barri amb major número d'accidents cada 10.000 cotxes, sent 0,86 accidents en mitjana.

Finalment, els barris de Sant Gervasi – Galvany, Sant Martí de Provençals i l'Antigua Esquerra de l'Eixample ocupen la tercera, quarta i cinquena posició dels barris amb més nombre d'accident per vehicle.

3.3.3. Distribució espacial dels ferits lleus, greus i morts

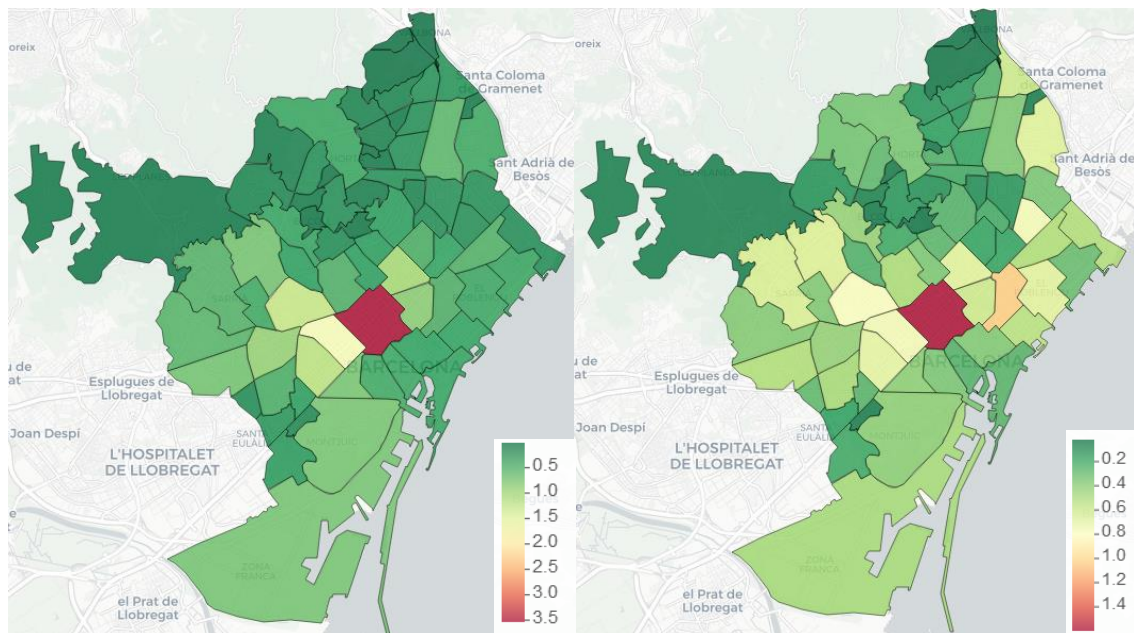


Figura 3.29 i Figura 3.30 Número d'individus ferits segons el barri

Comparant el comportament del nombre de ferits lleus en termes absoluts (Figura 3.29) respecte en termes estandarditzats per vehicle (Figura 3.30), s'observa que la Dreta de l'Eixample representa el barri amb major nombre de ferits lleus tant en termes absoluts com relatius, havent en mitjana 3.51 ferits lleus diaris i en termes estandarditzats 1,59 ferits lleus per 10.000 vehicles.

Cal recordar que el número de ferits lleus i el número d'accidents de trànsit per vehicle estan altament correlacionades positivament, per tant és d'esperar que les dues variables es comportin de forma semblant.

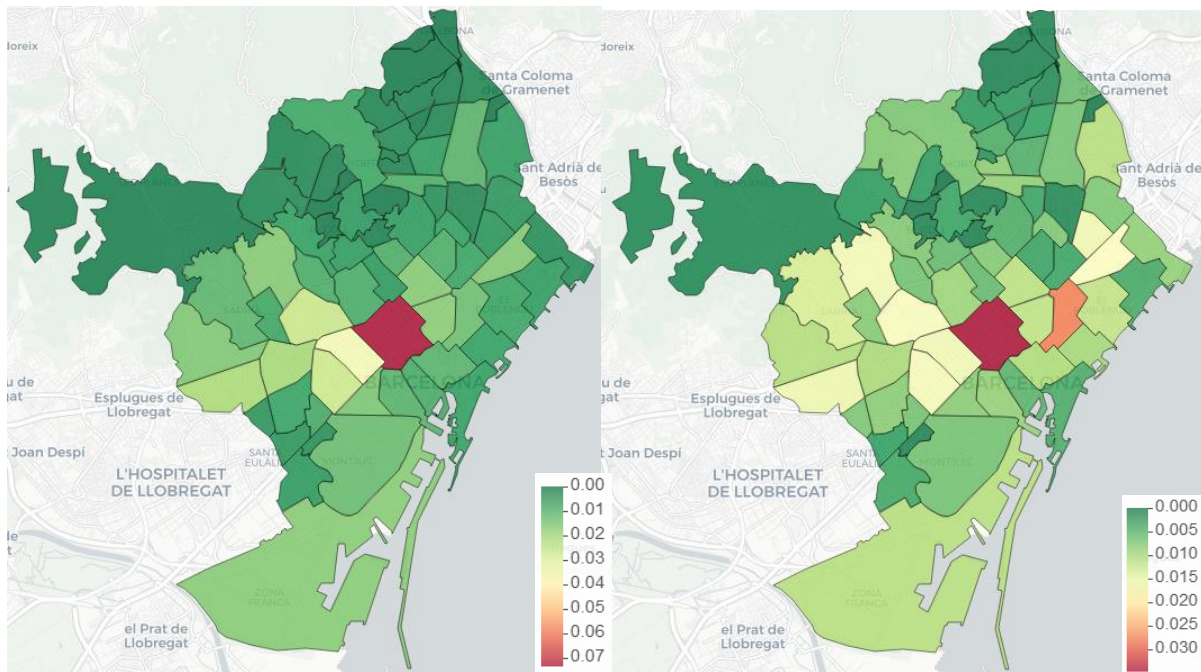


Figura 3.31 i 3.32 Número d'individus ferits greus segons el barri

La Figura 3.31 mostra els barris de Barcelona segons la mitjana de ferits greus en el període 2010-2017. Si s'analitza aquesta informació, s'observa que la Dreta de l'Eixample és el barri de Barcelona amb major mitjana de ferits greus amb 0,078 ferits greus mentre que en segon lloc es situa l'Antiga Esquerra de l'Eixample amb 0,038. Es destaca doncs la diferència notable entre la Dreta de l'Eixample i la resta de barris.

Si s'analitza la variable estandarditzada pel flux de circulació dels carrers que constitueixen el barri s'obté resultats semblants. El barri de la Dreta de l'Eixample continua sent el barri de Barcelona amb major número de ferits greus amb 0,0344 per 10.000 vehicles. A diferència del gràfic anterior, el barri del Parc i la Llacuna del Poblenou passa a ser el segon barri amb major nombre de ferits greus per unitat, sent 0,027.

S'ha analitzat si les diferències en el nombre de víctimes greus per vehicle entre els barris de la ciutat són significatives o no. S'ha realitzat el contrast de comparació de medianes de Kruskal-Wallis ja que la variable número de ferits greus per vehicle no es distribueix segons una distribució normal. Per arribar a aquesta conclusió s'ha utilitzat el test de normalitat de Shapiro-Wilks obtenint un p-valor inferior al 5%.

shapiro-wilk normality test

```
data: con$greus
w = 0.84914, p-value = 4.068e-07
```

kruskal-wallis rank sum test

data: Ngreus_sd by Cbarri

kruskal-wallis chi-squared = 2279.5, df = 72, p-value < 2.2e-16

El resultat del contrast presenta un p-valor inferior al nivell de significació del 5%, per tant es rebutja la hipòtesi nul·la d'igualtat de medianes de ferits greus per vehicle en els barris de Barcelona, és a dir existeixen diferències entre la severitat dels accidents segons els barris.

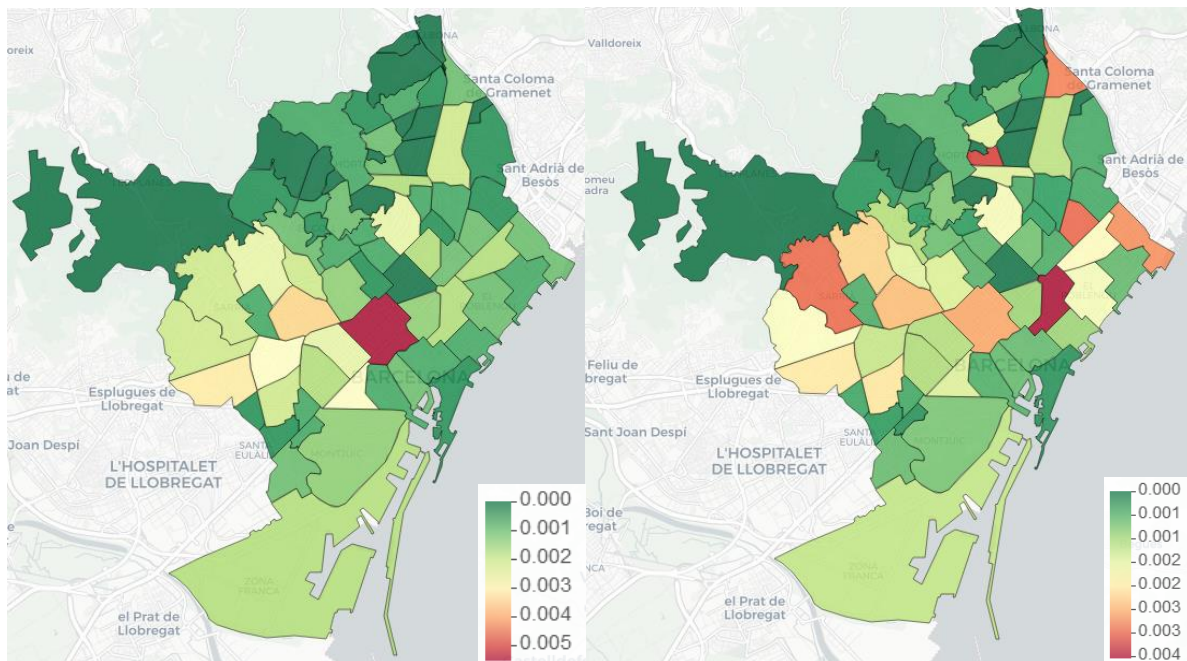


Figura 3.33 i 3.34 Número de morts per accident de trànsit segons el barri

El primer mapa representa els barris de Barcelona segons la mitjana de víctimes mortals diàries en el període 2010-2017. Si s'analitza aquesta informació s'observa que la Dreta de l'Eixample és el barri de Barcelona que presenta major mitjana de morts en el període, després Sarrià- Sant Gervasi i la Maternitat i Sant Ramon.

En canvi, si s'analitza la variable número de víctimes mortals per 10.000 vehicles, s'observen diferències notables. El barri del Parc i la Llacuna del Poblenou és el barri que deixa major número de víctimes mortals sent 0.0035 morts per 10.000 vehicles que circulen. En segon i tercer lloc es situa el barri del Turó de la Peira amb 0.0032 morts i Sant Martí de Provençals amb 0.0029 morts. La Dreta de l'Eixample ocupa la setèima posició dels barris més mortals de Barcelona.

S'ha realitzat el contrast de comparació de mitjanes per analitzar si hi ha diferències significatives entre el número de víctimes mortals per vehicle o bé tots els barris són igual de perillosos.

kruskal-wallis rank sum test

data: Nmorts_sd by Cbarri

kruskal-wallis chi-squared = 196.07, df = 72, p-value = 1.975e-13

L'estadístic de contrast té associat un p-valor inferior al nivell de significació del 5%, per aquest motiu es rebutja la hipòtesi nul·la d'igualtat de medianes de víctimes mortals per vehicle als barris de Barcelona, és a dir existeixen diferències entre la mortalitat de les víctimes dels accidents de trànsit segons els barris.

Cal tenir en compte que el número de víctimes mortals en accident de trànsit a Barcelona des del 2010-2017 és 216, 27 víctimes a l'any en mitjana. Per tant pot ser que els resultats no siguin del tot precisos ja que el tamany mostral és més petit que en els casos anteriors i no s'assegura l'existència d'un comportament geogràfic determinat.

3.3.4. Característiques espacial de les víctimes

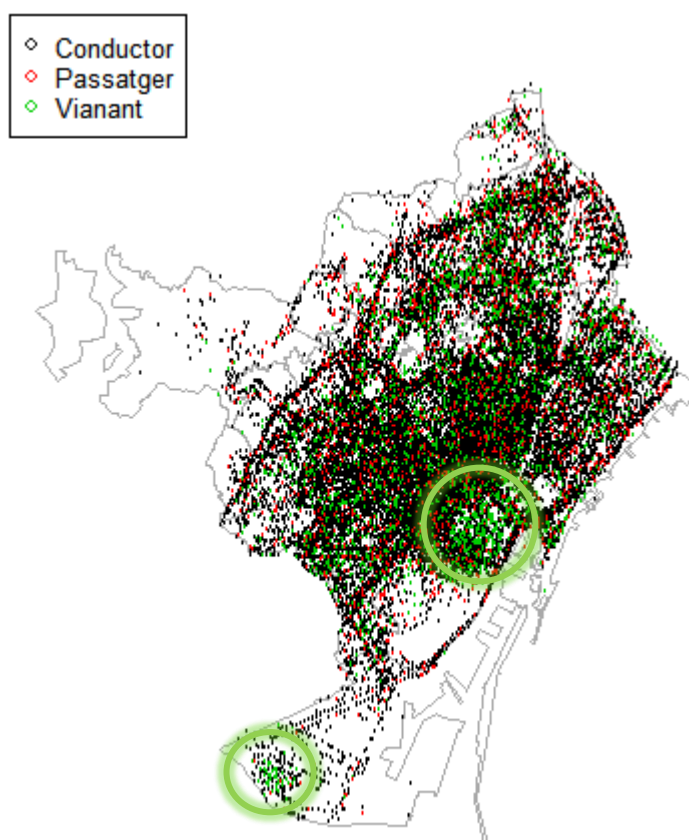


Figura 3.35 Mapa dels ferits i morts segons l'ocupació de la via

S'observa que la distribució de les víctimes segons si és el conductor, passatger o vianant es distribueix de forma heterogènia sobre tot el mapa. Es poden detectar dos zones on hi ha major concentració d'atropellament que d'altres, sent la Zona Franca i el districte de la Ciutat Vella.

D'altra banda, s'observa que els accidents on va resultar ferit el passatger del vehicle es concentren en les vies principals de Barcelona, es a dir, a Rondes, Gran Via de les Corts Catalanes, avinguda Diagonal, N-340, C-31, entre d'altres.

3.3.5. Característiques espacial dels accidents

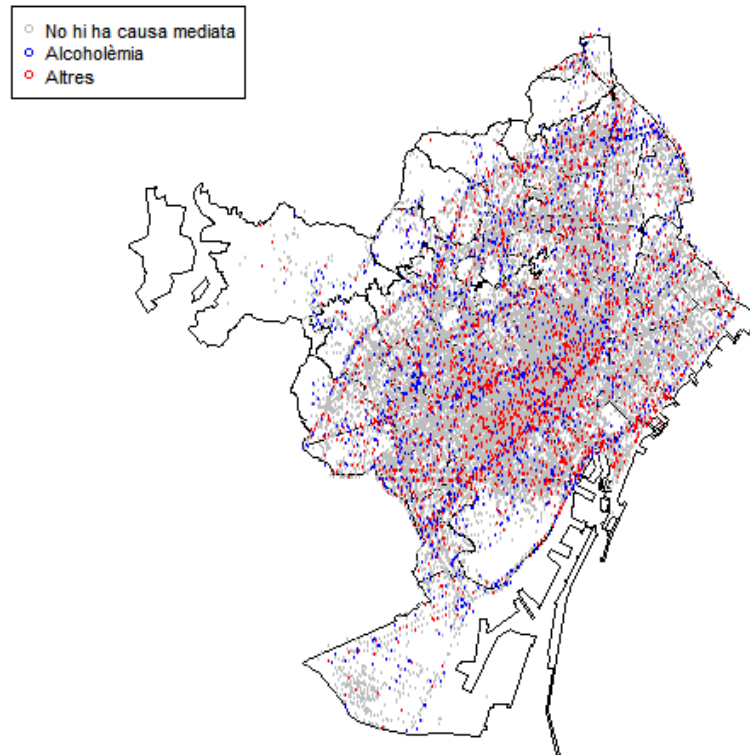


Figura 3.36 Mapa dels accidents de trànsit segons la causa mediata

El 94% dels accidents no presenten causa mediata, un 3,7% són per causa d'alcohòlia i el 2,3% altres causes. Com es pot observar en el gràfic anterior hi ha un comportament bastant heterogeni en la localització dels accidents segons la causa mediata. Hi ha presència d'accidents causats per alcohòlia a tot el mapa, però es destaca major concentració en les vies principals i en concret a Passeig Colon-Ronda Litoral i C-31 (Gran Via).

De la mateixa manera, els accidents de trànsit causats pels vianants representen el 6% dels casos, aquest fet representa una de les situacions amb major severitat associada. En la Figura 3.37 es projecta els accidents sense causa del vianant (gris) i els causats pel vianant (blau).

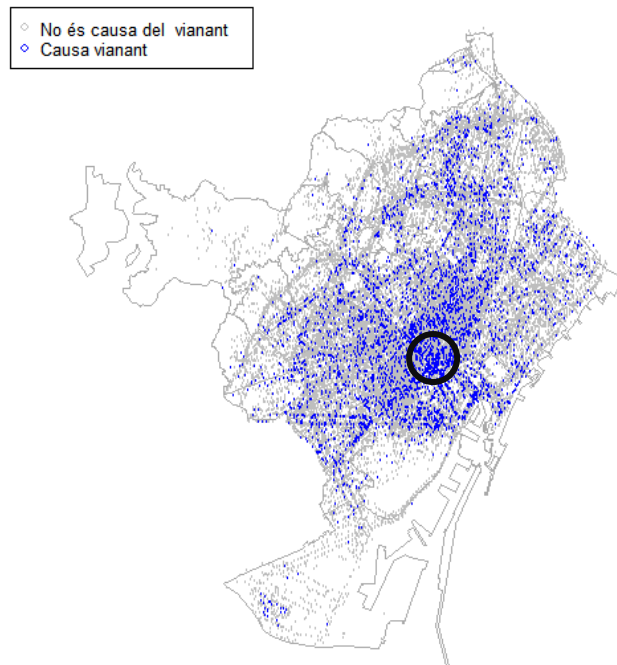


Figura 3.37 Mapa dels accidents de trànsit segons causa del vianant

S'observa que no hi ha una clara zona de Barcelona on es concentri els accidents causats pels vianants. A Gran Via de les Corts Catalanes es concentra lleugerament major nombre d'accidents amb aquestes característiques que a la resta de la ciutat.

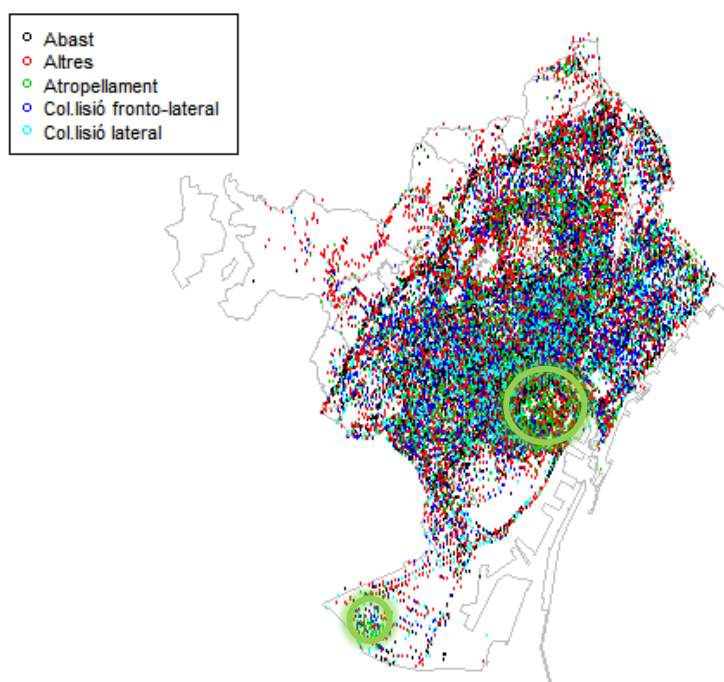


Figura 3.38 Mapa d'accidents de trànsit segons tipus de col·lisió

Si analitzem el tipus de col·lisió de l'accident segons com es distribueixen en el mapa, s'observa majoritàriament un comportament aleatori. Malgrat això, es pot determinar que en el centre del mapa hi predominen les col·lisions frontals i frontó-lateral, a les parts exteriors les col·lisions per abast i d'altres tipus i es detecten dos zones de concentració d'atropellaments a la Zona Franca i al barri de Ciutat Vella.

3.3.6. Característiques espacial dels vehicles

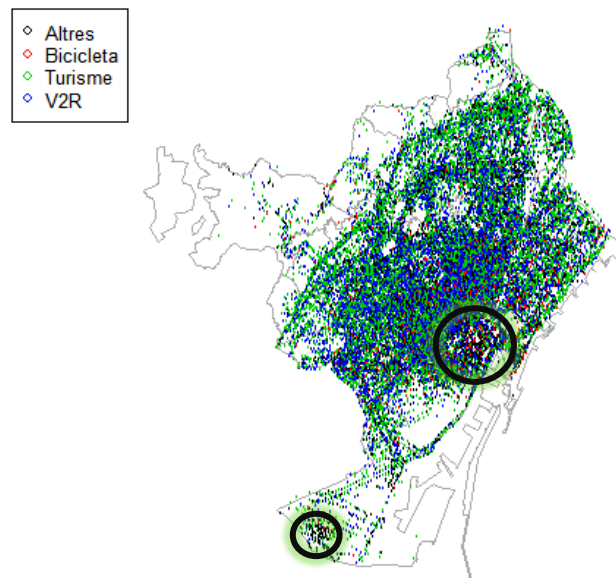


Figura 3.39 Mapa dels accidents de trànsit segons el vehicle implicat

La distribució espacial dels accidents segons el tipus de vehicle no presenta cap patró de comportament per zones. Malgrat això s'observa dues zones on hi predominen els accidents amb altres tipus de vehicle implicat i bicicleta en la zona Franca i el barri de Ciutat Vella.

3.4. Anàlisi temporal

En aquest apartat s'analitzarà la possible existència de comportaments estacionaris temporals i espacials en el nombre d'accidents de trànsit pel període 2010-2017.

En primer lloc, analitzant la relació entre el número d'accidents segons el dia de la setmana que es van produir, s'observa que els accidents que van ocórrer en Divendres representen el 17,3% dels casos mentre que en Dissabte i Diumenge va ser el 10,85% i el 8,26% dels casos respectivament.

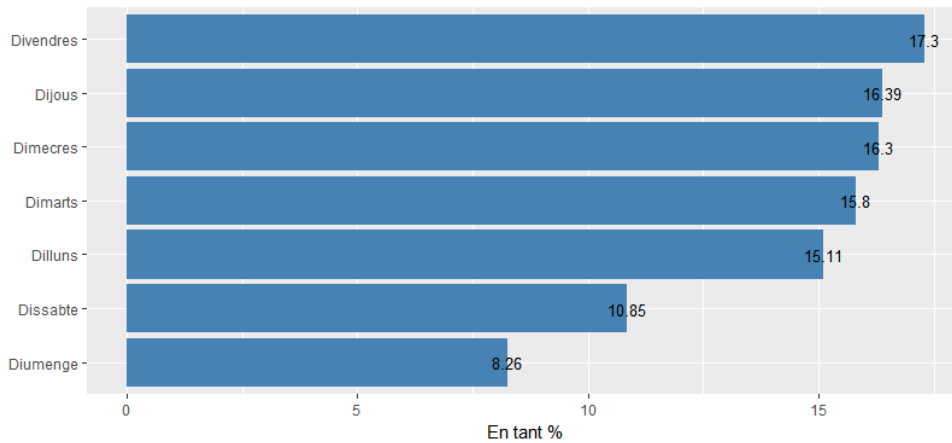


Figura 3.40 Proporció d'accidents segons el dia de la setmana

Es podria pensar que el factor dia no influeix en el nombre d'accidents que es donen i s'esperaria que la proporció d'accidents en cada dia fos 1/7.

Malgrat això, la densitat de transit diària es veu molt afectada pel dia de la setmana. Els dies laborals presenten major densitat de trànsit que els caps de setmana.

Per aquest motiu s'ha estudiat el comportament de l'accidentalitat, és a dir el número d'accidents diaris dividit per la densitat de trànsit tenint en compte els factor dia de la setmana, mes del any i barri.

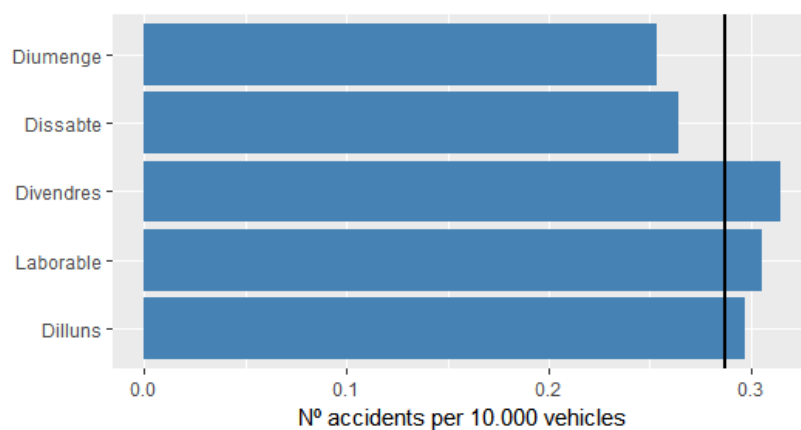


Figura 3.41 Índex d'accidentalitat segons el dia de la setmana

En la Figura 3.41 s'observa dos comportaments ben diferenciats entre el cap de setmana i els dies laborals. Els dies d'entre setmana presenten una taxa d'accidents superior a la mitjana (línia negra), sent el Divendres el dia que presenta en mitjana major nombre d'accidents, 0,31 accidents per 10.000 vehicles. D'altra banda, el Dissabte i Diumenge presenten valors per sota de la mitjana, al voltant de 0,26 accidents.

S'ha realitzat el test de comparació de medians de Kruskal-Wallis del número d'accidents per vehicle que circula segons el dia de la setmana, obtenint un p-valor inferior al nivell de significació del 5%.

Es conclou que el número d'accidents de trànsit per vehicle es comporta de manera diferenciada segons el dia de la setmana, sent el Divendres el dia de la setmana que major risc d'accidentalitat presenta i el Dissabte i Diumenge els que menys.

El factor dia de la setmana també pot estar relacionat amb la severitat dels accidents, es a dir, pot ser que els accidents que deixen víctimes greus o mortals es concentrin en un dia de la setmana. Per aquest motiu s'ha realitzat el mateix anàlisi anterior però per la variable número de ferits greus i mortals per vehicle.

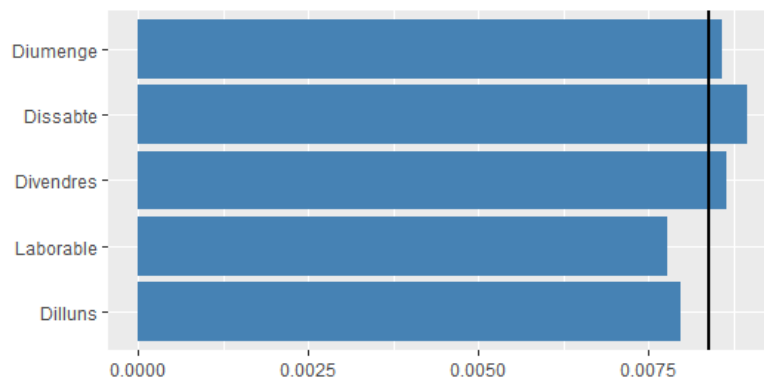


Figura 3.42 Número de ferits greus per vehicle segons el dia de la setmana

A diferència del cas anterior, els dies de la setmana que concentren major nombre de ferits greus i mortals per vehicle són els Dissabtes, Divendres i Diumenge.

La prova de comparació de medians de Kruskal-Wallis té associat un p-valor inferior al nivell de significació i per tant es conclou que hi ha diferències entre els grups de dies.

Si s'analitza l'accidentalitat i la severitat segons dia de la setmana i els barri de Barcelona, s'observa el següent:

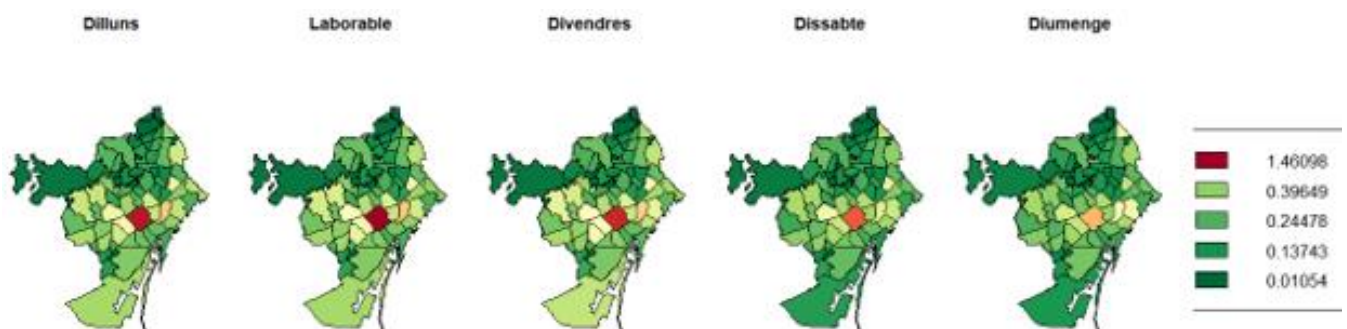


Figura 3.43 Índex d'accidentalitat segon dia de la setmana i barri

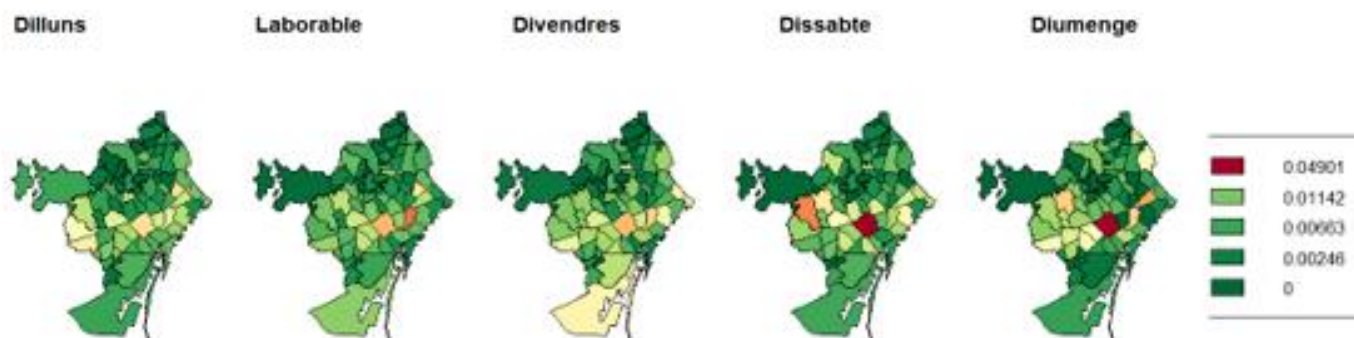


Figura 3.44 Víctimes severes per vehicle segons dia de la setmana i barri

A la Figura 3.43 s’observa que a mesura que passen els dies de la setmana la taxa d’accidentalitat es va reduint gairebé a tots els barris, posant èmfasi en el cas de la Dreta de l’Eixample on la reducció és més dràstica.

La mitjana del nombre de ferits greus i morts per vehicle presenta un comportament diferenciat segons el barri i el dia de la setmana. Partint del dilluns cap endavant, s’observa que a mesura que passen els dies augmenta la concentració de sinistralitat severa a la Dreta de l’Eixample i al Parc i la Llacuna del Poblenou. Es destaca l’increment de la variable els Divendres a la Zona Franca (ronda litoral) i els Dissabtes a la Dreta de l’Eixample i Sarrià, però que canvia radicalment al Diumenge on s’accentua la sinistralitat severa en Provençals de Poblenou.

Hagués sigut interessant analitzar si el factor franja horària influeix o no amb la variable accidentalitat i com la seva interacció amb el dia de la setmana actua sobre la variable. Donat que no es disposa de la informació sobre la densitat de trànsit per hores no s’ha pogut analitzar l’accidentalitat però sí els accidents en termes absoluts.

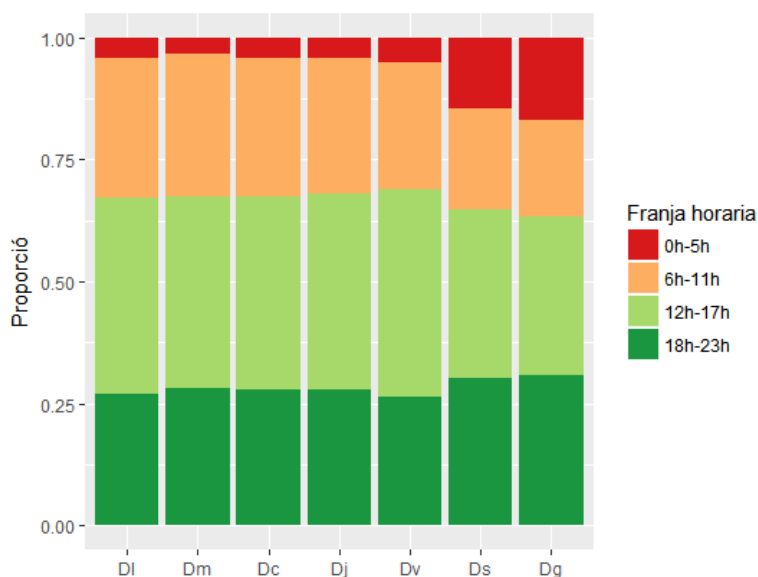


Figura 3.45 Proporció d’accidents segons la franja horària i dia de la setmana

La Figura 3.45 presenta la proporció d'accidents segons el dia de la setmana i la franja horària. Hi ha dos tipus de patrons de comportament entre els sinistres produïts entre setmana (dies laborals) i al cap de setmana.

En els dies laborals, la majoria d'accidents es donen entre las 12 del matí i les 5 de la tarda. Al cap de setmana, hi ha un augment considerable en el nombre de sinistres produïts entre les dotze de la nit i les 5 del matí, a més a més, hi ha una reducció del nombre de casos a la franja de 6 a 11 del matí.

S'ha realitzat el test d'independència de la χ^2 per determinar si el factor dia de la setmana i franja horària són independents o no.

Pearson's Chi-squared test

```
data: table(accidents$horari, accidents$Diaset)
x-squared = 3064.2, df = 18, p-value < 2.2e-16
```

S'obté un p-valor inferior al 5% conclouent que les dues variables no són independents i per tant hi ha associació entre el factor dia i franja horària.

D'altra banda, si analitzem el comportament de l'accidentalitat segons el mes de l'any s'observa el següent:

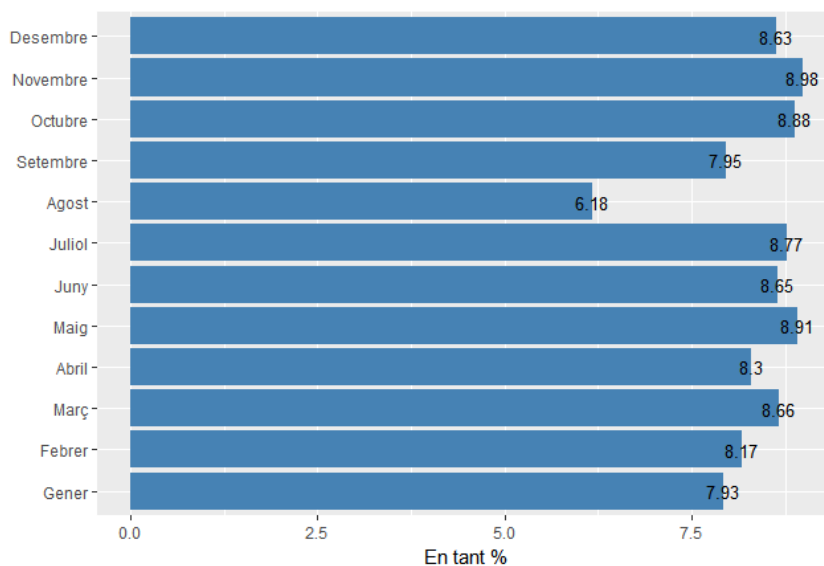


Figura 3.46 Proporció d'accidents segons el mes de l'any

La majoria de mesos concentren entre el 8 i 9% dels casos mentre que l'Agost representa el 6,18%. Maig, Novembre i Octubre són els mesos que major proporció d'accidents de trànsit presenten.

Es podria pensar que el factor mes no influeix en el nombre d'accidents que es donen i per tant s'esperaria que la proporció d'accidents a cada mes fos del 8,33%. Malgrat això, la densitat de transit diària és veu afectada pel mes de l'any, sent l'Agost el mes que menor densitat de trànsit presenta.

Per aquest motiu s'ha estudiat el comportament de l'accidentalitat, és a dir el número d'accidents diaris dividit per la densitat de trànsit, tenint en compte el factor dia de la setmana, mes de l'any i barri.

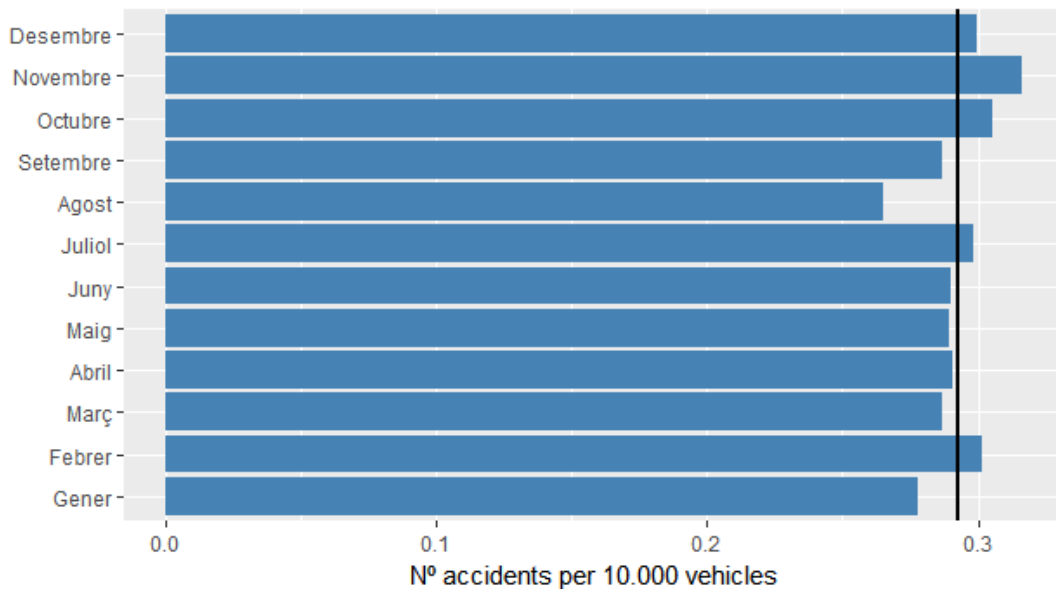


Figura 3.47 Índex d'accidentalitat segons el mes de l'any

S'observa que les diferències entre els mesos s'ha reduït. Novembre és el mes de l'any que presenta major mitjana d'accidents per 10.000 vehicles, 0,32 accidents, acompanyat de Febrer, Octubre i Desembre. Agost segueix sent el mes amb menor mitjana.

S'ha realitzat el test de comparació de medianes de Kruskal-Wallis obtenint un p-valor inferior al nivell de significació i per tant es pot concloure que hi ha diferències en l'accidentalitat segons els mesos del any.

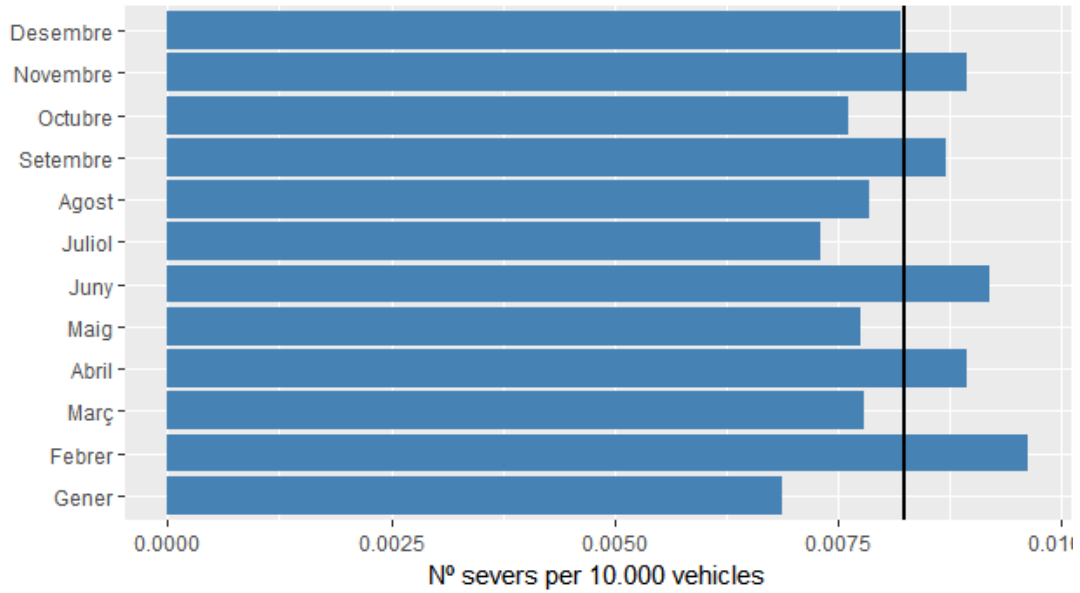


Figura 3.48 Víctimes severes per vehicle segons el mes de l'any

En el gràfic anterior es mostra la mitjana de nombre de ferits greus i morts per 10.000 vehicles en circulació segons el mes de l'any. S'observa que Febrer és el mes que presenta major severitat per vehicle en mitjana conjuntament amb Abril, Juny, Setembre i Novembre. D'altra banda, Gener és el mes del any amb menor mitjana.

S'ha realitzat el test de comparació de mediantes de Kruskal-Wallis obtenint un p-valor de 0.011, valor lleugerament inferior al nivell de significació, conclouent que hi ha diferències de la mitjana de severitat per 10.000 vehicles segons el mes de l'any.

Si s'analitza l'accidentalitat per mesos i barris de Barcelona es pot observar com evoluciona la variable a mesura que passen els mesos i segons els barris. Per tant, s'observa que l'accidentalitat no només es veu influenciada pel mes de l'any si no que també pel barri.

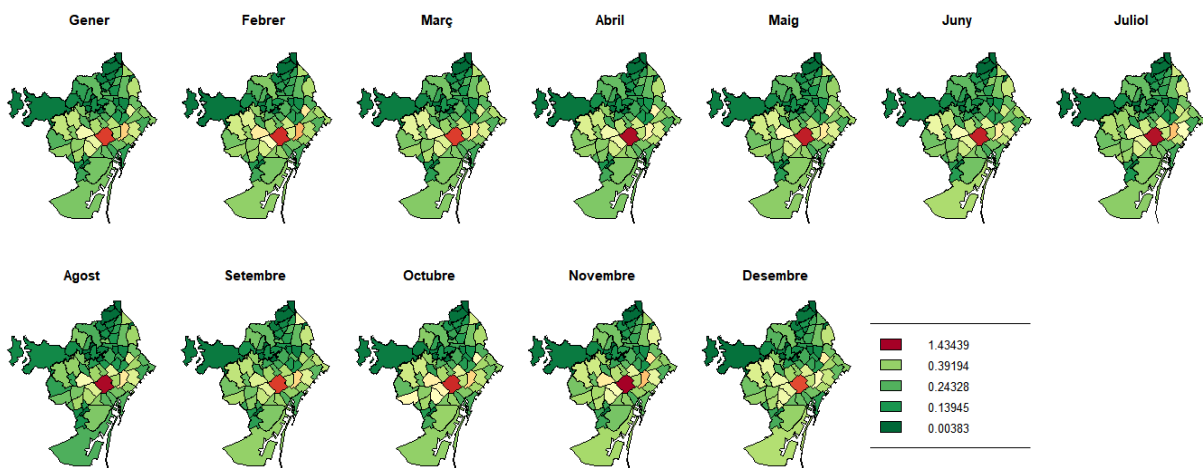


Figura 3.49 Índex d'accidentalitat per barris i mesos de l'any

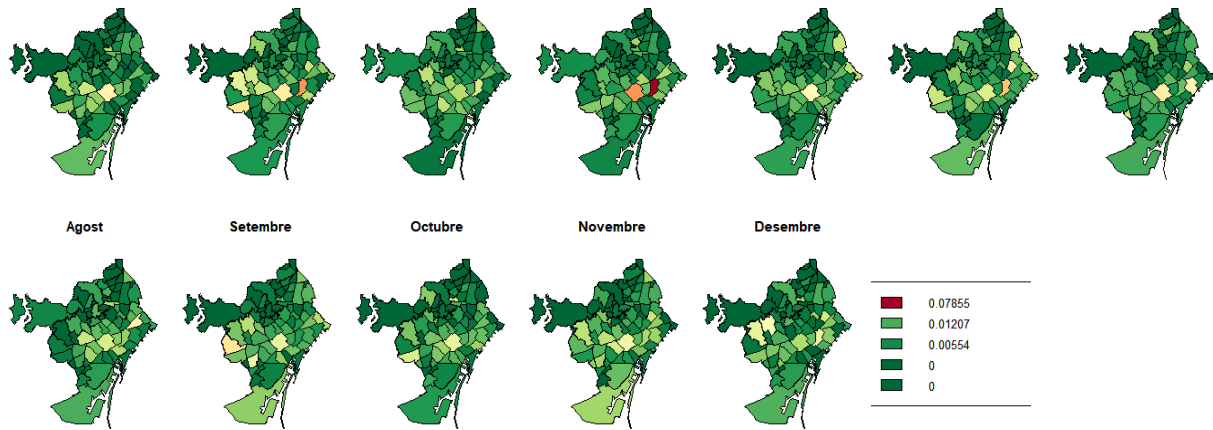


Figura 3.50 Víctimes severes per vehicle per barri i mesos de l'any

La variable número de ferits greus i morts per vehicle presenta un comportament diferenciat segons la interacció entre el barri i el mes de l'any. El barri del Parc i la Llacuna del Poblenou al mes d'Abril presenta la major mitjana de severitat per vehicle.

Per tant es conclou que el número d'accidents per vehicle es veu influenciat pel factor dia i pel factor mes per separat, a més a més visualment s'ha pogut identificar com aquestes variables interactuen també amb el factor barri.

Finalment, si analitzem l'accidentalitat segons tipus de dia de la setmana i mes de l'any, s'observa el següent:

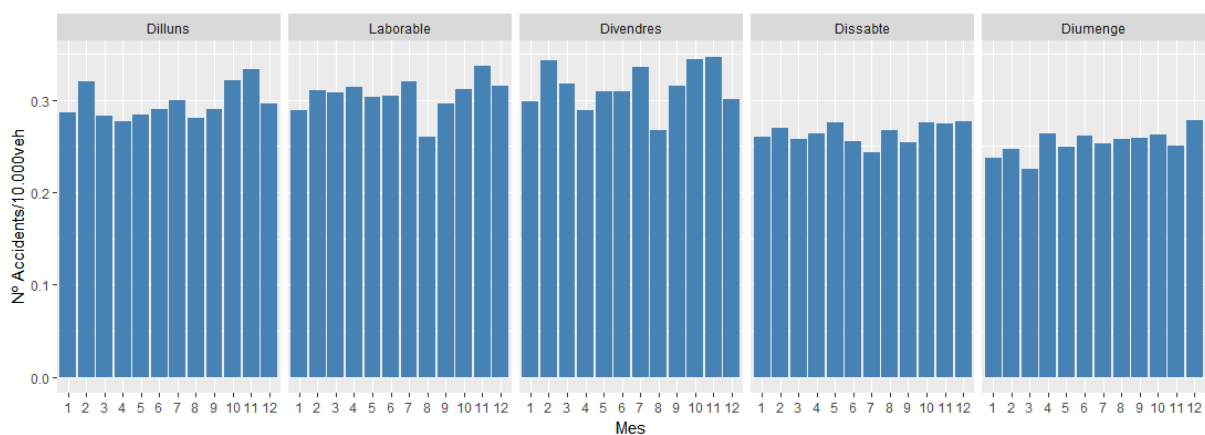


Figura 3.51 Índex d'accidentalitat per mesos i dies de la setmana

Entre setmana, els mesos de l'any que presenten major accidentalitat són Febrer, Octubre i Novembre, mentre que al cap de setmana no s'observa molta diferència entre els mesos.

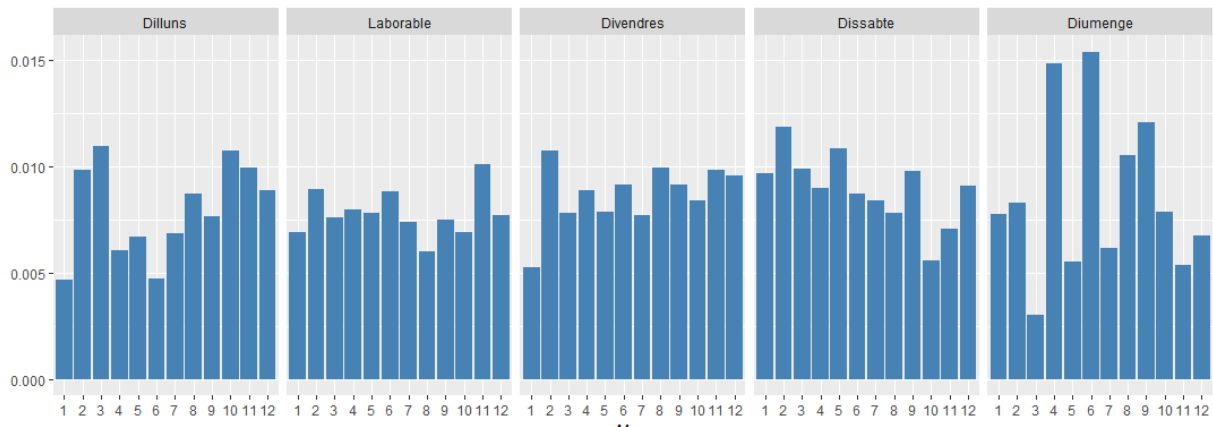


Figura 3.52 Víctimes severes per vehicle segons el mes i dia de la setmana

S'observa que la mitjana de ferits greus i morts per vehicle segons el dia de la setmana i el mes de l'any presenta el màxim al Diumenge, posant èmfasi en els mesos d'Abril i Juny.

Donada la complexitat de l'anàlisi dels factors que influencien en l'accidentalitat i la seves possibles interaccions, es construirà un aplicatiu en Shiny per estimar l'índex d'accidentalitat segons el factor dia de la setmana, mes de l'any i barri. En l'apartat 5.2 s'explica detalladament el procediment.

4. Anàlisi multivariant

Donada la gran quantitat de dades i variables que contempla aquest estudi s'ha decidit utilitzar les tècniques d'anàlisi multivariant de dades per tal de poder extreure major informació sobre les correlacions i associacions de les variables i les seves modalitats. Aquest mètode permet obtenir una visió més ampla, que amb l'estadística descriptiva univariant i bivariant no es pot aconseguir.

4.1. Anàlisi de Correspondències Múltiples

Un cop realitzat l'anàlisi dels accidents de trànsit des de la perspectiva de l'estadística clàssica, s'ha pogut observar l'existència de múltiples relacions entre les variables categòriques però es queda limitat a les relacions bivariants. Per tant s'ha determinat dur a terme una anàlisi multivariant per aportar major informació sobre les associacions entre les modalitats del tipus d'accident, lesions i vehicles implicat.

L'anàlisi de correspondències és una tècnica estadística que redueix la dimensió d'un conjunt de dades per poder-les representar gràficament, perdent la menor quantitat d'informació possible. Aquests nous components (o eixos) principals o factors són la combinació lineal de les variables originals i independents entre sí. Amb aquesta representació es pretén trobar les causes de la variabilitat del conjunt de dades interpretant com es relacionen els factors (eixos) amb les variables inicials.

S'ha escollit l'anàlisi de correspondències múltiples ja que és una tècnica que estudia les relacions entre les variables qualitatives a partir d'una mostra d'individus, malgrat que no té en compte les variables numèriques.

Hi ha diverses mètriques per realitzar aquesta anàlisi, però en aquest treball s'ha utilitzat la matriu de Burt, ja que és el mètode més adequat en bases de dades de grans dimensions (Chau, T. 2001), en cas contrari no seria computacionalment factible.

La matriu de Burt recull tots els encreuaments possibles entre les variables categòriques, és a dir, per cada modalitat d'una variable qualitativa la creua amb cada una de les modalitats de cada variable categòrica.

A continuació, es mostra els resultats i conclusions obtinguts de l'anàlisi de correspondències múltiples de la matriu de dades.

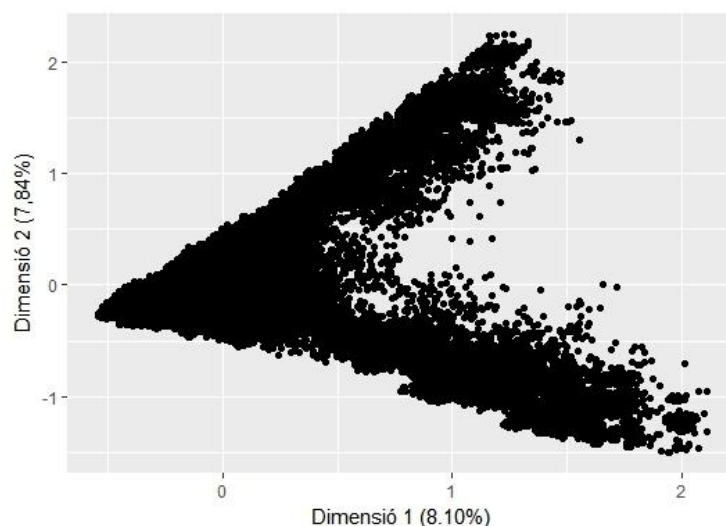


Figura 4.1 Projecció de les individus en el primer pla factorial

La projecció del "núvol d'accidents" sobre el primer pla factorial, construït pel primer i segon eix, mostra un núvol amb forma d'embut on es concentra una gran quantitat de casos en el centre de gravetat (0,0) que es va allunyant progressivament cap a les bandes.

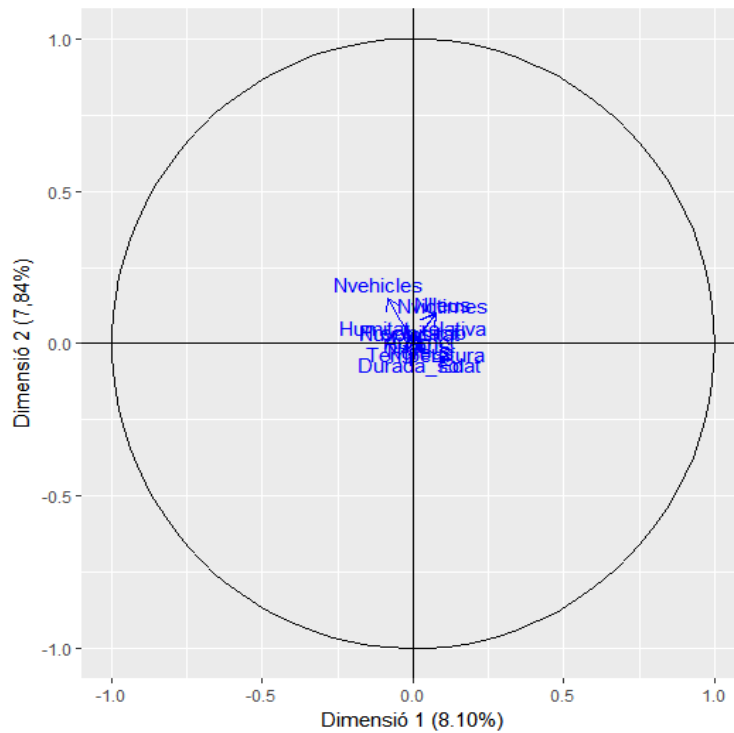


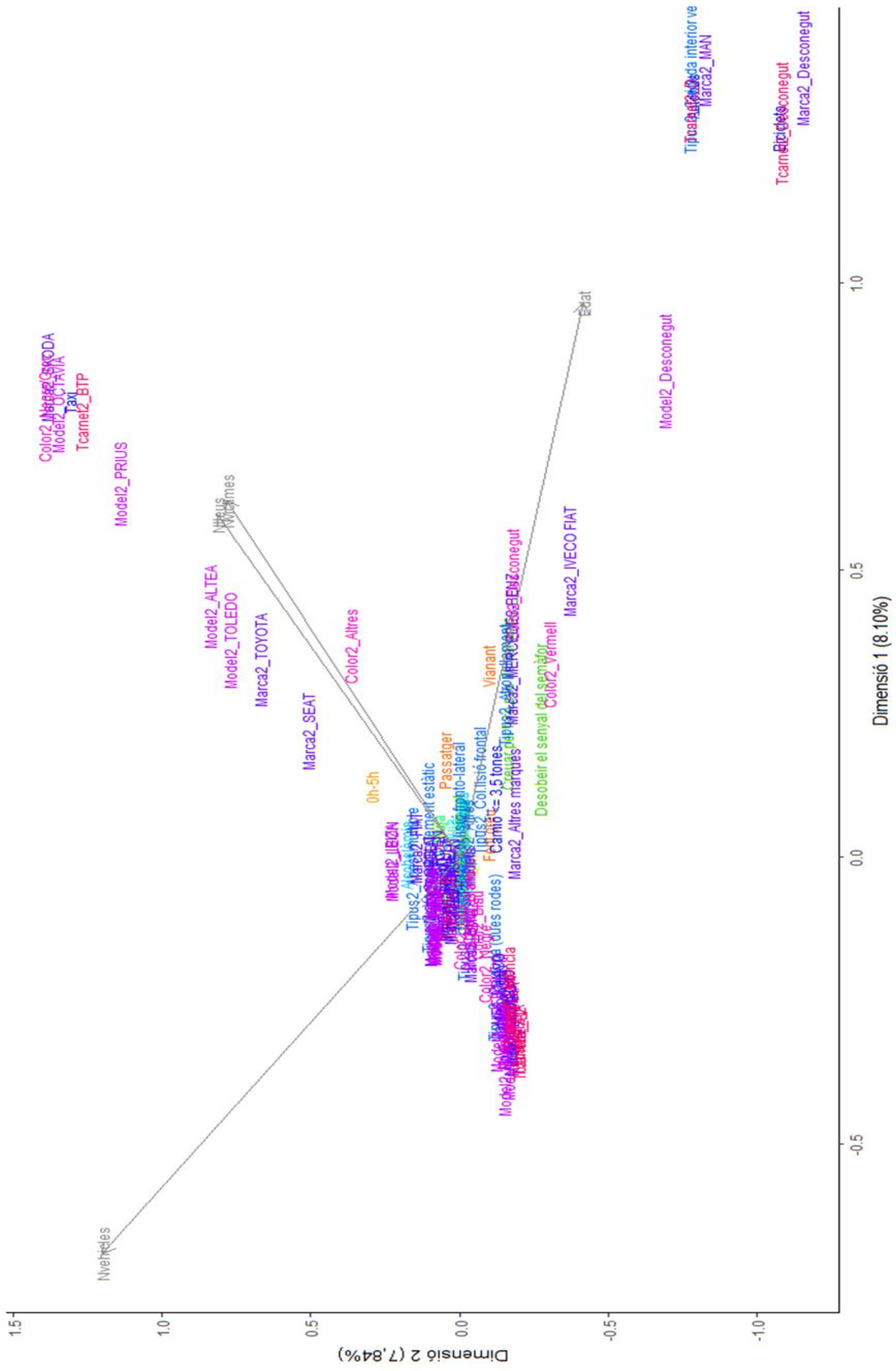
Figura 4.2 Projecció suplementaria de les variables numèriques en el primer pla factorial

La projecció de les variables numèriques en l'anàlisi factorial presenta la característica que són de radi unitari, és a dir equival a la correlació entre la variable numèrica i l'eix, per tant pot prendre valors des de -1 fins a 1.

Com es pot observar en el gràfic anterior, les variables numèriques estan molt poc correlacionades amb els eixos, és a dir, no proporcionen gaire informació a l'anàlisi, però destaquen les variables número de vehicles implicats, número de ferits lleus, total de víctimes i l'edat dels individus ferits.

A continuació es presenta el primer mapa factorial amb la projecció de les modalitats de les variables categòriques i la projecció de les variables numèriques de forma suplementaria.

Cal destacar que s'ha exclòs la projecció de les modalitats associades a barri, districte, any i mes degut a que no proporcionaven cap conclusió rellevant i impedièn la correcta interpretació i visualització dels mètodes gràfics.



En primer lloc, es destaca un clúster de modalitats a la part inferior dreta del mapa on es projecten les bicicletes i els autobusos. Els conductors de "bicicletes" tenen associats tipus de carnet desconegut (que fa referència a que no presenten carnet però condueixen un vehicle que no el requereix) i marca desconeguda. Altrament, s'ubica el tipus d'accident "caiguda interior vehicle" que fa referència a la situació on els passatgers del vehicle cauen, tipus de vehicle "Autobús", carnet "D" i marca d'autobús "MAN".

D'altra banda, a la part superior dreta s'ubiquen els taxis amb color "Negre/Groc", tipus de carnet "BTP" amb marques de vehicle "Skoda" amb model "Prius" i "Octavia". Cal destacar que també està propera la modalitat de la marca de cotxe "SEAT" i "Toyota" amb els models "Toledo" i "Altea" .

A la part superior central del mapa, es situen els accidents amb causa mediata "Alcoholèmia" amb tipus de col·lisió "Abast múltiple" i "Xoc contra element estàtic" a la franja horària entre les 12 de la nit i 6 del matí als Dissabtes i Diumenges. Finalment, el model de cotxe que s'ubica molt pròxim a aquestes característiques és el SEAT "Ibiza" i "Leon".

Per tant, s'observa que els accidents de trànsit a la franja horària de 12 de la nit fins les 6 del matí es projecten al voltant dels dies Dissabte i Diumenge, juntament amb l'agrupació de modalitats que fan referència als accidents per motius d'alcoholèmia i als taxis.

A la part inferior dreta del mapa està la modalitat "Vianant" juntament amb el tipus d'accident "Atropellament" amb causa del vianant "Creuar per fora del pas de vianants" i "Desobeir el senyal del semàfor". S'observa que la marca de vehicles "Mercedes-benz" i el color del vehicle "vermell" esta relacionat amb aquest tipus d'accidents.

En quant a la variable sexe de l'individu ferit, la modalitat "Dona" es relaciona amb la categoria "Passatger" i tipus de col·lisió "Altres", "Col·lisió frontal" i "Col·lisió frontó-lateral", mentre que "Home" amb "Conductor" i tipus de "Col·lisió lateral".

Cal destacar que la modalitat "ferit greu" es projecta al costat de "Camió <=3.5 tones" i tipus de col·lisió frontal i frontó-lateral, mentre que "ferit lleu" s'associa a accidents sense causa mediata i no causats pel vianant.

Finalment, a l'esquerra del pla factorial, s'ubiquen a l'eix inferior els accidents de vehicles de dues rodes ("Ciclomotor" i "Motocicleta"), tipus de carnet A ("A", "A1", "A2", "AM" i "Llicència"), marques ("Yamaha", "Suzuki", "Piaggio" i "Honda"), models ("Burgman", "X MAX", "SH", "Liberty"...) de color negre amb tipus de col·lisió "Caiguda (dues rodes)".

Si s'analitza la informació anterior juntament amb les variables numèriques, s'observa que la variable Edat es projecta en la mateixa direcció que la modalitat "Vianant", "Atropellament", "Creuar per fora del pas de vianants" i "Desobeir el semàfor", juntament amb els accidents per caiguda dels passatgers de l'interior del vehicle (autobús).

Per tant, la part inferior del mapa es projecten els individus ferits amb edats més grans. Cal destacar que s'associa a major edat la marca de vehicle Mercedes-Benz.

D'altra banda, la variable número de víctimes (ferits i morts) està en el mateix sentit i en la part superior amb els "taxis" i els accidents per motius d'alcoholèmia i tipus de col·lisió "abast múltiple". A la part inferior es projecta les motocicletes i ciclomotors, la caiguda de vehicles de dues rodes i xoc contra elements estàtics. Per tant es determina que a la part inferior del mapa es situen els accidents amb menor número de víctimes i a la part superior amb més.

Finalment, el número de vehicles implicats està projectat en el mateix sentit que abast múltiple i atropellament, a l'eix superior estarien els accidents amb major nombre de vehicles implicats i a l'inferior amb menys.

Taula 4.1 Resum del mapa factorial

	Esquerra	Dreta
Part superior		<ul style="list-style-type: none"> - Accidents associats a la franja horària 0h-5h, per motius d'alcoholèmia, amb tipus de vehicle implicat turisme i taxi de la marca Skoda, Toyota i Seat, model Octavia, Prius, Altea, Toledo, Leon i Ibiza. - Accidents amb major nombre de víctimes i vehicles implicats d'edat més jove
Part inferior	<ul style="list-style-type: none"> - Accidents amb menor nombre de víctimes, d'edat mes jove. - Vehicle associat motocicletes, major severitat de l'accident 	<ul style="list-style-type: none"> - Accidents amb menor nombre de vehicles implicats i menor nombre de víctimes però de major severitat (greu i morts). - Vehicle implicat bicicleta, autobús, camió. - Individus ferits de major edat, vianants. Tipus de col·lisió atropellament.

4.2. Clúster

S'ha decidit realitzar un clúster dels accidents de trànsit a partir de les 21 dimensions significatives de l'anàlisi de components múltiples, explicat en l'apartat anterior.

La metodologia del clúster permet trobar classes o grups, en aquest cas classes d'accidents, que siguin homogènies dintre de cada classe però el màxim heterogènies entre elles. A més a més, si es realitza el clúster sobre els components principals s'elimina el soroll aleatori i els problemes de multicol·linealitat que la base de dades pot presentar.

El mètode de clúster jeràrquic es incompatible amb les bases de dades de grans dimensions ja que és molt costós computacionalment perquè necessita calcular la matriu de distàncies múltiples vegades. Per aquest motiu s'ha realitzat el següent procediment.

En primer lloc, es va realitzar l'algoritme k-means amb 14 classes dos cops, obtenint la assignació dels individus a cada classe per cada execució. A continuació, es va realitzar el clúster jeràrquic respecte la taula creuada de les classes del k-means en la primera i segona iteració. S'ha utilitzat la distància de Ward ja que minimitza la variància dintre de les classes i la maximitza entre les classes.

Finalment, es va realitzar l'algoritme k-means però en comptes d'inicialitzar la iteració a partir de k centroides aleatoris, es va utilitzar els centres de gravetat de les classes resultants del clúster jeràrquic.

El dendrograma del clúster jeràrquic amb el criteri d'agregació de Ward és el següent:

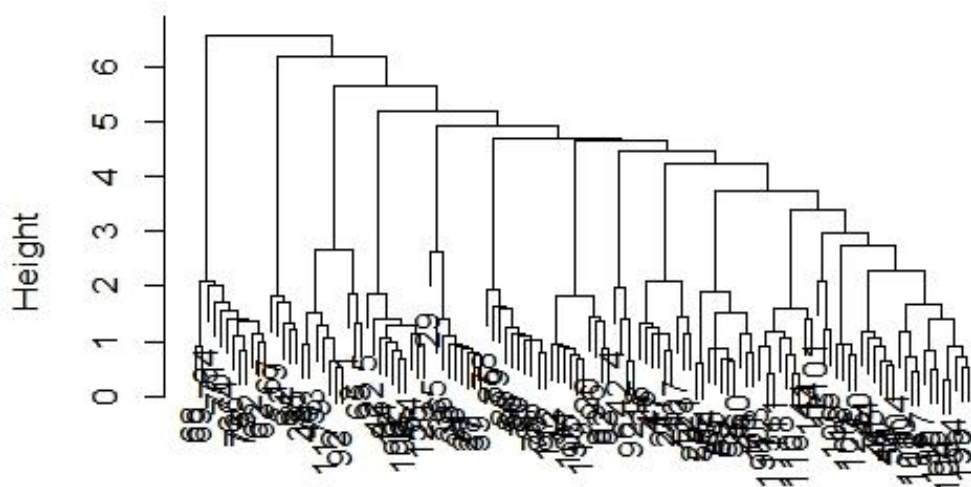


Figura 4.5 Dendrograma

Per decidir el nombre de classes cal observar la variable Height (distància entre els individus o nodes) i escollir quina partició proporciona una distància més gran respecte l'agregació anterior.

Com es pot observar en el dendrograma, el tall òptim són 3 classes ja que tot l'arbre es comença a descompondre des de la tercera classe. Per tant s'ha decidit treballar amb tres classes que recullen un 56% de la variabilitat total del núvol.

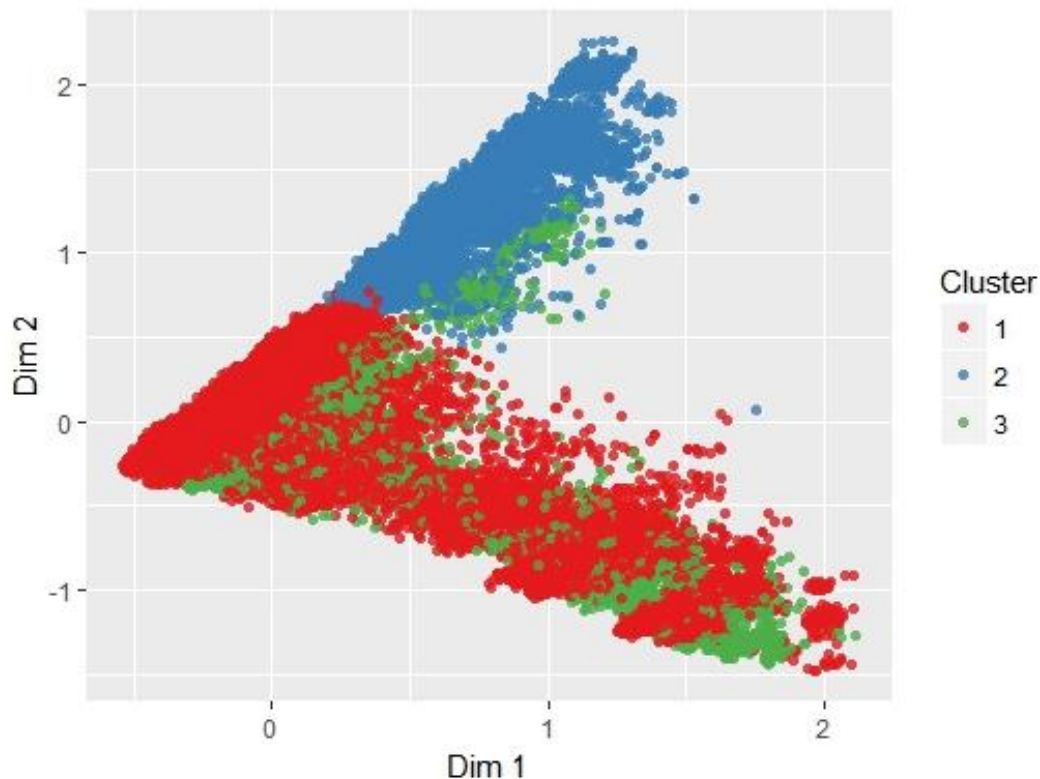


Figura 4.6 Projecció dels individus sobre el pla factorial segons clúster

El gràfic anterior mostra la projecció dels accidents sobre el primer pla factorial segons el clúster que pertany cada cas. S'observa que la classe 1 i 2 estan molt ben diferenciades, per tant es pot discriminar fàcilment els individus de la classe 1 amb els de la classe 2. Tanmateix, la classe 3 té un comportament més heterogeni que la resta de classes. La classe 1 està formada pel 88% dels casos, la classe 2 i 3 representen el 6% cadascuna d'elles.

S'ha realitzat el profiling de cada clúster, analitzant quines característiques presenta cada un i què els diferencia.

Taula 4.2 Profiling de les classes del clúster

	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3
Tipus d'usuari implicat	Predominen els conductors	Predominen els conductors	Predominen els vianants
Grau de severitat	Ferit lleu	Ferit lleu	Ferit greu i mort
Causa mediata (vianant o vehicle)	No hi ha causa mediata	Alcoholèmia, Excés de velocitat i altres	Creuar per fora del pas de vianants, desobeir el semàfor i altres
Tipus de col·lisió	Lateral, caiguda (dues rodes), abast múltiple	Fronto-lateral	Atropellament
Vehicle implicat	Turisme, motocicleta	Taxi, turisme i motocicleta	Bicicleta, turisme i motocicleta, autobús, furgoneta i altres
Edat del ferit (mitjana)	Menys 45 anys	Menys de 45 anys	Entre 42 i 63 anys
Número de víctimes	1.84	2	1.5
Número de vehicles	2.33	2.33	1.15
Número de ferits greus	Baix	Mitja	Alt
Número de morts	Baix	Mitjan	Alt
Franja horària	Totes	0-5	Totes

Els accidents que formen part del clúster 3 són els casos més greus, és a dir presenten major nombre de víctimes mortals o greus, la mitjana de víctimes és 1.5 persones i un vehicle implicat. Doncs, està caracteritzat pel tipus d'accidents atropellament que inclou els accidents tant causats pel vianant, com per exemple creuar per fora del pas de vianants o desobeir el semàfor, com els no causats. El rang d'edat dels individus ferits és entre 42 i 65 anys i el tipus de vehicle implicat és bicicleta, turisme, motocicleta, autobús i furgoneta.

D'altra banda, el clúster 2 inclou els accidents amb causa mediata drogues, alcoholèmia, excés de velocitat i amb tipus de col·lisió frontó-lateral i xoc contra element estic. Els vehicles implicats són turismes o taxis i els individus implicats són joves amb menys de 45 anys. En mitjana són accidents amb dos ferits i dos vehicles implicats. Concentra els accidents de la franja horària de dotze de la nit fins a les cinc del matí.

Finalment, el clúster 1 és la classe majoritària i més heterogènia. Agrupa els accidents menys severs sense víctimes mortals o greus amb dos vehicles implicats i dos ferits lleus en mitjana. El tipus de col·lisió dels accidents del clúster 1 són col·lisió lateral, abast i abast múltiple.

En conclusió, les característiques de les classes trobades mitjançant el clúster jeràrquic està en concordança amb el profiling de l'anàlisi de components múltiples.

Els mètodes d'anàlisi multivariant han permès proporcionar una gran xarxa d'interrelacions entre els tipus d'accident, vehicle implicat, marca i model, rang d'edat, entre d'altres, que amb l'estadística clàssica es va poder observar però només de forma bidimensional.

5. Aplicatiu en Shiny: Accidents de trànsit

Els accidents de trànsit són un problema de caire mundial que afecta a tota la població, es per això que un bon treball estadístic ha de permetre la difusió de la informació cap a tota la població.

Per aquest motiu, s'ha volgut plasmar la informació dels accidents de trànsit utilitzats en aquest estudi d'una forma atractiva, intuïtiva i personalitzable perquè l'usuari pugui accedir a la informació i interpretar-la.

5.1. Característiques tècniques. Shiny Dashboard

Shiny és un paquet de R creat al 2012 per Rstudio. La seva funció principal és crear aplicacions interactives mitjançant el llenguatge de R que posteriorment tradueix al llenguatge HTML, CSS i *Javascript*, aconseguint com a resultat final una aplicació web. Per tant aquest paquet permet als usuaris habituats amb el llenguatge R accedir a la creació de pàgines webs sense els coneixements que requereix.

L'aplicació està formada per dos parts: "User Interface" (UI) i "Server" i funciona a través de inputs i outputs.

El UI Script conté les característiques que defineixen el disseny i l'aspecte de l'aplicació que l'usuari veu. El Server Script recull tot els processos necessaris per tal de plasmar la informació a la UI, és la part que connecta les preferències de l'usuari amb el contingut de l'aplicatiu.

Els inputs són el conjunt de valors que l'usuari pot introduir i/o canviar mitjançant els widgets (desplegables, rang de dies, buscadors...), això permet la interacció de l'usuari amb l'aplicació. Els inputs es defineixen en el "User interface".

Els outputs són els objectes que canvien en funció dels inputs de forma reactiva. Poden ser taules, gràfics, caràcters, imatges, etc. De la mateixa forma, els outputs es defineixen en el "Server".

S'ha utilitzat el paquet *Shinydashboard* per realitzar l'aplicació que, a diferència del paquet *Shiny*, presenta un format preestablert. El "Dashboard" consta de tres parts. En primer lloc, el "Header" o encapçalament és el títol principal de l'aplicació i es situa a la part superior. En segon lloc, el "Sidebar", fa referència a les pestanyes que divideixen la aplicació, es situa a la part esquerra de la pàgina. Finalment, el "Body" o contingut és el panell principal on es visualitzen tots els inputs i outputs. A més a més, cada pestanya presenta en si mateixa un "Sidebar" i un "Body".

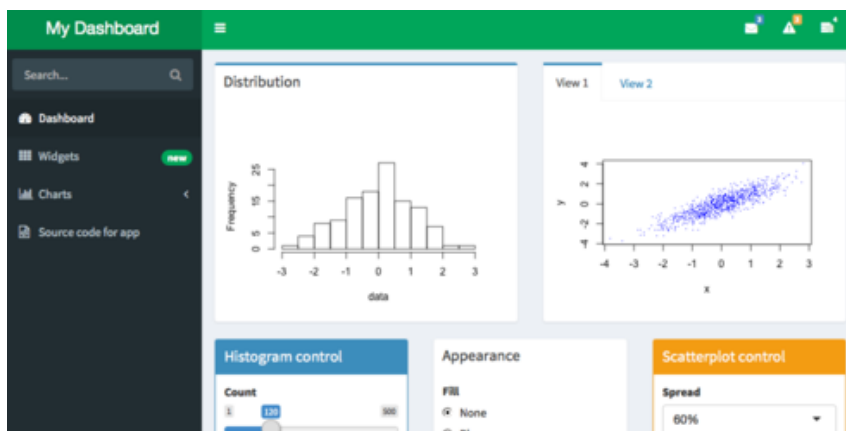


Figura 5.1 Exemple Shiny – Dashboard

La Figura 5.1 Exemple Shiny – Dashboard mostra un exemple d'aplicació anomenat "My Dashboard" (Header) amb un menú (Sidebar) format per un motor cerca i quatre pestanyes (*Dashboard, Widgets, Charts i Source code for app*). Finalment, el contingut (Body) consta de dos gràfics (outputs) i tres widgets (input) amb els quals l'usuari interacciona.

5.2. Estructura del aplicatiu

En aquest apartat s'explicarà l'estructura de l'aplicació de Shiny.

La base de dades està formada per 5 taules que es poden agrupar en tres àmbits, com s'ha explicat prèviament a l'apartat 2. Donada la gran quantitat d'informació s'ha decidit estructurar l'aplicació en cinc pestanyes: *Informació, Mapa, Anàlisi, Accidentalitat i severitat i Punts de concentració d'accidents*. De la mateixa forma, cada pestanya es subdivideix en altres pestanyes per tal d'organitzar de forma adequada la informació.

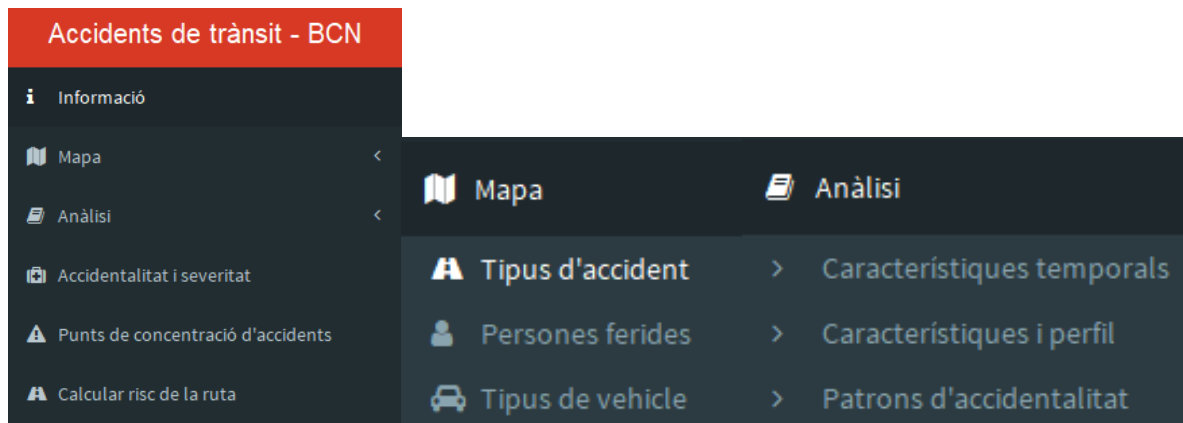



Figura 5.2 Sidebar de l'aplicatiu Shiny

Informació

Les dades utilitzades estan extretes de **Open Data BCN** que recull l'informació sobre tots els accidents de trànsit gestionats per la Guardia Urbana a la ciutat de Barcelona en el període 2010-2017



Amb la col·laboració de





Anàlisis dels accidents de trànsit amb víctimes a la ciutat de Barcelona. 2010-2017

El present aplicatiu de Shiny-Dashboard forma part del treball de final de grau d'Estadística i Economia (UB-UPC) realitzat per **Sandra Redondo**.

Els accidents de trànsit són una de les principals causes de morbiditat i mortalitat en el món. Cada any moren en el món més de 1,25 milions de persones i es produeixen entre 20 i 50 milions de traumatismes no mortals per aquesta causa. S'espera que al 2030 aquest fet sigui la tercera causa de mortalitat mundial.

En l'aplicació que es presenta a continuació, s'analitzarà els casos d'accident de trànsit en via urbana amb víctimes, intentant analitzar i visualitzar quines són les principals característiques que determinen que un accident de trànsit provoqui víctimes mortals i greus.

L'aplicació s'estructura de la següent forma:

- Mapa: Es presenta en el mapa de Barcelona les ubicacions dels accidents de trànsit, les víctimes i els vehicles implicats, podent restringir els casos projectats segons les variables
- Anàlisi: Es presenten múltiples eines gràfiques per analitzar les característiques dels accidents, des de la perspectiva univariant, bivariant i temporal
- Accidentalitat i severitat: Es presenta la informació sobre l'índex d'accidentalitat i severitat segons el mes del any, dia de la setmana o barri per el període d'estudi
- Punts de concentració d'accidents: Es projecte en el mapa de Barcelona les ubicacions que concentren major nombre d'accidents

Figura 5.3 Pestanya Informació

A la pestanya *Informació* es mostra una breu presentació sobre l'estudi, els objectius, etc. Addicionalment, es presenta l'origen de les dades i els agraïments necessari per dur a terme el treball.

Mapa

La pestanya *Mapa* consta de tres submenús: *Tipus d'accident*, *Persones ferides* i *Vehicles*. Cada apartat consta de la ubicació dels accidents de trànsit, així com les agrupacions que es formen.

Els mapes que es mostren en aquest apartat s'han realitzat mitjançant el paquet *Leaflet* juntament amb la integració amb Shiny.

La primera pestanya conté la informació referent a les característiques de l'accident de trànsit.

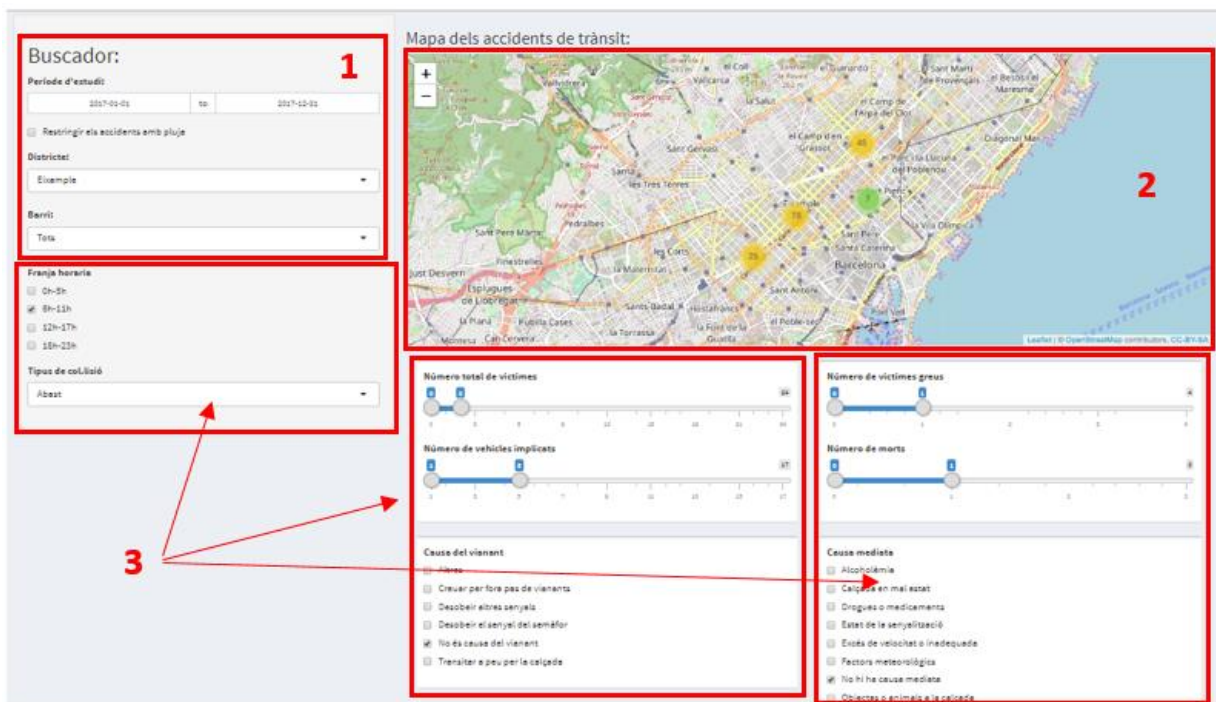


Figura 5.4 Pestanya Mapa – Tipus d'accident

Com es pot observar en la imatge anterior, la pestanya *Mapa* consta del *sidebarPanel* (1 i 3) i del *mainPanel* (2 i 3). Totes les subpestanyes presenten una part comuna formada pel mapa (2) i els widgets de període de temps, districte i barri (1). La part específica són els diversos widgets que fan referència a les variables (3).

En la pestanya dels accidents de trànsit, en el *sidebarPanel* (1) es poden seleccionar diverses opcions per tal de restringir, en el *mainPanel* (2), la projecció dels accidents al mapa.

En primer lloc es defineix el període de temps, el rang possible és des de 01/01/2010 fins el 31/12/2017. En segon lloc, cal escollir el districte, es pot seleccionar tots el districtes o bé un dels 10. La selecció del barri depèn de l'elecció anterior, per exemple si s'ha seleccionat Eixample, es podrà escollir l'opció de tots els barris de l'Eixample o bé un dels 5. El desplegable de tipus de col·lisió, permet escollir o un o tots els tipus de col·lisió. I finalment, es pot definir una o diverses franges horàries. Addicionalment, es pot seleccionar que només es presentin els accidents amb pluja.

A la part inferior, es situen dos panells addicionals que permeten restringir els accidents segons el rang del número de vehicles implicats, número total de víctimes, víctimes greus i morts.

Finalment, permet seleccionar una o diverses causes mediantes tant per part del conductor com del vianant.

Seguint la mateixa estructura, la pestanya de les persones ferides, presenta la informació relacionada amb les persones ferides i la seva ubicació.

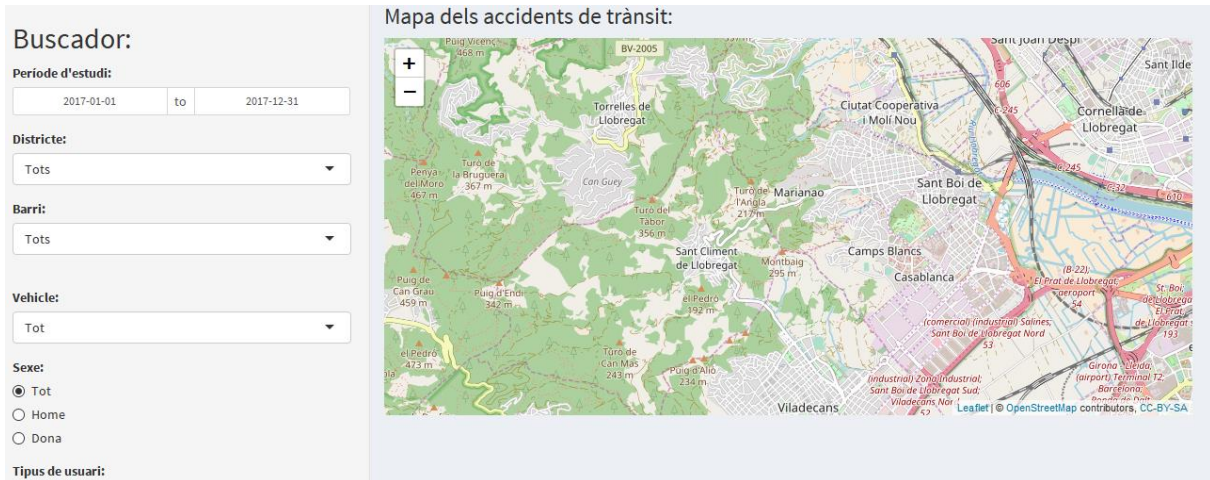


Figura 5.5 Pestanya Mapa – Persones ferides

La primera opció, és escollir el sexe de l'individu que ha resultat ferit, en segon lloc el tipus d'usuari i finalment el grau de severitat del ferit. Addicionalment, es pot restringir els individus segons el rang d'edat.

Finalment, la pestanya tipus de vehicle, consta de les variables relacionades amb el vehicle implicat.

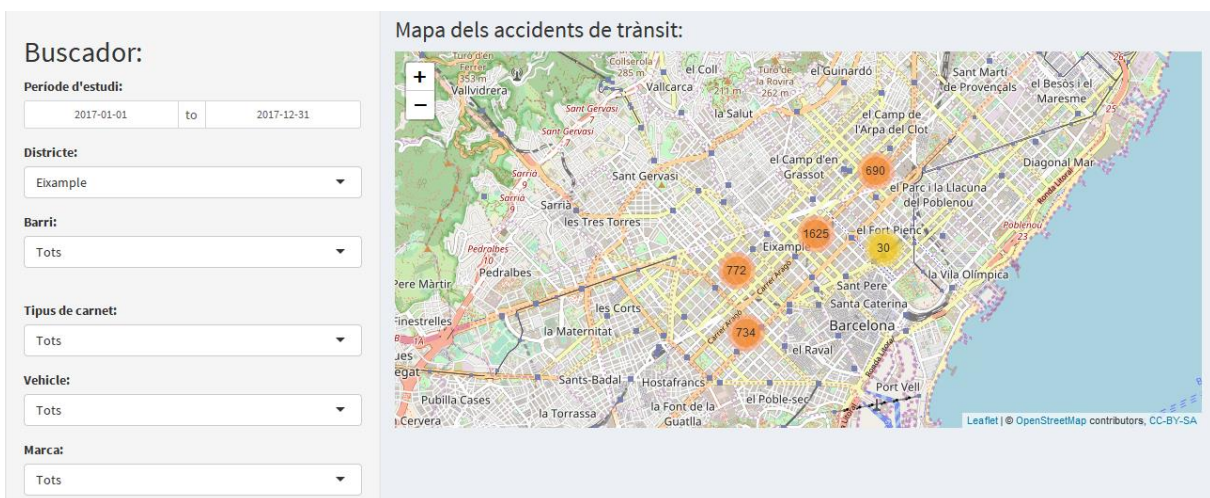


Figura 5.6 Pestanya Mapa – Vehicles implicats

Es pot restringir els accidents segons el tipus de carnet del conductor, el tipus de vehicle, marca, model i color del vehicle implicat. En quant a la marca i el model, si l'usuari selecciona una marca determinada, després al desplegable model només apareixeran els models

associats a aquella marca. Finalment, l'usuari pot escollir els anys d'antiguitat del carnet del conductor del vehicle.

Anàlisi

La pestanya Anàlisi es subdivideix en 3 pestanyes.

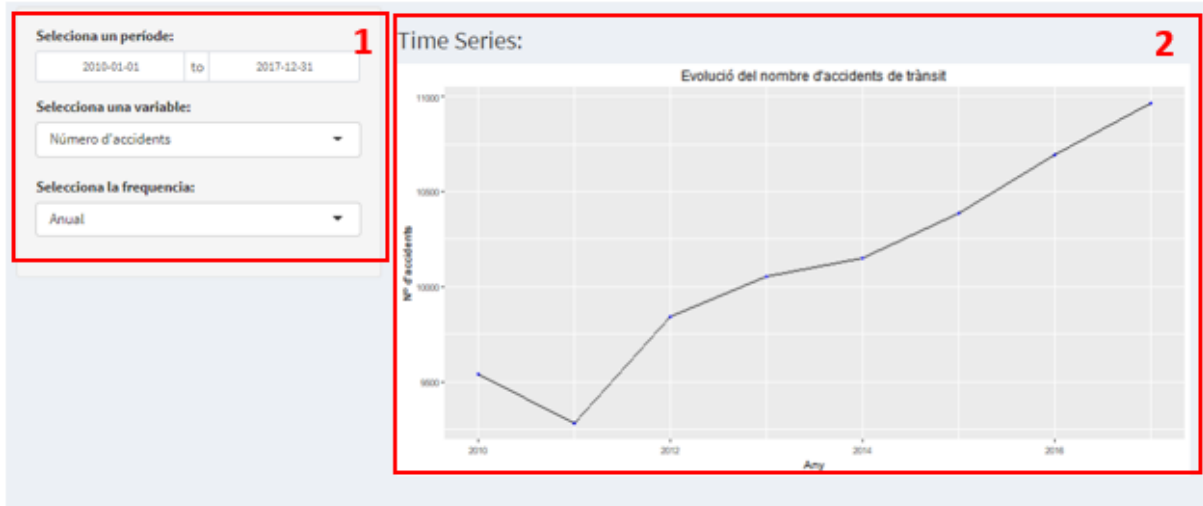


Figura 5.7 Pestanya Anàlisi – Característiques Temporals

La subpestanya *Característiques Temporals* consta d'un *sidebarPanel* (1) on es selecciona el període d'estudi, la variable d'interès (número d'accidents, número de morts o número de víctimes) i la freqüència de l'estudi que pot ser anual, mensual, setmanal, diària o per hores.

Finalment, el *mainPanel* (2) està format per un gràfic *Time Series* que es modifica segons l'elecció de l'usuari.

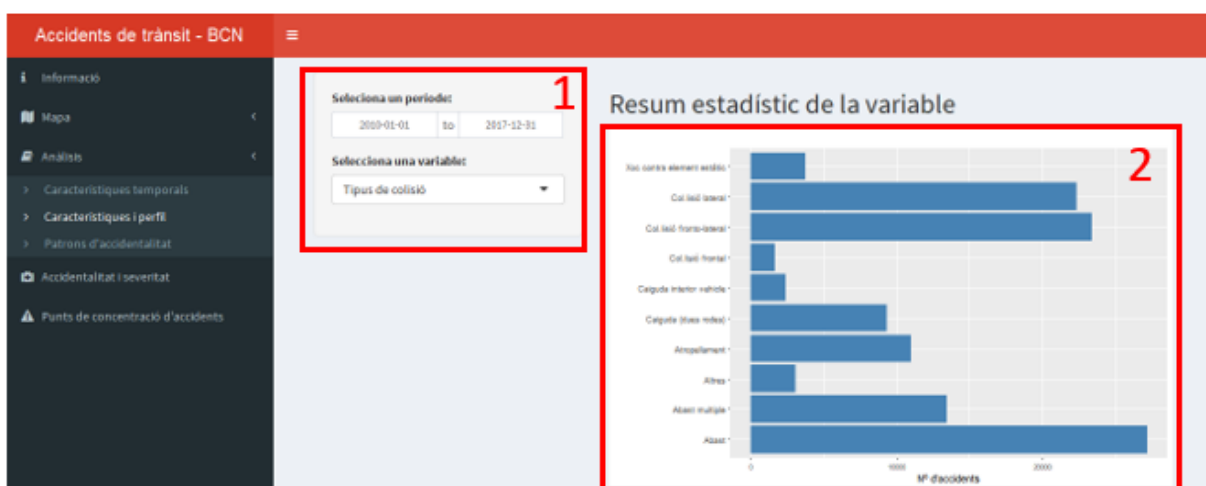


Figura 5.8 Pestanya Anàlisi – Característiques i perfil

Aquesta pestanya permet a l'usuari observar el gràfic univariament més adequat pel tipus de variable seleccionada.

El *sidebarPanel* (1) està format pel widget del període de temps i la variable d'estudi, les variables que es poden seleccionar són totes les variables que constitueixen la base de dades.

El *mainPanel* (2) té un gràfic que va canviant segons la variable escollida i el tipus de variable seleccionada. Si és una variable categòrica el gràfic predeterminat és un gràfic de barres, mentre que si és una variable numèrica apareix un histograma. Addicionalment, a la part inferior del gràfic apareix un petit resum estadístic de la variable, per les variables categòriques presenta la freqüència relativa en tant per cent i per les variables numèriques el mínim, màxim, mitjana i quantils.



Figura 5.9 Pestanya Anàlisi - Patrons d'accidentalitat

Finalment, la pestanya *Patrons d'accidentalitat* permet a l'usuari generar el gràfic bivariant més idoni segons les dues variables escollides. En primer lloc consta del *sidebarPanel* (1) que permet a l'usuari establir el període d'interès, la variable d'estudi i la variable per fer les agrupacions.

El *mainPanel* (2) consta del gràfic bivariant. Per tal de proporcionar la millor informació visual possible, s'ha establert una sèrie de factors condicionants perquè de forma automàtica es generi el gràfic idoni.

Per exemple, si l'usuari ha seleccionat dues variables contínues, el gràfic de sortida és un gràfic X-Y, mentre que si l'elecció són dues variables categòriques, el gràfic seleccionat és de barres apilades. Finalment, si l'elecció és mixta, s'ha escollit el gràfic boxplot per grups per representar la informació.

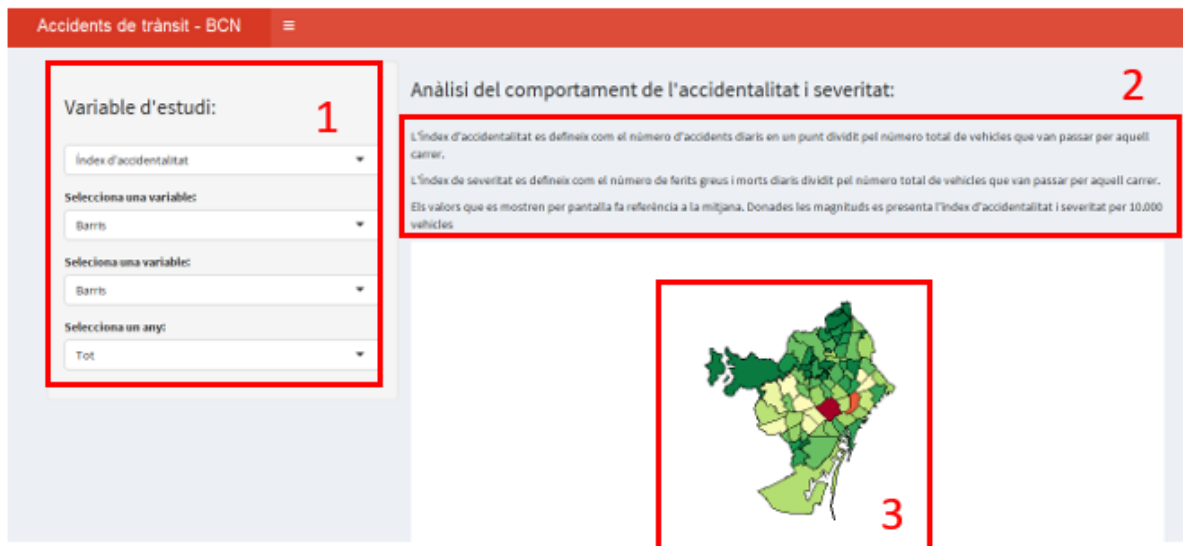


Figura 5.10 Pestanya Accidentalitat i severitat

La pestanya *Accidentalitat i severitat* mostra la informació sobre el índex d'accidentalitat (número d'accidents per vehicle) i l'índex de severitat (número de ferits greus i morts per vehicle) segons el factor mes, dia de la setmana i barri, juntament amb les possibles interaccions.

El *sideBarpanel* (1) permet a l'usuari escollir la variable resposta d'estudi (índex d'accidentalitat o severitat), el factor (dia de la setmana, mes del any, barri) i opcionalment un segon factor (dia de la setmana, mes del any, barri i global) per analitzar la interacció.

Segons l'elecció de l'usuari, en el *mainPanel* (2) es mostra el gràfic d'interès. Per exemple, si l'usuari ha escollit analitzar la variable índex d'accidentalitat per dia de la setmana i mes, es mostra un gràfic de barres per cada una de les combinacions.

Finalment, aquesta pestanya consta de un *infoBox* (3) que informa a l'usuari sobre el significat i la correcta interpretació de la variable d'estudi.

Punts de concentració d'accidents

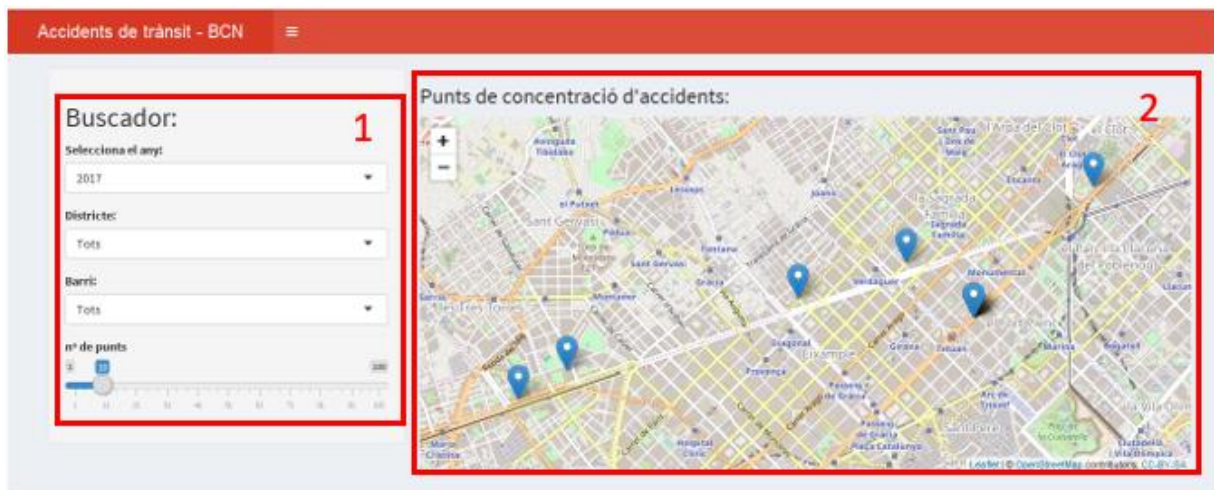


Figura 5.11 Pestanya Punts de concentració d'accidents

La pestanya *Punt de concentració d'accidents* permet a l'usuari conèixer les localitzacions de Barcelona on han succeït més accidents.

L'usuari pot escollir en el *sidebanel* (1) l'any, el districte, el barri i el número de localitzacions que es mostren en el *mainPanel* (2).

Calcular risc de la ruta

Selecciona les característiques de la zona per la qual es circularà:

Selecciona el districte:

Selecciona el barri:

Selecciona un dia:



RISC ALT

El número d'accidents per 10.000 vehicles en mitjana un dia: Laborable en el mes: 7 circulant pel barri: la Dreta de l'Eixample és: 1.5632 sinistres

Figura 5.12 Pestanya Calcula risc de la ruta

Finalment, la pestanya *Calcular risc de la ruta* mostra a l'usuari el risc de patir un accident segons la zona on es circularà, el dia de la setmana i el mes de l'any.

En primer lloc, l'usuari ha d'escollir el districte de la ciutat per on es circularà, després ha d'escollir un dels barris d'aquell districte i finalment un dia determinat.

El programa mostra per pantalla el risc de patir un accident de trànsit segons les característiques introduïdes.

Per determinar el nivell (baix, mitjà o alt) s'ha analitzat tot el conjunt d'esdeveniments que han succeït des de 2010 fins a 2017 amb aquelles característiques determinades (mes, dia de la setmana: dilluns, laborable, divendres, dissabte i diumenge i barri). Així doncs, es calcula la mitjana de l'índex d'accidentalitat (nombre d'accidents per 10.000 vehicles) del conjunt de successos, obtenint el comportament mitjà de l'accidentalitat amb aquelles característiques.

El valor resultant es compara amb els quantils del 25% i 75% de tot el conjunt de dades. Per tant si l'índex d'accidentalitat estimat és inferior al primer quantil, es determina que el risc d'accident és baix, si es superior al primer quantil però inferior al tercer quantil es determina risc mitjà i per últim si és superior al tercer quantil es determina risc alt.

Gràcies a aquesta eina, l'usuari pot conèixer de forma estimada el risc de patir un accident de trànsit segons la zona de Barcelona i el dia de l'any en que es conduirà.

6. Els accidents de trànsit des de la perspectiva econòmica

Els accidents de trànsit són una de les deu principals causes de mort en el món i constitueixen un greu problema de salut pública. L'organització mundial de la salut estima que en 2015 aquest fet va provocar 1,34 milions de morts i més de 50 milions de ferits.

Cal destacar que el nombre de víctimes per accident de trànsit es comporta de forma diferenciada segons la renda del país. Mentre que la mortalitat mitjana dels accidents de trànsit a nivell mundial és de 18,3 defuncions per cada 100.000 habitants, als països de renda baixa representa 28,5 defuncions per 100.000 habitants.

El cost econòmic de les lesions de trànsit representa el 1% del PIB en els països de renda baixa, el 1.5% en els de renda mitja i el 2% en els de renda alta. Els països de renda alta disposen de tot un conjunt de infraestructures, equipaments i subministrament per tal de tractar les víctimes dels accidents de trànsit que els països de renda mitjana i baixa no disposen. Cal destacar que els països d'ingressos baixos i mitjans presenten més costos derivats dels accidents de trànsit del que reben per mitjans d'organitzacions econòmiques internacionals.

A la Unió Europea, cada any moren més de 40.000 persones i més de 150.000 queden discapacitades de per vida a conseqüència dels sinistres. Els traumatismes causats pel trànsit suposen un cost pels països de la Unió Europea de 180.000€ milions d'euros a l'any, és a dir, el doble del pressupost anual per dur a terme totes les activitats del marc europeu.

S'estableix una clara diferenciació del comportament dels accidents de trànsit a la Unió Europea segons la posició geogràfica dels països. Els estats membres de l'est sobrepassen la mitjana europea de morts en els accidents de trànsit (per exemple: Lituània, Polònia, Romania i Grècia), mentre que els del nord i oest es situen per sota.

A partir d'aquests fets, al 2010 la Unió Europea va crear el programa europeu de seguretat viària 2011-2020 que té com objectiu reduir a la meitat el número de morts per accidents de trànsit al 2020. Aquest programa estableix una combinació d'iniciatives a nivell europeu i estatal que es centra en la millora de la seguretat del vehicle, la seguretat de la infraestructura i el comportament dels usuaris en la carretera.

Així doncs, l'estratègia de seguretat viària de l'estat espanyol ve determinada per l'objectiu europeu 2020 i que té com a propòsit assolir 37 morts per milió d'habitants i reduir en un 35% el nombre de ferits greus, entre d'altres. Però, s'ha observat que després del descens continuat en el nombre de víctimes mortals per accidents de trànsit a Espanya, des del 2013 s'ha produït un estancament, observant-se al voltant de 1.130 víctimes mortals a l'any en mitjana.

A Catalunya, actualment s'està aplicant el segon pla de seguretat viària que té com objectiu complir amb les metes marcades a nivell estatal i europeu.

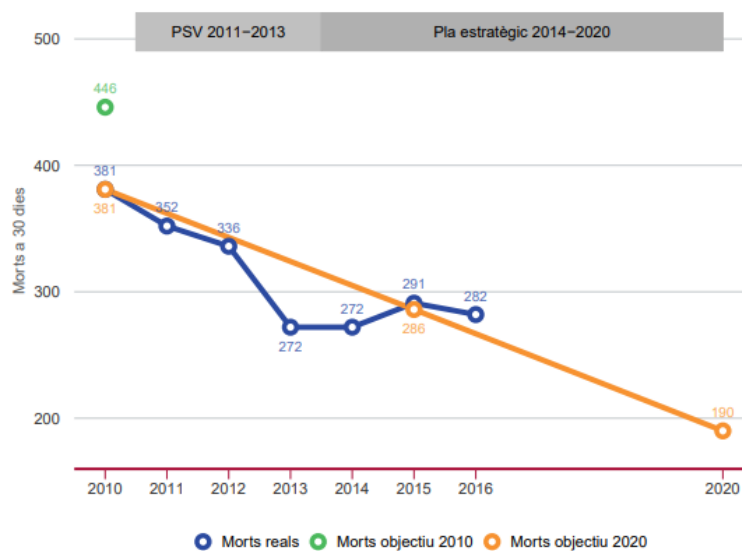


Figura 6.1 Evolució de morts a 30 dies a Catalunya

Com es pot observar en la Figura 6.1 (Font: *Anuari Estadístic d'accidents de trànsit a Catalunya 2016*) el primer Pla de Seguretat Viària (PSV) 2011-2013 va complir amb els objectius establerts a nivell europeu, però des del 2014, amb el nou pla estratègic, s'ha observat un increment del nombre de morts per accident de trànsit a 30 dies, superant al 2015 el valor objectiu de 286 morts. S'observa doncs que el segon PSV no està complint amb els objectius establerts.

Finalment, des de la perspectiva local de la ciutat de Barcelona, amb l'aplicació del Pla Local de Seguretat es va reduir el nombre de víctimes causades per accidents de trànsit i el nombre de víctimes greus i mortals en el període 2004-2011 però al 2012 hi va haver un estacament d'aquesta tendència, mostrant la necessitat d'actualitzar les polítiques de seguretat viària a la ciutat.

En aquest context es va crear el Pla Local de Seguretat Vial 2013-2018 que té com a fi reduir al 30% el nombre de morts en accidents de trànsit i al 20% el nombre de ferits greus.

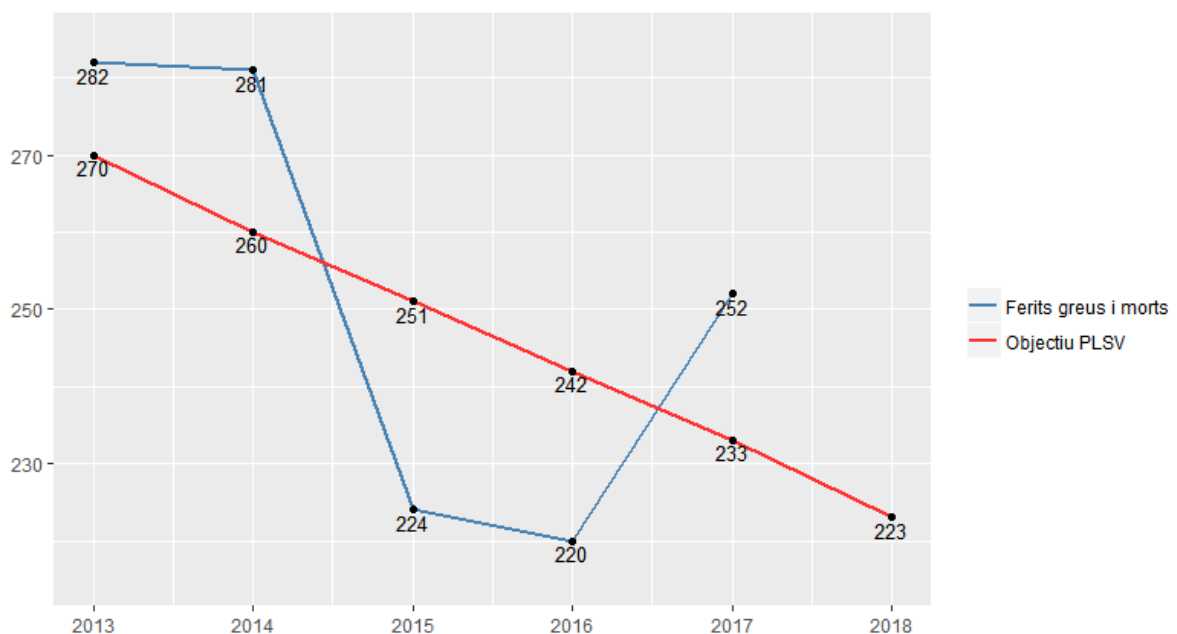


Figura 6.2 Evolució de l'accidentalitat greu (ferits greus i morts)

Observant les dades del nombre de ferits greus i morts en el període 2010-2017, s'observa que el Pla Local de Seguretat Vial 2013-2018 va aconseguir resultats satisfactoris en els anys 2015 i 2016 però els últims resultats s'allunyen de l'objectiu de 223 persones ferides greus i mortes al 2018.

En resum, és important que els governs es centrin en realitzar polítiques públiques per complir l'objectiu UE-2020, però també per tot el conjunt de beneficis socials, econòmics i ambientals que repercuteixen.

En aquest estudi s'analitza principalment els accidents de trànsit amb víctimes gestionats per la Guàrdia Urbana en el període 2010-2017 a la ciutat de Barcelona. Per tant, es podrà analitzar i observar els resultats del Pla Local de Seguretat Viària de Barcelona 2006-2012 i 2013-2018.

6.1. Accidents de trànsit a Barcelona. D'on venim. Cap a on anem.

Els accidents de trànsit són un problema per la societat ja que causa una gran pèrdua de vides humanes, a més de generar lesions permanents i discapacitat. Aquests fets generen uns costos social, sanitaris, materials i econòmics immensurables. Però que es pot fer?

El nombre d'accidents de trànsit es veu influenciat per múltiples variables, com per exemple les característiques del parc automobilístic, la densitat de trànsit de les vies, el límit de velocitat, l'ús de transport públic o privat, és a dir per la xarxa de mobilitat de la ciutat.

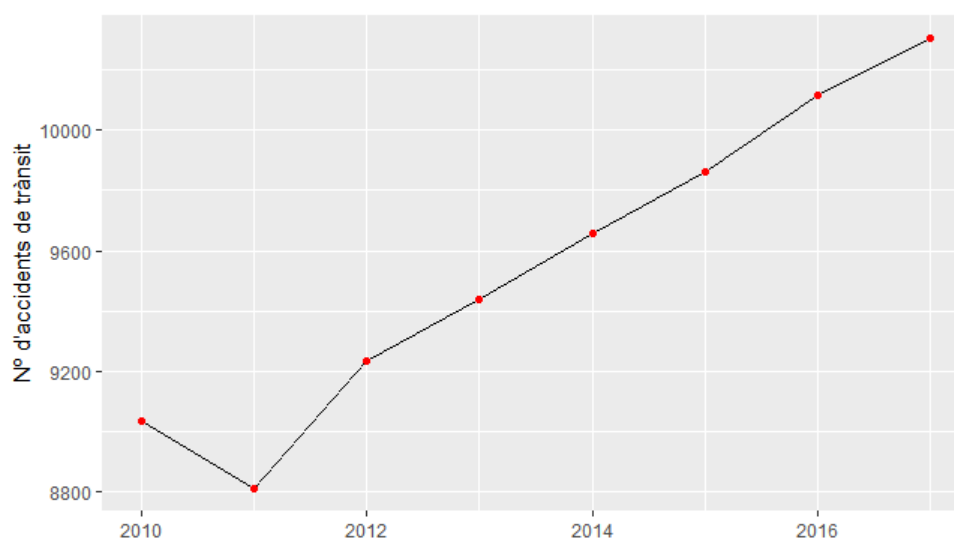


Figura 6.3 Evolució del nombre d'accidents de trànsit a Barcelona

El nombre d'accidents de trànsit amb víctimes ha augmentat considerablement des del 2012. Al 2010 va haver 9.036 accidents de trànsit mentre que al 2017, després de 7 anys, aquesta xifra ha augmentat un 14,06%.

Taula 6.1 Evolució de la mitjana d'accidents per dia i hora

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Accidents/hora	1,032	1,005	1,051	1,077	1,102	1,126	1,152	1,177
Accidents/dia	24,756	24,134	25,232	25,857	26,458	27,025	27,642	28,238

Analitzant l'evolució de la mitjana del nombre d'accidents per dia i per hora s'observa que el comportament és molt semblant a la tendència anual. Convé destacar que la mitjana

d'accidents diaris al 2010 i 2011 es situava al voltant de 24-25 accidents, mentre que al 2017 aquest fet ha incrementat fins 28-29 accidents.

Taula 6.2 Evolució del número de ferits lleus, greus i morts

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ferits lleus	10.518	10.065	10.830	11.115	11.123	11.468	11.875	11.894
Ferits greus	265	219	247	260	251	198	192	240
Morts	39	31	30	22	30	26	28	12
Ferits greus + morts	304	250	277	282	281	224	220	252
Total	10.822	10.315	11.107	11.397	11.404	11.692	12.095	12.146

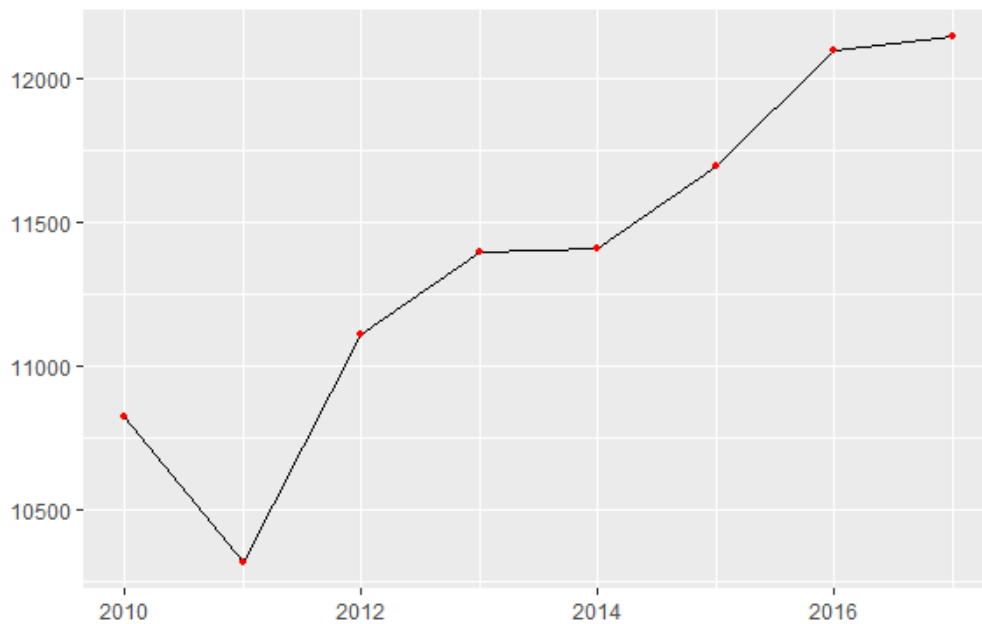


Figura 6.4 Evolució del nombre de ferits i morts en accident de trànsit

Observant el gràfic anterior, es destaca que només al 2011 es va aconseguir reduir el nombre de ferits lleus, greus i morts, des de llavors roman una tendència creixent.

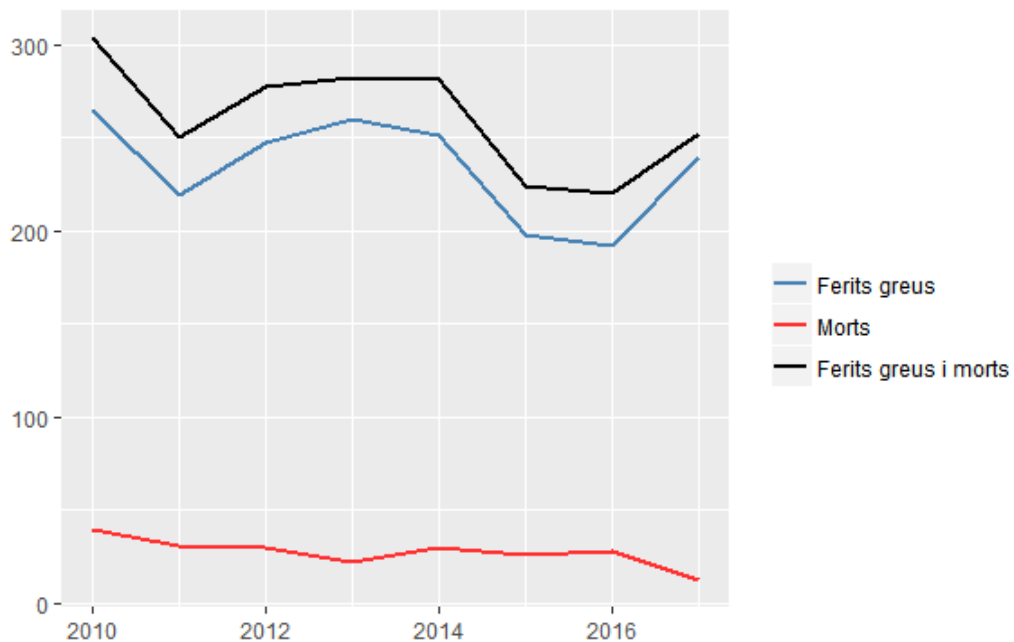


Figura 6.5 Evolució de l'accidentalitat greu

D'altra banda, si s'analitzen els casos d'accidentalitat greu (ferits greus i morts) s'arriba a unes conclusions diferents. Es va assolir el menor nombre d'accidents greus al 2016 amb una tendència decreixent des del 2014. Malauradament al 2017 va augmentar un 13,9% el nombre de ferits greus respecte l'any anterior.

Malgrat que el nombre d'accidents i de ferits s'ha mantingut relativament estable durant el període, l'any 2017 va haver 12 víctimes mortals en accidents de trànsit, la xifra més baixa des de l'any 1990, les quals van ser 5 vianants i 7 motoristes.

Com s'ha analitzat durant els apartats anteriors existeixen zones de Barcelona que concentren major nombre d'accidents, tipus de col·lisió predominant i perfils de risc.

El 94% dels accidents no presenten causa mediana assignable però s'ha analitzat com els accidents provocats per causes d'alcoholèmia, calçada en mal estat, excés de velocitat, consum de drogues o medicaments, concentrats majoritàriament entre les 12 i les 6 del matí, tenen associada major mortalitat que els altres. Per tant es necessari que les polítiques públiques tractin de prevenir i controlar aquestes conductes.

El turisme és el tipus de vehicle que està implicat en major nombre d'accidents però proporcionalment el conductor resulta menys ferit. El cas oposat són els vehicles de dues rodes ja que estan menys presents en els accidents però tenen major risc de resultar ferit o mort.

El cas especial dels vehicles de servei (taxis, furgonetes i altres vehicles) concentren major nombre d'atropellaments que la resta de vehicles. Caldrà doncs que les mesures de prevenció d'atropellaments posin èmfasi en aquest tipus de vehicles.

Els grups de risc estan definits pel conductor del vehicle i els vianants. Les víctimes d'accident de trànsit acostumen a tenir entre 19 i 44 anys, representant el major nombre d'individus ferits lleus, greus i morts. Cal posar èmfasi en els individus del grup d'edat majors de 79 anys ja que representen els accidents amb major mortalitat.

El 40% de les víctimes mortals són els vianants, aquest grup està definit per individus de 65 anys en mitjana definits entre els 53 i 85 anys. Cal destacar que les conductes que provoquen els atropellaments, el 6% dels casos, són creuar per fora del pas de vianant i desobeir el semàfor, així doncs caldrà tractar aquest fets per tal de reduir la sinistralitat severa a la ciutat de Barcelona.

Per barris de Barcelona, s'ha observat que el barri de la Dreta de l'Eixample concentra el major nombre d'accidents per vehicle, així com el major nombre de víctimes. Per aquest motiu caldria realitzar un estudi dels motius pels quals aquest barri concentra major nombre d'accidents per unitat d'exposició que els altres.

Cal posar èmfasi en el barri de la Dreta de l'Eixample i el Parc i la Llacuna del Poblenou ja que representen els barris amb major nombre d'accidents severos (ferits greus i morts) per vehicle.

D'altra banda, s'ha observat en el mapa de Barcelona zones de concentració d'atropellaments, casos que impliquen major mortalitat. Per tant caldria estudiar els motius pels quals succeeix aquest comportament i tractar-ho.

Veiem doncs, que les polítiques públiques per la prevenció i reducció de l'accidentalitat s'hauran de concentrar en els grups de risc que són principalment els vianants i els conductors de vehicles de dues rodes.

6.2. Pla Local de Seguretat Viària de Barcelona. 2013-2018

El Pla local de seguretat viària de Barcelona 2013-2018 i el Pla de Mobilitat Urbana 2013-2018 són les eines de planificació de la mobilitat i de la seguretat viària a la ciutat. Ambdós projectes tenen l'objectiu d'assolir una mobilitat sostenible, segura, eficient i equitativa.

La seguretat viària comporta un compromís col·lectiu: polític, tècnic i ciutadà. La política municipal es concentra en una sèrie d'actuacions preventives, correctores i tècniques, aplicades a l'espai públic, concentrant-se en els desplaçaments, situacions i col·lectius de risc.

L'objectiu del PLSV és treballar prioritàriament en l'àmbit d'accidentalitat que té associada major victimització, és a dir, es concentra en la protecció dels grups de risc que són els vianants, els conductors de motocicleta i de bicicleta.

Els agents que s'encarreguen de dur a terme tot el conjunt d'activitats per reduir la sinistralitat a Barcelona són la Direcció de Serveis de Mobilitat, la Unitat d'Accidents de la Guàrdia Urbana, el Programa de Mobilitat i Seguretat Viària i l'Agència de Salut Pública de Barcelona, entre d'altres.

Des de la perspectiva d'intervenció política, l'eina més eficaç per prevenir els accidents és el canvi de comportament dels usuaris de la via, promovent el rebuig de la sinistralitat i afavorint la convivència en la xarxa viària, basant-se en el respecte de la integritat física pròpia i de la resta de ciutadans. Per tant, una de les principals polítiques és la difusió d'aquest missatge, incloent la seguretat viària com una de les prioritats de l'agenda política.

Així mateix, realitzar campanyes informatives i comunicatives en seguretat viària per tal d'informar, sensibilitzar i promoure la implicació ciutadana, concretament les campanyes de sensibilització a favor de la seguretat dels vianants, convivència vianants-ciclistes i vehicles-ciclistes.

L'àmbit d'intervenció tècnica, es concentra en la millora del coneixement actual sobre la qüestió d'estudi, establint noves eines i processos de recollida i gestió de la informació d'accidentalitat i del comportament dels usuaris. Això permet entendre les causes dels accidents, monitoritzar i avaluar les mesures implantades i també identificar nous àmbits d'actuació.

Dins d'aquest marc, es dissenya, s'aplica i s'avalua les mesures correctores i s'estableix els processos preventius per fer front als conflictes que presenta la ciutat. Convé destacar el tractament dels punts de concentració d'accidents a la ciutat de Barcelona, la millora de la seguretat de la infraestructura pels vianants, més concretament en la pacificació del trànsit amb el nou model de zones 30, les *superilles*, el tractament de les zones de concentració de risc i la millora de la seguretat de la infraestructura ciclista i de l'estructura viària.

Finalment, les accions preventives tenen un paper clau ja que l'eficàcia de les polítiques de seguretat viària depenen de la intensitat de la vigilància i el compliment dels requisits de seguretat, per tant les campanyes de control són un factor clau per la reducció en el nombre de morts i ferits.

Són el cas el control de les infraccions de risc en la conducció i en el risc d'atropellament en els estacionaments indegut, el control d'alcoholèmia i drogues, les campanyes preventives d'alcoholèmia pels conductors de vehicles de dues rodes, el control de la seguretat del vehicle, l'ús de sistemes de retenció i les campanyes de control específic pels conductors de motocicleta incrementant la vigilància sobre les pràctiques de risc, la utilització del casc i la promoció de l'ús de l'equipament mínim de seguretat (guants i calçat). Per últim, l'educació en seguretat viària pels col·lectius específics com la gent gran, ciclistes i motoristes.

El cost de dur a terme tot aquest conjunt de mesures i actuacions és difícil de quantificar, però es pot realitzar una estimació a partir de l'import del pressupost que es destina a aquest conjunt d'activitats.

El pressupost de l'Ajuntament de Barcelona es divideix en diverses polítiques, en aquest cas fa referència a la política de Seguretat i Mobilitat Ciutadana, concretament el programa de Mobilitat (1341), el qual es divideix en quatre subprogrames.

Taula 6.3 Pressupost de l'Ajuntament de Barcelona 2017

	Despesa liquidada (€)	% respecte el pressupost
Pressupost 2017	2.672.092.066	100,00
Seguretat i Mobilitat ciutadana	302.156.722	11,31
1341 - Mobilitat	14.820.457	0,55
13413 - Operacions i informació del trànsit	10.546.265	0,39
13414 - Senyalització viària horitzontal i vertical	2.183.955	0,08
13411 - Gestió del programa de mobilitat	749.498	0,03
13412 - Planificació i projectes de mobilitat	1.340.740	0,05

Al 2017 es va destinar 300 milions d'euros a polítiques de Seguretat i Mobilitat ciutadana que recull diversos plans d'actuació de la ciutat de Barcelona des de la perspectiva de Mobilitat, Urbanisme i Seguretat. Concretament el Departament de Mobilitat va gastar 14 milions d'euros que representa un 0,55% del total del pressupost. Els subprogrames de la Gestió del programa de mobilitat (13411) i la Planificació i projectes de mobilitat (13412) són els capítols que estan més lligats amb el PSV ja que els altres capítols inclouen altres projectes i activitats polítiques.

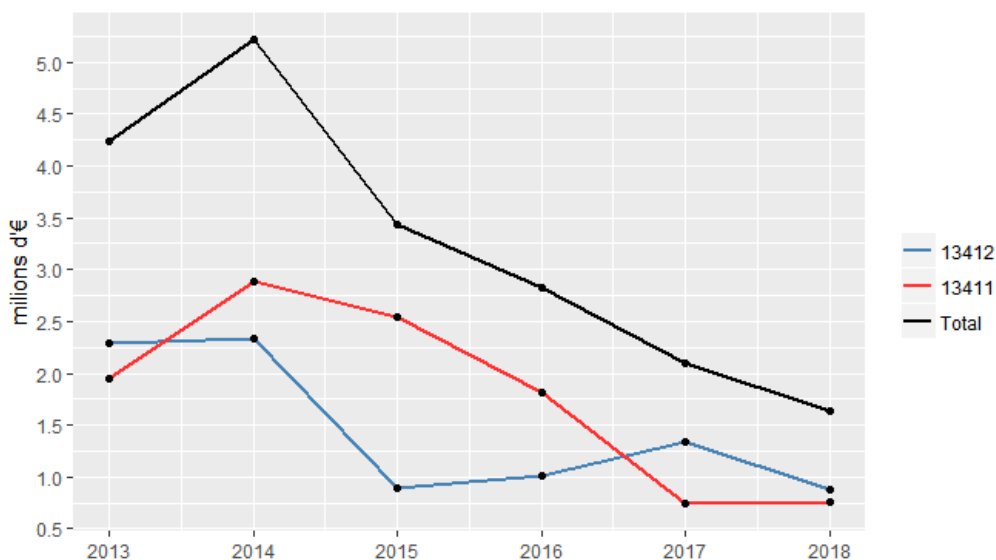


Figura 6.6 Evolució de la despeses en programes de Mobilitat

S'observa que des del 2013 la despesa en Gestió del programa de Mobilitat i la Planificació i Projectes de Mobilitat s'ha vist reduïda considerablement.

6.3. Accidents de trànsit. Efectes individuals i socials. Costos econòmics.

Quan hi ha un accident de trànsit amb lesions, no només suporta el cost qui el rep sinó que també tota la xarxa de persones pròximes, com familiars i amics que resulten profundament afectats.

Més de la meitat de les víctimes mortals de trànsit tenen entre 15 i 44 anys, les persones d'aquesta edat es situen en l'època econòmicament més productiva, per tant, si es moren o queden discapacitats poden perdre el seu treball o la possibilitat de treballar. Tant l'individu com la seva família pateixen una pèrdua en la capacitat de guanyar diners, a més dels costos econòmics de rehabilitació o tractament i la carrega que suporten els seus familiars. Per tant, quan es dona un accident de trànsit, no només afecta al individu sinó que també al seu entorn.

El patiment personal de les víctimes mai es podrà expressar en termes econòmics, cap quantitat de diner pot compensar la pèrdua d'un familiar proper o una invalidesa permanent. Malgrat això, és necessari calcular l'impacte global que generen els accidents de trànsit sobre l'economia d'una regió per tal de decidir sobre les inversions públiques destinades a reduir la sinistralitat.

Per estimar els costos econòmics de les col·lisions i els traumatismes generats pels accidents de trànsit cal tenir en compte les diverses fonts de costos.

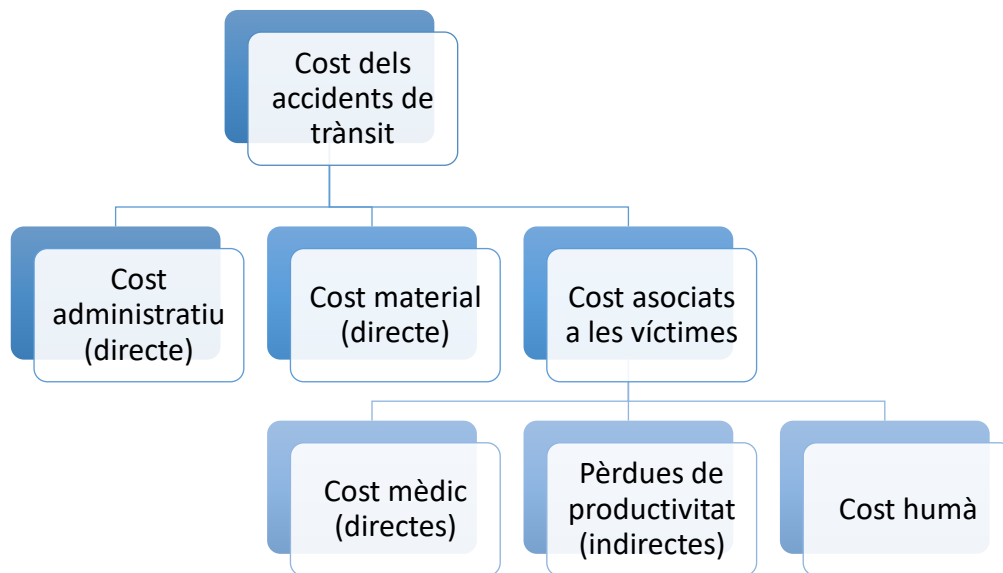


Figura 6.7 Costos dels accidents de trànsit

El cost dels accidents de trànsit es divideix en cost administratiu, cost material i cost associat a les víctimes. Aquest últim, es divideix en els costos mèdics, la pèrdua de productivitat i el cost humà.

El cost administratiu inclou el treball realitzat per la policia, jutges, advocats i les companyies d'assegurança per gestionar de forma "administrativa" els accidents.

El cost material inclou els costos de reparació o substitució dels vehicles implicats en els accidents així com els danys ocasionats en les vies públiques.

Cal recordar que aquest estudi analitza els accidents de trànsit amb víctimes, es a dir, els accidents que només representen costos administratius i materials no s'han tingut en compte ni s'han inclòs en l'estimació dels costos econòmics i socials.

El cost associat a les víctimes inclou els costos mèdics de l'atenció sanitària rebuda en el lloc del sinistre, a l'hospital i durant tot el procediment de rehabilitació. Els costos mèdics es poden estimar a partir de les enquestes realitzades als hospitals o bé per les companyies d'assegurances.

La pèrdua de capacitat de producció al llarg del període de baixa laboral o en el cas dels morts i els incapacitats totals, tota la vida laboral que els quedava per davant i que ja no podran realitzar, representa un gran cost per a la societat.

Quan un membre de la societat en edat productiva ha de donar-se de baixa temporalment o mor a conseqüència d'un accident de trànsit, deixa d'aportar riquesa i desenvolupament al conjunt de la societat.

Donada la gran incidència dels accidents de trànsit sobre el conjunt de la població entre 15 i 45 anys que disposen de major nombre d'anys de vida activa, no només representa una pèrdua de la força de treball sinó que també es perd la inversió en educació i formació i la recaptació d'impostos.

L'estimació de la pèrdua de productivitat, realitzat per la Fundació Institut Tecnològic per la Seguretat del Automòbil (FITSA), inclou paràmetres com el PIB, la edat, la duració mitjana de les baixes laborals per accident de trànsit, la taxa d'atur, etc.

Per calcular els costos directes i indirectes associats als accidents de trànsit es pot estimar mitjançant el preu de mercat, però en el cas del cost humà no es pot. Per aquest motiu existeixen diverses formes de calcular el cost humà associat als accidents de trànsit:

- El mètode de les indemnitzacions
- El mètode del capital humà
- El mètode de la disposició de pagament o "valoració contingent"

El mètode de las indemnitzacions es basa en la mitjana de les indemnitzacions pagades per les companyies asseguradores a les víctimes dels accidents o als seus familiars. Les indemnitzacions derivades dels accidents de trànsit estan regulades en el Annex de la Llei sobre Responsabilitat Civil i Assegurança en la Circulació de Vehicles a Motor on anualment s'actualitzen les quanties respecte el IPC. Les indemnitzacions inclouen els costos de assistència mèdica i hospitalària, la indemnització per incapacitat temporal i les lesions permanents.

El mètode del capital humà està basat en la pèrdua productiva afegint el dolor i patiment humà associat.

Finalment el mètode de la disposició de pagament o "valoració contingent" s'estima mitjançant enquestes on es pregunta als entrevistats quina és la quantitat de diner que estarien disposats a pagar per reduir el risc de patir un accident mortal.

El mètode de disposició de pagament és el més utilitzat en els darrers anys ja que reflecteix millor el cost humà ocasionat en els accidents de trànsit. Aquest mètode proporciona informació sobre els interessos i preferències de tots aquells individus que resultaren afectats.

Aquesta estimació es realitza mitjançant el "Valor d'una Vida Estadística (VVE)". Al 2010 La Direcció General de Trànsit (DGT) va estimar que el valor per evitar o prevenir una defunció (VPF) és de 1,4 milions de euros per defunció. El cost unitari d'un ferit lleu seria 6.100€ i d'un ferit greu 219.000 €.

6.4. Anàlisi cost benefici del PSV 2013-2018

L'Ajuntament de Barcelona destina en mitjana 3 milions d'euros anuals, que provenen dels impostos dels ciutadans, per dur a terme un conjunt de activitats i plans d'actuació per reduir el nombre d'accidents, morts i ferits greus a la ciutat de Barcelona.

D'altra banda, els accidents de trànsit suposen un cost social d'entre 115 i 100 milions d'euros anuals en termes monetaris del 2010.

Taula 6.4 Estimació del cost social de les víctimes d'accident de trànsit a Barcelona

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ferits lleus	64,16	61,40	66,06	67,80	67,85	69,95	72,44	72,55
Ferits greus	5,80	4,80	5,41	5,69	5,50	4,34	4,20	5,26
Morts	54,60	43,40	42,00	30,80	42,00	36,40	39,20	16,80
Total	124,56	109,59	113,47	104,30	115,35	110,69	115,84	94,61

A la Taula 6.4 Estimació del cost social de les víctimes d'accident de trànsit a Barcelona es mostra el cost anual de les víctimes d'accident de trànsit a Barcelona expressat en milions d'euros i en termes monetaris del 2010.

A continuació es presenta el cost i el benefici resultant de dur a terme el Pla Local de Seguretat Viària de Barcelona 2013-2018. Donat que no es disposa de més informació detallada sobre el cost que representa cada una de les accions realitzades en el PSV, s'ha estimat el cost del projecte a partir dels costos de gestió i planificació del programa de mobilitat (13411 i 13412).

S'ha exclòs de l'estimació del cost i del benefici totes les inversions en infraestructures de mobilitat (13413) perquè, malgrat que afecten de forma indirecta a l'accidentalitat de la ciutat de Barcelona, generen altres beneficis socials, no només en la reducció de víctimes sinó que també en temps de desplaçament, qualitat de l'aire, sostenibilitat, etc.

El benefici del projecte equival a la reducció del nombre de ferits lleus, greus i morts, comptabilitzant com el cost que deixant de representar per la societat. S'ha multiplicat per 6.100 € el número de víctimes lleus que s'ha reduït durant el període, les víctimes greus per 219.000€ i cada víctima mortal que s'ha evitat suposa un guany de 1,4 milions d'euros.

El flux de caixa en termes monetaris del 2010 del projecte ha estat el següent:

Taula 6.5 Flux de caixa del projecte en termes monetaris del 2010

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cost	4.016.100,65 €	4.919.546,47 €	3.268.130,35 €	2.711.912,51 €	1.903.677,60 €	1.477.030 €
Benefici	917.000 €	- 1.105.000 €	466.000 €	- 515.000 €	2.123.000 €	-

Com es pot observar en la Taula 6.5 Flux de caixa del projecte en termes monetaris del 2010, el resultat del segon Pla de Seguretat Viària de Barcelona no ha proporcionat el suficient benefici social en comparació al cost econòmic que representa i a més a més no ha aconseguit complir amb l'objectiu de reduir a 223 el nombre de ferits greus i morts.

Per tant s'hauria d'analitzar les actuacions dutes a terme per l'Ajuntament de Barcelona de forma crítica, analitzant les polítiques de seguretat viària i de mobilitat estimant quant costen a la societat i quin és el benefici que representen.

És important de cara al tercer pla de seguretat viària que es destini temps i diners en recollir informació sobre el cens de vianants i ciclistes per tal de poder entendre millor les relacions entre els usuaris de la xarxa viària, posant èmfasis en conèixer la població objectiu de cada projecte. És molt important disposar d'aquesta informació ja que la presa de decisions de realitzar o no el projecte tingui en compte no només el cost econòmic que representa sinó que també el benefici social que repercuteix i com pot afectar a l'*ecosistema urbà*.

De cara al futur, a partir dels resultats obtinguts dels Plans Locals de Seguretat Viària caldria analitzar els efectes que provoquen en la seguretat viària i en l'accidentalitat però també tindre en compte les conseqüències que generen sobre el sistema de mobilitat de la ciutat així com els canvis de convivència i relació entre els diversos usuaris de la via.

7. Conclusió i valoració personal

Com s'ha pogut observar durant l'anàlisi, els accidents de trànsit estan definits per una xarxa de característiques interrelacionades i connectades entre si que defineixen l'accident un cop s'ha generat però també ha estat possible trobar els determinants que caracteritzen l'accident *ex ante*.

La majoria d'accidents de trànsit no presenten una causa assignable o causa mediata, per tant es deuen a un factor aleatori que probablement està definit per altres variables que no s'ha tingut en compte en aquest estudi com per les distraccions al volant, l'ús del telèfon mòbil, etc.

Les conductes de risc estan definides pel consum d'alcohol, drogues o medicaments i l'excés de velocitat, ja que són factors determinants a l'hora d'explicar la severitat de l'accident. Aquest tipus d'accidents formen un clúster determinat pels accidents en la franja horària de 0-5h, als caps de setmana per motius d'alcoholèmia i d'excés de velocitat amb tipus de vehicle implicat taxi o turisme de la marca Skoda, Toyota o Seat on el perfil de l'usuari són individus joves. D'altra banda, s'ha determinat un altre tipus d'accident caracteritzat pels atropellaments amb víctimes mortals o greus amb tipus de vehicle implicat turisme, motocicleta, furgoneta i taxi juntament amb les conductes de risc dels vianants com per exemple el fet de creuar per fora del pas de vianants o desobeir el senyal del semàfor. La resta de tipologies d'accidents formen un altre clúster més heterogeni però amb menor severitat.

Els usuaris de risc, és a dir aquells individus que estan més exposats a patir un accident de trànsit, són els individus entre 19 i 44 anys. Cal destacar el gran increment de la mortalitat en les víctimes de més de 75 anys que representen la major part dels atropellaments mortals. D'altra banda, els conductors de vehicles de dues rodes són el grup d'usuaris de la via que tenen associat menor nombre d'accidents però major victimització, en canvi els conductors de turisme representen major nombre d'accidents però de menor victimització.

L'anàlisi espacial ha permès determinar que hi ha una gran concentració d'accidents de trànsit a la ciutat de Barcelona, la distància mitjana entre accidents és 2,24 metres i la densitat d'accidents és un accident cada $3,37km^2$.

D'altra banda, la Dreta de l'Eixample és el barri de Barcelona que presenta en mitjana major nombre d'accidents per 10.000 vehicles, representant 1,34 accidents. En segon lloc es situa el barri del Parc i la Llacuna del Poblenou amb 0,86 accidents per 10.000 vehicles. Tanmateix, en aquestes ubicacions hi ha el nombre més gran de ferits lleus i greus per vehicle però, en canvi, per la variable mortalitat per vehicle les ubicacions que concentren major mortalitat són El Parc i la Llacuna del Poblenou, el Turó de la Peira i Sant Martí de Provençals.

Cal destacar que la Zona Franca i Ciutat Vella presenten major nombre d'atropellaments que la resta de barris i caldria analitzar a què es deu aquest comportament.

Per tant, es conclou que l'accidentalitat no presenta un comportament homogeni a la ciutat de Barcelona i caldria estudiar els factors que determinen que un barri concentri major accidentalitat o severitat que els altres.

L'anàlisi de les variables temporals ha permès concloure que els Divendres són el dia de la setmana que presenta major nombre d'accidents per vehicle en mitjana mentre que Dissabte i Diumenge els que menys. En canvi, en termes de severitat, el Dissabte és el dia que major nombre de ferits greus i morts per vehicle provoca en mitjana.

El mes de l'any que presenta major nombre d'accidents per vehicle en mitjana és Novembre i el que menys Agost. En canvi els mesos de l'any que presenten major nombre de ferits greus i morts per vehicle en mitjana és el mes de Febrer i el que menys Gener.

S'ha pogut observar com l'accidentalitat és una variable que es veu afectada pel factor del barri, dia de la setmana i mes de l'any.

Des de la perspectiva econòmica, cal destacar que la sèrie de polítiques de prevenció i reducció de l'accidentalitat realitzades per l'Ajuntament de Barcelona no han sigut capaces de complir amb l'objectiu de reduir al 30% el nombre de víctimes greus, a més a més, ha incrementat. Això posa en evidència la necessitat de replantejar el Pla Local de Seguretat Viària per tal de combatre de forma contundent la problemàtica que presenta la ciutat de Barcelona.

7.1. Possibles extensions

M'agradaria comentar les possibles extensions d'aquest estudi ja que amb les dades disponibles i el temps limitat no s'ha pogut obtenir més informació sobre aquest tema.

Una possible extensió seria incorporar informació addicional sobre l'accident com per exemple la velocitat a la que circulava el vehicle, el numero de carrils de la via, l'existència de carril bici i carril bus, si és una via de doble sentit, etc.

D'altra banda es podria analitzar aquest tema des de la perspectiva geogràfica, urbanística i de mobilitat per entendre els motius que determinen que unes zones de Barcelona concentrin major accidentalitat i també conèixer els motius pels quals unes ubicacions determinades concentren major nombre d'accidents que les altres.

7.2. Valoració personal

Finalment, voldria fer una breu valoració personal sobre la realització d'aquest treball de final de grau.

Un gran repte ha estat entendre el tractament de les dades georeferenciades i les conseqüències estadístiques que comporten. No es pot analitzar les dades espacials sense tenir en compte el factor geogràfic, ja que pot existir correlació espacial, de la mateixa forma que succeeix amb les dades temporals. Aquest estudi comporta els dos reptes, son dades temporals i espacials. Hagués sigut interessant realitzar un anàlisi espacial formal de les dades, però malauradament el temps disponible no ha permès realitzar aquest anàlisi.

D'altra banda va ser complicat crear una base de dades global per tot l'estudi ja que les dades provenen de diverses fonts. Va ser necessari incorporar, a la informació dels accidents de trànsit, les característiques meteorològiques, la densitat viària i les coordenades en format latitud i longitud. Cada conjunt de dades presentava unes característiques diferents i per tal de tractar de forma conjunta s'ha hagut de realitzar múltiples transformacions i adaptacions.

En conseqüència, gracies a la realització d'aquest treball dispo de nous coneixements sobre el tractament de dades georeferenciades i com realitzar les projeccions sobre el mapa, que abans no disposava. Anàlogament, he après a utilitzar paquets de R i softwares específics pel tractament de coordenades.

Addicionalment, he pogut aprofundir els meus coneixements en el software R i amb la utilització de nous paquets com tidyvers, leaflet i ggplot2, que d'ara cap endavant em permetran tenir més flexibilitat a l'hora d'explotar una base de dades, transformar-la i representar-la gràficament.

Per últim, però no menys important, gracies a aquest treball he après a utilitzar el paquet de R, *Shiny* i *ShinyDashboard*, que permet mostrar major contingut gràfic i mes dinàmic que amb la memòria escrita queda limitat. A més a més, l'aplicatiu de Shiny té un caràcter interactiu i dinàmic que permet a l'usuari final entendre i visualitzar de forma més senzilla la informació.

8. Bibliografia

8.1. Font de dades

Ajuntament de Barcelona (Centre de control de trànsit). Aforaments Barcelona 2017.

Ajuntament de Barcelona. Departament d'Estadística. *Cens de Vehicles [en línia]*. [consulta: 20 maig de 2018]. Disponible a:

<http://www.bcn.cat/estadistica/catala/dades/economia/vehicles/vehievo/t11.htm>

Ajuntament de Barcelona (Departament de Mobilitat). *Aranya de Barcelona* [document cartogràfic].

Meteoblue. Historial meteorològic de Barcelona 2010-2017 [en línia]. [consulta: 13 de març 2018]. Requereix ser membre de Meteoblue. Disponible a: www.meteoblue.com

Open Data BCN. *Accidents gestionats per la Guàrdia Urbana en la ciutat de Barcelona* [en línia]. [consulta: 26 de juny de 2018]. Disponible a: <http://opendata-ajuntament.barcelona.cat/data/es/dataset/accidents-tipus-gu-bcn>

8.2. R packages

Francois Husson. FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining. 4 de Maig del 2018. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/FactoMineR/index.html>

G. Grothendieck. *Sqlf: Manipulate R Data Frames Using SQL*. 28 de Juny del 2017. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/sqlf/index.html>

Hadley Wickham. *Ggplot2: Create Elegant Data Visualisation*. 30 de Desembre del 2016. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>

Hadley Wickham. *Reshape2: Flexibly Reshape Data*. 11 de Desembre del 2017. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/reshape2/index.html>

John Fox. *Car: Companion to Applied Regression*. 2 d'Abril del 2018. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/car/index.html>

Kirill Müller. *Hms: Pretty Time of Day*. 10 de març del 2018. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/hms/index.html>

Simon Urbanek. *Proj4: A simple interface to the PROJ.4 cartographic projections library*. 5 d'Agost 2012. Disponible a: <https://cran.r-project.org/web/packages/proj4/index.html>

8.3. Referències bibliogràfiques

Ajuntament de Barcelona. *Balanç Accidentalitat 2013-2017 [en línia]*. [consulta: 12 de abril 2018]. Disponible a: <http://ajuntament.barcelona.cat/premsa>

Ajuntament de Barcelona. *Servei català de Trànsit. Pla local de seguretat viària de Barcelona 2013-2018 [en línia]*. [consulta: 20 de Febrer del 2018]

Agència de Salut Pública. *Anàlisi Geoespacial de les Colisions de Trànsit a Barcelona l'any 2016 [en línia]*. [consulta: 23 de abril de 2018]. Disponible a: www.aspb.cat/documentos

Agència de Salut Pública. *Persones lesionades per trànsit ateses a serveis d'urgències Barcelona, 1997-2016 [en línia]*. [consulta: 23 d'abril del 2018]. Disponible a: <http://www.aspb.cat/?s=tr%C3%A0nsit>

Agència de Salut Pública. *Persones mortes a Barcelona per lesions per col·lisió de trànsit [en línia]*. [consulta: 23 d'abril del 2018]. Disponible a: <http://www.aspb.cat/?s=tr%C3%A0nsit>

Chau, T. *A review of analytical techniques for gait data. (2011). Part 1: fuzzy, statistical and fractal methods. Gait & posture, 13(1), 49-66.*

Comisió Europea. *Seguridad vial (comunicado de prensa) [en línia]*. 19 de març del 2013. [consulta: 17 de març del 2018]. Disponible a: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-236_es.htm

Ferran Ballester / Rosanna Peiró. *Transporte, medio ambiente y salud. Informe SESPAS 2008 [en línia]*. [consulta: 5 de març del 2018]. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213911108760758>

Fundació MAPFRE. *Accidentes de trafico en Europa [en línia]*. 20 de Desembre 2016. [consulta: 14 de març del 2018]. Disponible a: https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/noticias/accidentes-trafico-europa.jsp

Garrett Golemund & Hadley Wickham. *R for Data Science*. 1ra ed. : O'Reilly, January 2017. ISBN-10: 1491910399

Hacienda Pública Española. *El valor monetario de la vida estadística en España a través de las preferencias declaradas. A: Revista de Economía Publica*. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, 2007. 183-(4/2007): 125-144

Joan Nunes. *Anàlisi espacial [en línia]*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. [consulta: 20 de maig del 2018]. Disponible a: [http://www.icgc.cat/en/Citizens/Learn/Dictionaries/Analisi-espacial#An%C3%A0lisi estadística multivariable de dades espacials](http://www.icgc.cat/en/Citizens/Learn/Dictionaries/Analisi-espacial#An%C3%A0lisi%20estad%C3%ADstica%20multivariable%20de%20dades%20espacials)

Joan R. Villalbí Catherine Pérez. *Evaluación de políticas regulatorias: prevención de las lesiones por accidentes de tráfico (Agència de Salut Pública de Barcelona)* [en línea]. [consulta: 15 de febrer del 2018]. Disponible a <http://gacetasanitaria.org/es/evaluacion-politicas-regulatorias-prevencion-las/articulo-resumen/S0213911106715709/>

Organització mundial de la Salut. *Las 10 principales causas de defuncion* [en línea]. 24 de maig de 2018. [consulta: 30 de maig del 2018]. Disponible a: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

RACC. *Análisis del estancamiento de la siniestralidad en las carreteras españolas durante 2015* [en línea]. [consulta: 1 de març del 2018]. Disponible a: <http://saladeprensa.racc.es/wp-content/uploads/2016/01/np-analisis-siniestralidad-20151.pdf>

RACC. *Los costes de la accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado* [en línea]. [consulta: 25 de maig del 2018]. Disponible a: http://www.eurorap.org/wp-content/uploads/2015/03/dp_estudio_racc_coste_de_accidentalidad_en_la_rce.pdf

Robert Hijmans. *Spatial data analysis* [en línea]. [consulta: 19 de maig del 2018]. Disponible a: <http://www.rspatial.org/analysis/index.html>

Veness, C. *Calculate distance and bearing between two Latitude/Longitude points using Haversine formula in JavaScript*. (2011)

9. Annex

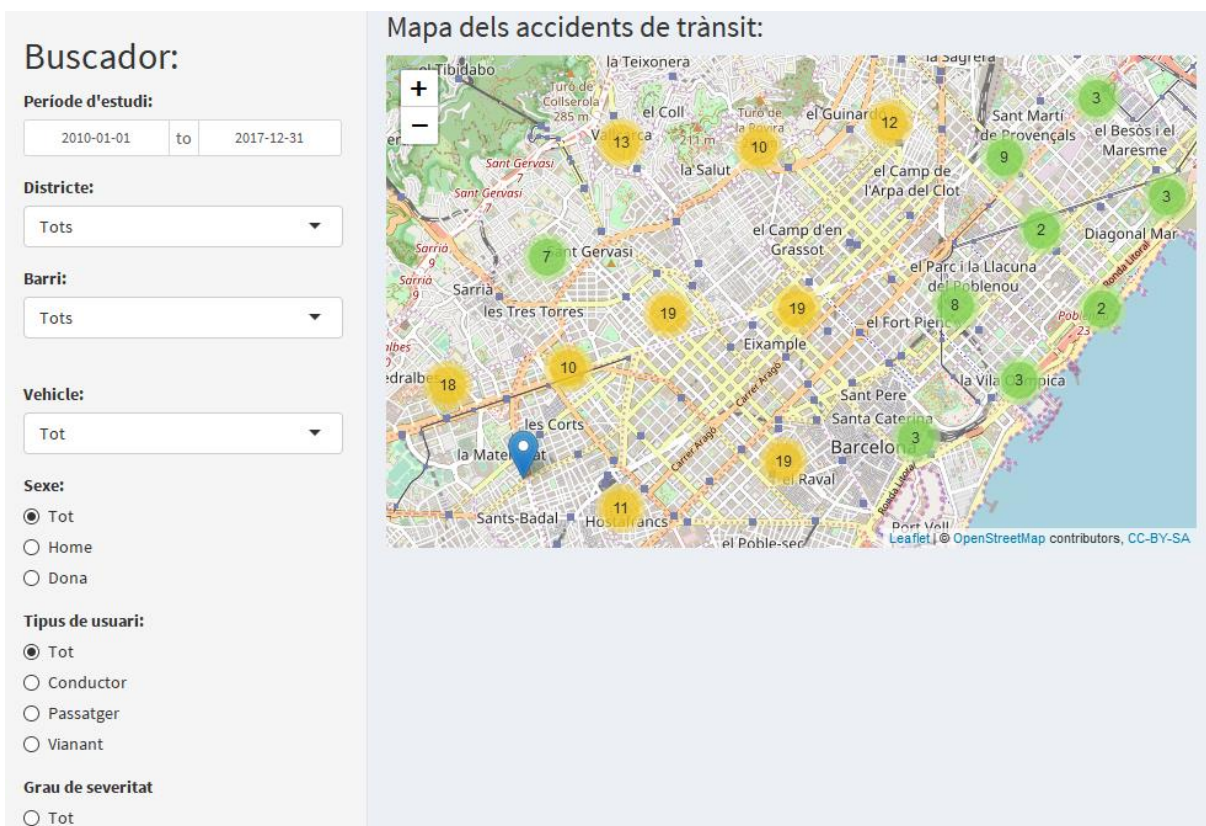
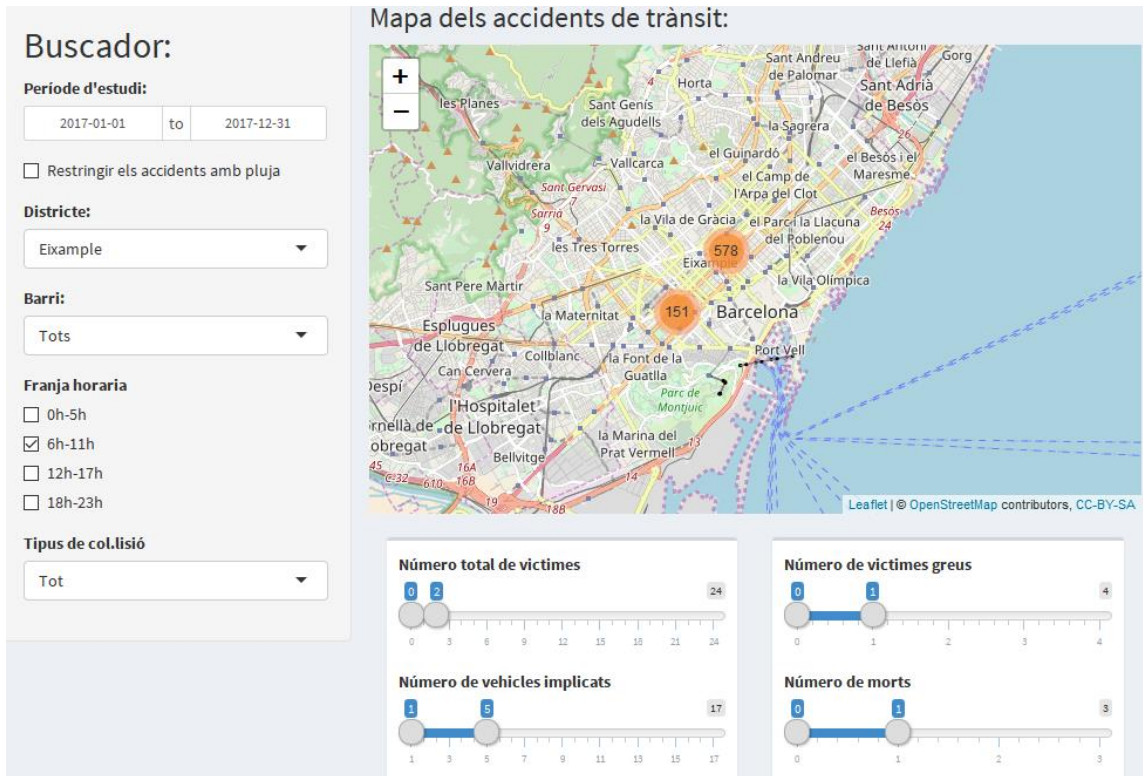
9.1. Aranya de Barcelona



Figura 9.1 Projecció del arxiu .shp de l'aranya de Barcelona

9.2. Aplicació Shiny

<https://tfg-accidents-transit-bcn.shinyapps.io/TFG-Accidents-de-transit/>



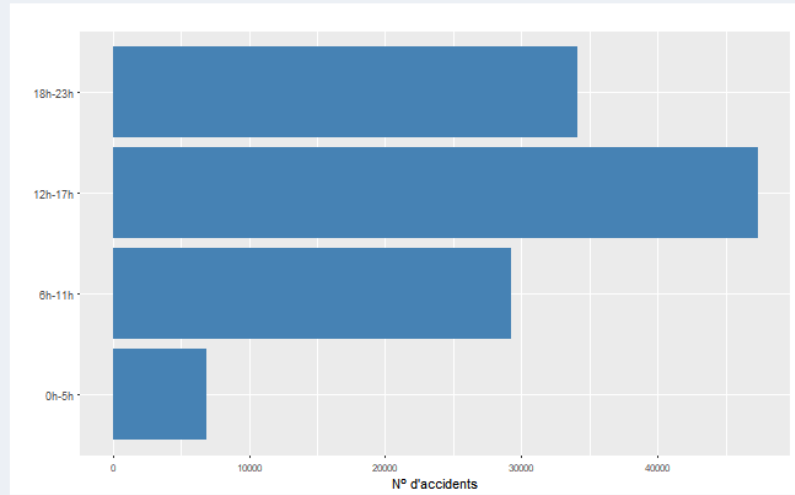
Selecciona un període:

2010-01-01 to 2017-12-31

Selecciona una variable:

- Franja horaria
- Número de morts
- Número de ferits lleus
- Número de ferits greus
- Número total de víctimes
- Número de vehicles implicats
- Franja horaria
- Causa mediata
- Tipus de colisió

Resum estadístic de la variable



V1	V2	V3	V4
0h-5h	6h-11h	12h-17h	18h-23h
5.86	24.85	40.27	29.02

Selecciona un període:

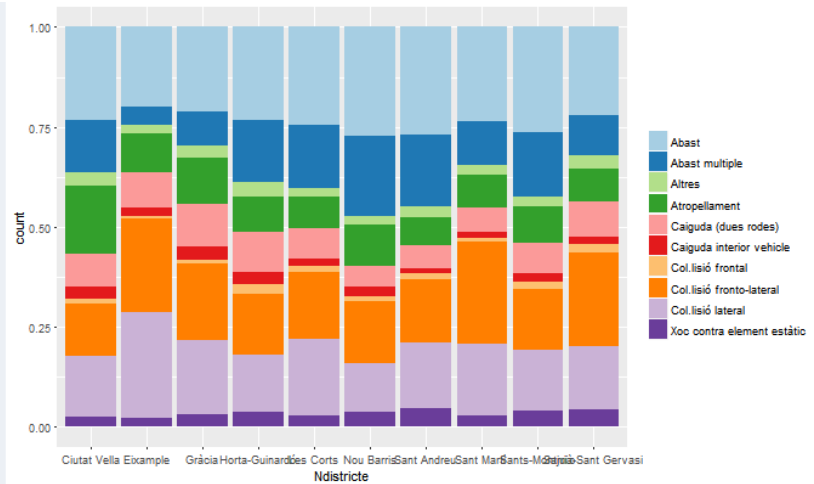
2010-01-01 to 2017-12-31

Selecciona la primera variable:

Districte

Selecciona la segona variable:

Tipus de colisió



Variable d'estudi:

Índex d'accidentalitat

Selecciona una variable:

Mes del any

Selecciona una variable:

Barris

Dia de la setmana

Mes del any

Barris

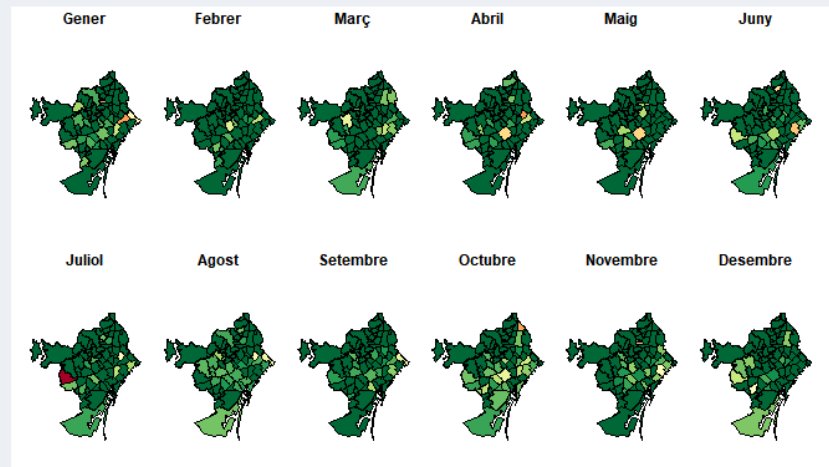
Global

Anàlisi del comportament de l'accidentalitat i severitat:

L'índex d'accidentalitat es defineix com el número d'accidents diaris en un punt dividit pel número total de vehicles que van passar per aquell carrer.

L'índex de severitat es defineix com el número de ferits greus i morts diaris dividit pel número total de vehicles que van passar per aquell carrer.

Els valors que es mostren per pantalla fa referència a la mitjana. Donades les magnituds es presenta l'índex d'accidentalitat i severitat per 10.000 vehicles



Buscador:

Selecciona el any:

2017

Districte:

Tots

Barri:

Tots

nº de punts



Punts de concentració d'accidents:



9.3. Sortides R

```
> summary(accidents[,c(3,5,10,11,13,16,21,24,25,27,31,32,35,36)])
      Ndistricte      Nbarri      Diaset      Any      Nmes      Causa_vianant
Eixample      :23581  la Dreta de l'Eixample      : 9134  D1:12185  2017      :10964  Novembre: 7265  Altres      : 782
Sant Martí    : 9731  l'Antiga Esquerra de l'Eixample: 4473  Dm:12757  2016      :10696  Maig      : 7226  Creuar per fora pas de vianants: 1803
Sarrià-Sant Gervasi: 9256  Sant Gervasi - Galvany      : 3494  Dc:13148  2015      :10384  Octubre  : 7166  Desobeir altres senyals      : 21
Sants-Montjuïc : 8698  la Nova Esquerra de l'Eixample: 3087  Dj:13232  2014      :10150  Juliol   : 7069  Desobeir el senyal del semàfor: 1739
Horta-Guinardó : 5836  la Sagrada Família      : 2658  Dv:14021  2013      :10052  Març     : 7006  No és causa del vianant      :76248
Les Corts     : 5744  Les Corts      : 2479  Ds: 8847  2012      : 9841  Desembre: 6970  Transitar a peu per la calçada : 309
(other)       :18056  (other)      :55577  dg: 6712  (other):18815  (other) :38200

      Nmorts      Nlleys      Ngreus      Nvictimes      Nvehicles      Data      horari      Temperatura
Min. :0.0000  Min. : 0.000  Min. :0.00000  Min. : 0.000  Min. : 1.000  Min. :2010-01-01 07:00:00  0h-5h : 5215  Min. : -5.58
1st Qu.:0.0000  1st Qu.: 1.000  1st Qu.:0.00000  1st Qu.: 1.000  1st Qu.: 2.000  1st Qu.:2012-02-24 07:15:00  6h-11h :21449  1st Qu.:12.83
Median :0.0000  Median : 1.000  Median :0.00000  Median : 1.000  Median : 2.000  Median :2014-03-06 07:30:00  12h-17h:31567  Median :17.43
Mean : 0.0033  Mean : 1.169  Mean :0.02613  Mean : 1.199  Mean : 1.949  Mean :2014-02-12 15:43:25  18h-23h:22671  Mean :17.43
3rd Qu.:0.0000  3rd Qu.: 1.000  3rd Qu.:0.00000  3rd Qu.: 1.000  3rd Qu.: 2.000  3rd Qu.:2016-02-21 05:15:00  Max. :22.34
Max. :3.0000  Max. :21.000  Max. :4.00000  Max. :24.000  Max. :17.000  Max. :2017-12-31 23:00:00  Max. :36.61

Humitat_relativa  Precipitació  Nuvolositat  Durada_sol  Pluja_hora  Tipus  Tipus2
Min. : 7.00  Min. : 0.00000  Min. : 0.00  Min. : 0.00  No Pluja:76241  Col.lisió lateral :17732  Col.lisió lateral :17732
1st Qu.: 57.00  1st Qu.: 0.00000  1st Qu.: 0.00  1st Qu.: 0.00  Abast : 16040  Abast :16040
Median : 69.00  Median : 0.00000  Median : 9.60  Median :16.60  Col.lisió fronto-lateral :15058  Col.lisió fronto-lateral :15058
Mean : 67.66  Mean : 0.03674  Mean : 38.19  Mean :26.98  Atropellament : 9445  Atropellament : 9445
3rd Qu.: 80.00  3rd Qu.: 0.00000  3rd Qu.:100.00  3rd Qu.:60.00  Caiguda (dues rodes) : 7810  Caiguda (dues rodes) : 7810
Max. :100.00  Max. :14.20000  Max. :100.00  Max. :60.00  Xoc contra element estàtic: 6454  Xoc contra element estàtic: 6454
(other)      : 8363  (other)      : 8363

~ |
> summary(persones[,c(2,3,4,5,7)])
      vehicle      Sexe      Edat      Tpersona      N_ferit
Motocicleta:42678  Dona:34466  Min. : 0.00  Conductor:62151  Ferit lleu:87608
Turisme      :22027  Home:55201  1st Qu.:26.00  Passatger:17993  Ferit greu: 1843
Ciclomotor   :10007  Mean :35.00  Vianant : 9523  Mort : 216
Bicicleta    : 4761  Mean :37.73
Autobús      : 3411  3rd Qu.:47.00
Taxi         : 3234  Max. :98.00
(other)      : 3549

> summary(vehicles[,c(2,5,6,7,9,10)])
      vehicle      color      Tcarnet      Acarnet      Marca2      Model2
Turisme      :54726  Negre :32335  B :88641  Min. : 0.00  HONDA :21099  Altres models:58457
Motocicleta:40472  Gris :29899  A :15054  1st Qu.: 6.00  SEAT : 9495  SH :10254
Ciclomotor   : 9109  Blanc :25418  BTP : 6728  Median :13.00  Altres marques: 9222  Desconegut : 9164
Furgoneta    : 8348  Vermell :12148  Desconegut: 5176  Mean :15.94  YAMAHA : 6646  IBIZA : 2856
Taxi         : 7428  Blau :11379  D : 3642  3rd Qu.:24.00  PEUGEOT : 6565  LIBERTY : 2714
Bicicleta    : 5264  Desconegut: 5959  AM : 3572  Max. :74.00  RENAULT : 6475  GOLF : 2538
(other)      : 8111  (other) :16320  (other) :10645  NA's :5198  (other) :73956  (other) :47475

~ |
```

Figura 9.2 Summary de la base de dades

```
> pearson.test(accidents$Nvictimes)

Pearson chi-square normality test

data: accidents$Nvictimes
P = 7811100, p-value < 2.2e-16
```

Figura 9.3 Test de normalitat de Pearson – N^o de víctimes

```
> kruskal.test(Nvictimes ~ Causa, data=accidents)

kruskal-wallis rank sum test

data: Nvictimes by Causa
Kruskal-wallis chi-squared = 1300, df = 7, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(accidents$Nvictimes, accidents$Causa, mean)
> sort(x)

      Alcoholèmia  objectes o animals a la calçada  Estat de la senyalització
0.8390728      1.0000000      1.0243902
calçada en mal estat  Excés de velocitat o inadequada  No hi ha causa mediata
1.1868132      1.1939979      1.2132941
Drogues o medicaments  Factors meteorològics
1.2142857      1.6666667
```

Figura 9.4 Test Kruskal-Wallis - N^o víctimes segons la causa mediata

```

> kruskal.test(Nvictimes ~ Tipus2, data=accidents)

Kruskal-wallis rank sum test

data: Nvictimes by Tipus2
Kruskal-wallis chi-squared = 10858, df = 9, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(accidents$Nvictimes, accidents$Tipus2, mean)
> sort(x)
Xoc contra element estàtic                Altres                Col.lisió lateral
0.5457081                                1.0461997              1.1328671
Caiguda (dues rodes)                    Atropellament          caiguda interior vehicle
1.1482714                                1.2351509              1.2675771
Abast Col.lisió fronto-lateral            Col.lisió frontal
1.2934539                                1.3135211              1.3172691
Abast multiple
2.0650407

```

Figura 9.5 Test Kruskal-Wallis – N^o víctimes segons el tipus de col·lisió

```

> kruskal.test(Nvictimes ~ Causa_vianant, data=accidents)

Kruskal-wallis rank sum test

data: Nvictimes by Causa_vianant
Kruskal-wallis chi-squared = 410.48, df = 5, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(accidents$Nvictimes, accidents$Causa_vianant, mean)
> sort(x)
Desobeir altres senyals                    Altres Transitar a peu per la calçada
1.095238                                1.141944              1.152104
No és causa del vianant Creuar per fora pas de vianants Desobeir el senyal del semàfor
1.192753                                1.280643              1.413456

```

Figura 9.6 Test Kruskal-Wallis – N^o víctimes segons la causa del vianant

```

> pearson.test(accidents$Nvehicles)

Pearson chi-square normality test

data: accidents$Nvehicles
P = 7371600, p-value < 2.2e-16

```

Figura 9.7 Test de normalitat de Pearson – N^o de vehicles

```

> kruskal.test(Nvehicles ~ Causa, data=accidents)

Kruskal-wallis rank sum test

data: Nvehicles by Causa
Kruskal-wallis chi-squared = 912.29, df = 7, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(accidents$Nvehicles, accidents$Causa, mean)
> sort(x)
Objectes o animals a la calçada            Calçada en mal estat            Estat de la senyalització
1.000000                                1.361264              1.634146
Factors meteorològics Excés de velocitat o inadequada No hi ha causa mediata
1.666667                                1.929260              1.949030
Alcoholèmia                                Drogues o medicaments
2.092715                                2.312500

```

Figura 9.8 Test Kruskal-Wallis – N^o de vehicles segons la causa mediata


```

> kruskal.test(Nvehicles ~ Tipus2, data=accidents)

Kruskal-wallis rank sum test

data: Nvehicles by Tipus2
kruskal-wallis chi-squared = 43323, df = 9, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(accidents$Nvehicles, accidents$Tipus2, mean)
> sort(x)
      Atropellament      caiguda interior vehicle xoc contra element estàtic
      1.070831          1.244310          1.701271
      caiguda (dues rodes)      Altres
      1.746351          2.060730          2.099751
      col.lisió fronto-lateral      col.lisió lateral      col.lisió frontal
      2.118475          2.144879          2.196787
      Abast multiple
      3.388396

```

Figura 9.9 Test Kruskal-Wallis – N^o de vehicles segons el tipus de col·lisió

```

> kruskal.test(Nvehicles ~ Causa_vianant, data=accidents)

kruskal-wallis rank sum test

data: Nvehicles by Causa_vianant
kruskal-wallis chi-squared = 10937, df = 5, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(accidents$Nvehicles, accidents$Causa_vianant, mean)
> sort(x)
Creuar per fora pas de vianants      Transitar a peu per la calçada      Desobeir el senyal del semàfor
      1.066556          1.071197          1.086832
      Altres      Desobeir altres senyals      No és causa del vianant
      1.116368          1.333333          2.002007

```

Figura 9.10 Test de Krsukal-Wallis – N^o de vehicles segons la causa del vianant

```

> pearson.test(persones$Edat)

Pearson chi-square normality test

data: persones$Edat
P = 261190, p-value < 2.2e-16

```

Figura 9.11 Test de normalitat de Pearson – Edat de les víctimes

```

> kruskal.test(Edat ~ Sexe, data=persones)

kruskal-wallis rank sum test

data: Edat by Sexe
kruskal-wallis chi-squared = 10.198, df = 1, p-value = 0.001406

> x<-tapply(persones$Edat, persones$Sexe, mean)
> sort(x)
      Home      Dona
37.20699 38.56717

```

Figura 9.12 Test de Kruskal-Wallis – Edat segons el sexe de la víctima

```

> kruskal.test(Edat ~ Vehicle2, data=persones)

kruskal-wallis rank sum test

data: Edat by Vehicle2
Kruskal-wallis chi-squared = 6942.2, df = 7, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(persones$Edat, persones$Vehicle2, mean)
> sort(x)
  ciclomotor      Bicicleta   Motocicleta      Turisme      Taxi      Furgoneta
30.28900      35.83533      37.12158      37.76830      42.05628      43.41333
Altres vehicles      Autobús
47.39368      58.50513

```

Figura 9.13 Test Kruskal-Wallis – Edat de la víctima segons el vehicle implicat

```

> kruskal.test(Edat ~ Tpersona, data=persones)

kruskal-wallis rank sum test

data: Edat by Tpersona
Kruskal-wallis chi-squared = 1000.1, df = 2, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(persones$Edat, persones$Tpersona, mean)
> x
Conductor Passatger  Vianant
36.59466  37.78703  45.03014

```

Figura 9.14 Test Kruskal-Wallis – Edat segons el tipus d'usuari a la via

```

> kruskal.test(Edat ~ N_ferit, data=persones)

kruskal-wallis rank sum test

data: Edat by N_ferit
Kruskal-wallis chi-squared = 199.38, df = 2, p-value < 2.2e-16

> x<-tapply(persones$Edat, persones$N_ferit, mean)
> sort(x)
Ferit lleu Ferit greu      Mort
37.58533  43.30494  48.75926

```

Figura 9.15 Test Kruskal-Wallis – Edat segons el grau de severitat

```

> pearson.test(bbdd2$T_sev)

Pearson chi-square normality test

data: bbdd2$T_sev
P = 56553000, p-value < 2.2e-16

```

Figura 9.16 Test de normalitat de Pearson per la variable taxa de severitat

```

> kruskal.test(bbdd2$T_sev, bbdd2$Mes) ## Hi ha diferències pero por poco :)

kruskal-wallis rank sum test

data: bbdd2$T_sev and bbdd2$Mes
Kruskal-wallis chi-squared = 24.276, df = 11, p-value = 0.01162

```

Figura 9.17 Test Kruskal-Wallis – Taxa de severitat per mesos del any

```
> pearson.test(bbdd2$T_morts)

Pearson chi-square normality test
```

```
data: bbdd2$T_morts
P = 57479000, p-value < 2.2e-16
```

Figura 9.18 Test de Normalitat de Pearson per la variable taxa de morts

```
> kruskal.test(bbdd2$T_morts, bbdd2$Mes) ## NO hi ha diferències pero por poco :)
```

```
kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: bbdd2$T_morts and bbdd2$Mes
Kruskal-wallis chi-squared = 12.81, df = 11, p-value = 0.3059
```

Figura 9.19 Test de Kruskal-Wallis – Taxa de morts per mes

```
> pearson.test(bbdd2$Taxa)
```

```
Pearson chi-square normality test
```

```
data: bbdd2$Taxa
P = 31715000, p-value < 2.2e-16
```

```
> kruskal.test(bbdd2$Taxa, bbdd2$Dia) ## Hi ha diferències
```

```
kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: bbdd2$Taxa and bbdd2$Dia
Kruskal-wallis chi-squared = 1473.8, df = 4, p-value < 2.2e-16
```

Figura 9.20 Test de normalitat de Pearson per la variable accidentalitat

```
> pearson.test(bbdd2$T_sev)
```

```
Pearson chi-square normality test
```

```
data: bbdd2$T_sev
P = 56553000, p-value < 2.2e-16
```

```
> leveneTest(T_sev ~ Dia, data = bbdd2, center = "median")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
```

```
      Df F value Pr(>F)
group  4  0.9939 0.4093
      213301
```

```
> kruskal.test(bbdd2$T_sev, bbdd2$Dia) ## Hi ha diferències
```

```
kruskal-wallis rank sum test
```

```
data: bbdd2$T_sev and bbdd2$Dia
Kruskal-wallis chi-squared = 43.189, df = 4, p-value = 9.455e-09
```

Figura 9.21 Comparació de medianes de l'índex de severitat segons el dia de la setmana

Taules

Taula 2.1 Bases de dades utilitzades	9
Taula 2.2 Valors mancants de la base de dades.....	13
Taula 2.3 Dimensió de la base de dades	14
Taula 2.4 Metadades.....	14
Taula 3.1 Proporció de vehicles a la mostra vs. població	24
Taula 4.1 Resum del mapa factorial.....	65
Taula 4.2 Profiling de les classes del clúster	68
Taula 6.1 Evolució de la mitjana d'accidents per dia i hora.....	81
Taula 6.2 Evolució del número de ferits lleus, greus i morts	82
Taula 6.3 Pressupost de l'Ajuntament de Barcelona 2017	86
Taula 6.4 Estimació del cost social de les víctimes d'accident de trànsit a Barcelona	90
Taula 6.5 Flux de caixa del projecte en termes monetaris del 2010	91

Figures

Figura 3.1 Proporció d'accidents segons la causa mediata.....	17
Figura 3.2 Proporció dels accidents segons el tipus de col·lisió.....	18
Figura 3.3 Proporció dels accidents causats pel vianant segons tipus	19
Figura 3.4 Distribució de franja horària segons la causa del vianant.....	20
Figura 3.5 Distribució del tipus de col·lisió segons la causa del vianant.....	21
Figura 3.6 Distribució del tipus de col·lisió segons la franja horària.....	21
Figura 3.7 Distribució del tipus de col·lisió segons la causa mediata	22
Figura 3.8 Proporció d'accidents segons el color del vehicle implicat.....	25
Figura 3.9 Anys de carnet del conductor	26
Figura 3.10 Boxplot dels anys de carnet segons la severitat de l'accident.....	27
Figura 3.11 Treemap de les marques i models de cotxes implicats	28
Figura 3.12 Distribució de l'edat de les persones ferides i mortes.....	29
Figura 3.13 Distribució de l'edat segons el grau de severitat de l'accident	30
Figura 3.14 Boxplot de l'edat del individu ferit o mort segons l'ocupació de la via	31
Figura 3.15 Boxplot de l'edat de les persones mortes.....	32
Figura 3.16 Distribució de l'edat de la víctima segons el sexe.....	32
Figura 3.17 Proporció de ferits i morts segons el vehicle implicat	33
Figura 3.18 Relació sexe de l'individu ferit o mort amb el vehicle implicat	34
Figura 3.19 Boxplot de l'edat dels individus ferits o morts segons el vehicle implicat	35
Figura 3.20 Tipus d'usuari ferit o mort segons el vehicle implicat	36
Figura 3.21 Proporció de ferits segons el grau de severitat i el tipus de vehicle implicat.....	37
Figura 3.22 Individus ferits i morts segons el sexe i l'ocupació de la via	38
Figura 3.23 Proporció de ferits lleus, greus i morts segons l'ocupació de la via	38

Figura 3.24 Localització dels accidents del 2017	39
Figura 3.25 Mapa de calor dels accidents de trànsit al 2017	40
Figura 3.26 Funció de distribució de la distància mínima entre accidents	41
Figura 3.27 Numero d'accidents de trànsit diaris per barri	42
Figura 3.28 Índex d'accidentalitat per barris	43
Figura 3.29 i Figura 3.30 Número d'individus ferits segons el barri	44
Figura 3.31 i 3.32 Número d'individus ferits greus segons el barri	45
Figura 3.33 i 3.34 Número de morts per accident de trànsit segons el barri	46
Figura 3.35 Mapa dels ferits i morts segons l'ocupació de la via.....	47
Figura 3.36 Mapa dels accidents de trànsit segons la causa mediata	48
Figura 3.37 Mapa dels accidents de trànsit segons causa del vianant	49
Figura 3.38 Mapa d'accidents de trànsit segons tipus de col·lisió.....	49
Figura 3.39 Mapa dels accidents de trànsit segons el vehicle implicat	50
Figura 3.40 Proporció d'accidents segons el dia de la setmana	51
Figura 3.41 Índex d'accidentalitat segons el dia de la setmana.....	51
Figura 3.42 Número de ferits greus per vehicle segons el dia de la setmana	52
Figura 3.43 Índex d'accidentalitat segon dia de la setmana i barri	52
Figura 3.44 Víctimes severes per vehicle segons dia de la setmana i barri	53
Figura 3.45 Proporció d'accidents segons la franja horària i dia de la setmana	53
Figura 3.46 Proporció d'accidents segons el mes de l'any.....	54
Figura 3.47 Índex d'accidentalitat segons el mes de l'any.....	55
Figura 3.48 Víctimes severes per vehicle segons el mes de l'any	56
Figura 3.49 Índex d'accidentalitat per barris i mesos de l'any.....	56
Figura 3.50 Víctimes severes per vehicle per barri i mesos de l'any	57

Figura 3.51 Índex d'accidentalitat per mesos i dies de la setmana	57
Figura 3.52 Víctimes severes per vehicle segons el mes i dia de la setmana	58
Figura 4.1 Projectió de les individus en el primer pla factorial	59
Figura 4.2 Projectió suplementaria de les variables numèriques en el primer pla factorial...	60
Figura 4.3	61
Figura 4.4	62
Figura 4.6 Dendrograma.....	66
Figura 4.7 Projectió dels individus sobre el pla factorial segons clúster	67
Figura 5.1 Exemple Shiny – Dashboard	70
Figura 5.2 Sidebar de l'aplicatiu Shiny	71
Figura 5.3 Pestanya Informació.....	71
Figura 5.4 Pestanya Mapa – Tipus d'accident.....	72
Figura 5.5 Pestanya Mapa – Persones ferides	73
Figura 5.6 Pestanya Mapa – Vehicles implicats	73
Figura 5.7 Pestanya Anàlisi – Característiques Temporals.....	74
Figura 5.8 Pestanya Anàlisi – Característiques i perfil	74
Figura 5.9 Pestanya Anàlisi - Patrons d'accidentalitat	75
Figura 5.10 Pestanya Accidentalitat i severitat	76
Figura 5.11 Pestanya Punts de concentració d'accidents	77
Figura 5.12 Pestanya Calcula risc de la ruta	77
Figura 6.1 Evolució de morts a 30 dies a Catalunya.....	79
Figura 6.2 Evolució de l'accidentalitat greu (ferits greus i morts)	80
Figura 6.3 Evolució del nombre d'accidents de trànsit a Barcelona	81
Figura 6.4 Evolució del nombre de ferits i morts en accident de trànsit	82

Figura 6.5 Evolució de l'accidentalitat greu	83
Figura 6.6 Evolució de la despeses en programes de Mobilitat.....	87
Figura 6.7 Costos dels accidents de trànsit	88
Figura 9.1 Projecció del arxiu .shp de l'aranya de Barcelona.....	98
Figura 9.2 Summary de la base de dades.....	103
Figura 9.3 Test de normalitat de Pearson – N ^o de víctimes.....	103
Figura 9.4 Test Kruskal-Wallis - N ^o víctimes segons la causa mediata.....	103
Figura 9.5 Test Kruskal-Wallis – N ^o víctimes segons el tipus de col·lisió	104
Figura 9.6 Test Kruskal-Wallis – N ^o víctimes segons la causa del vianant	104
Figura 9.7 Test de normalitat de Pearson – N ^o de vehicles	104
Figura 9.8 Test Kruskal-Wallis – N ^o de vehicles segons la causa mediata	104
Figura 9.9 Test Kruskal-Wallis – N ^o de vehicles segons el tipus de col·lisió.....	105
Figura 9.10 Test de Krsukal-Wallis – N ^o de vehicles segons la causa del vianant.....	105
Figura 9.11 Test de normalitat de Pearson – Edat de les víctimes	105
Figura 9.12 Test de Kruskal-Wallis – Edat segons el sexe de la víctima.....	105
Figura 9.13 Test Kruskal-Wallis – Edat de la víctima segons el vehicle implicat.....	106
Figura 9.14 Test Kruskal-Wallis – Edat segons el tipus d'usuari a la via	106
Figura 9.15 Test Kruskal-Wallis – Edat segons el grau de severitat	106
Figura 9.16 Test de normalitat de Pearson per la variable taxa de severitat	106
Figura 9.17 Test Kruskal-Wallis – Taxa de severitat per mesos del any.....	106
Figura 9.18 Test de Normalitat de Pearson per la variable taxa de morts	107
Figura 9.19 Test de Kruskal-Wallis – Taxa de morts per mes.....	107
Figura 9.20 Test de normalitat de Pearson per la variable accidentalitat	107
Figura 9.21 Comparació de medianes de l'índex de severitat segons el dia de la setmana..	107