

ESTUDIO DE ACCIDENTES DE CICLISTAS EN ESPAÑA

Blanca Arenas Ramírez

Instituto Universitario de Investigación del Automóvil – Francisco Aparicio Izquierdo
(INSIA). Universidad Politécnica de Madrid.

Almudena Sanjurjo de No

Instituto Universitario de Investigación del Automóvil – Francisco Aparicio Izquierdo
(INSIA). Universidad Politécnica de Madrid.

Francisco Aparicio Izquierdo

Instituto Universitario de Investigación del Automóvil – Francisco Aparicio Izquierdo
(INSIA). Universidad Politécnica de Madrid.

RESUMEN

El uso de la bicicleta en España es aún reducido, pero se ha incrementado de manera significativa, como medio de vida saludable por la práctica deportiva entre los ciudadanos y también como modo de transporte en las ciudades en las que se ofrecen infraestructuras específicas o adaptadas, lo que se extiende también a áreas periurbanas para ir al centro de estudios o al trabajo, es un hecho constatado por diversos estudios. Se desconoce el tamaño y evolución del parque de bicicletas y la venta de unidades y que ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años.

En el año 2018, se produjeron 102.299 accidentes en España, de los que 37.892 se produjeron en carretera y 64.407 en ámbito urbano. De este total, en 7.598 accidentes estuvieron implicados ciclistas, de los que 2.143 fueron accidentes en carretera mientras que 5.465 fueron en urbano. Entre 2003 (año de referencia de la importante mejora de la mortalidad general en accidentes de tráfico y a partir del cual se invierte la tendencia de accidentes con ciclistas) y 2018, el número de accidentes con bicicletas aumentó el 236%, mientras los accidentes totales lo hicieron el 2%.

Los datos relacionados con la accidentalidad de ciclistas ponen de relieve la necesidad de estudios rigurosos para la comprensión del fenómeno y los factores de influencia que motiven la aplicación de medidas de intervención adecuadas. En este trabajo se presenta el análisis de la evolución de los accidentes con lesionados ciclistas y la identificación de patrones accidentológicos de ciclistas con técnicas estadísticas de análisis clúster, de los microdatos de las Bases Generales de Accidentes (BGAs) de los años 2000 – 2015.

Entre los patrones identificados se destaca el bajo uso del casco entre ciclistas en ámbito urbano y sobre todo entre mujeres y jóvenes, lo que puede motivar acciones especialmente dirigidas para campañas de concienciación y control entre los colectivos identificados.

1. JUSTIFICACION DEL TRABAJO

El uso de la bicicleta en España es aún reducido, se viene incrementando de manera significativa en los últimos años, como medio muy atractivo para incrementar el ejercicio físico de muchos ciudadanos y como modo de transporte, especialmente en ciudad. Los poderes públicos están fomentando el uso de este medio, ofreciendo infraestructuras especiales o mejor adaptadas, tanto en entornos urbanos como en áreas periurbanas. Se desconoce el tamaño del parque de bicicletas y su evolución, aunque las ventas de este tipo de vehículos reflejan un gran crecimiento. En el año 2018, se produjo un notable incremento de las ventas si se consideran como referencia las 800.000 unidades del año 2011, y el mercado muestra una gran estabilidad, por encima del 1.000.000 de unidades. En la Unión Europea, las ventas oscilan entre 20 y 21 millones de bicicletas en los últimos años.

En la medida que se incrementa el uso de la bicicleta, el riesgo de accidentes con implicación de estos vehículos y el correspondiente balance de víctimas, tiende a crecer, y, si bien su número sigue siendo muy reducido en relación con los accidentes y víctimas totales, la proporción entre ellos crece especialmente desde el año 2004, con mayor tasa de incremento en zona urbana, debido a la evolución del número de heridos leves y graves en estos accidentes.

Entre 2010 y 2018, el número de víctimas mortales entre lesionados ciclistas, pasó de 67 a 58 que representa una reducción del 13%; mientras que el número de heridos graves se incrementó en un 124% (de 467 a 620) y el número de heridos leves en un 124% aumentando de 2.962 a 6.633, correspondiendo las mayores tasas de variación de heridos graves y leves al ámbito urbano.

En términos relativos, en 2010 el número de víctimas mortales en accidentes con ciclistas representó un 2,7% de las totales por accidente de tráfico mientras que en el año 2018 este porcentaje fue del 3,2%.

En los países de la UE este fenómeno es análogo, aunque el mayor uso de la bicicleta en algunos países hace que los valores sean distintos a los españoles. En función de los datos europeos disponibles en el periodo 2005-2016; el porcentaje de víctimas mortales de ciclistas en relación a los totales pasó de un 7% a un 8% en el conjunto de la UE; el cambio para España fue del 1,8 al 3,2%, en Holanda fue de 20 a 19%, en Dinamarca del 12 al 15% y en el Reino Unido de 5 a 6%. República Checa y Noruega experimentaron incrementos de 6 puntos porcentuales y representan los valores más altos de la UE.

Los anteriores datos nos indican que la contribución de los accidentes con ciclistas implicados al balance general de accidentes y víctimas de tráfico puede seguir creciendo en España y, por tanto, se trata de un colectivo que debe ser estudiado en profundidad.

Este estudio, realizado por un equipo investigador del INSIA de la UPM, en el marco de la Cátedra Universidad-Empresa Eduardo Barreiros y financiado por la Fundación Eduardo Barreiros, tiene como finalidad contribuir al conocimiento de los factores de mayor influencia en los accidentes con ciclistas implicados y de ofrecer conclusiones de interés para la adopción de medidas orientadas a reducirlos. Aparicio et al. (2020).

2. DATOS ESTADISTICOS DE ACCIDENTES Y VÍCTIMAS CICLISTAS.

2.1 Evolución de los accidentes con implicación de ciclistas

En el año 2018, se produjeron 102.299 accidentes en España, de los que 37.892 se produjeron en carretera y 64.407 en ámbito urbano. De este total, en 7.598 accidentes estuvieron implicados ciclistas de los que 2.143 fueron accidentes en carretera mientras que 5.465 fueron en urbano.

En el periodo de 1993 a 2018 los accidentes de tráfico con implicación de bicicletas presentan un comportamiento de ascenso notable hasta los casi 7.600 del último año y ha sido espectacular desde 2004. Figura 1.

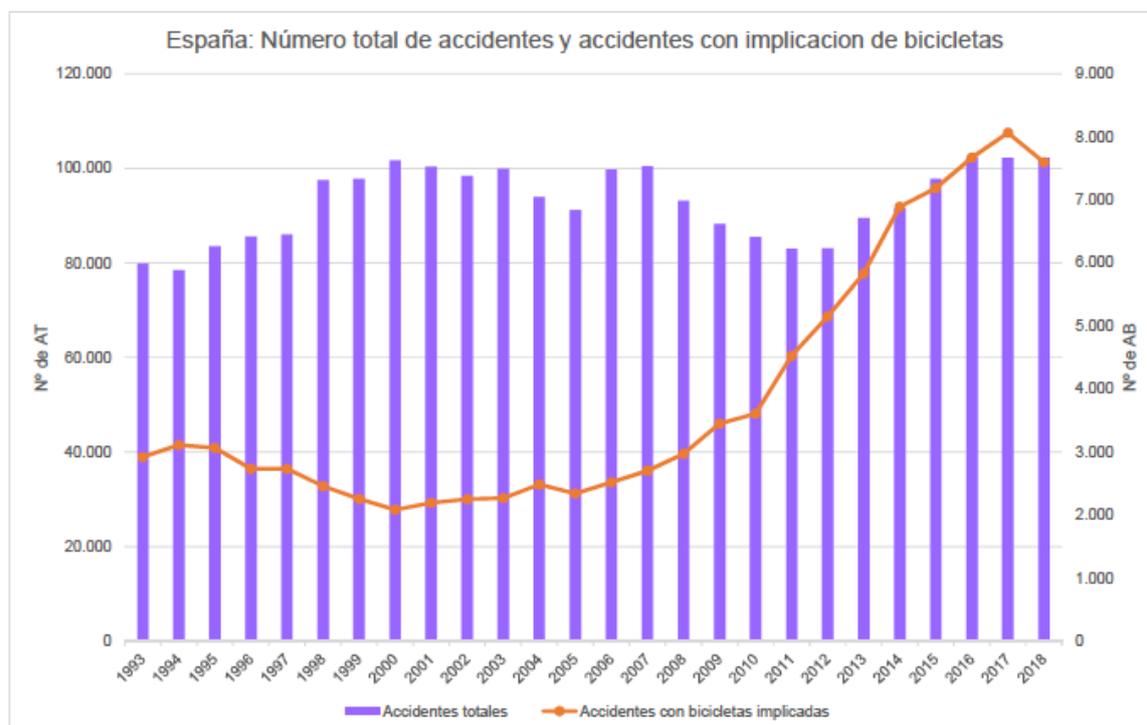


Figura 1: España: accidentes totales y con bicicletas implicadas. 1993-2018. (Fuente: DGT)

Entre 2003 (año de referencia de la importante mejora de la mortalidad en carretera y a partir del cual se invierte la tendencia de accidentes con ciclistas) y 2018, el número de accidentes con bicicletas aumentó el 236%, mientras los accidentes totales lo hicieron el 2%.

El mayor aumento de accidentes con bicicletas se observó en zona urbana que alcanzó el 272% frente al aumento del 23 % de los accidentes totales en la misma zona. Los accidentes con bicicletas en zona interurbana aumentaron: en 168% frente al descenso del 20% que experimentó el conjunto de la accidentalidad cuando se consideran todos los vehículos.

En formato de número Índice (Año 1993=100) los accidentes con bicicletas se han multiplicado por 3 en ciudad y prácticamente por 2 en carretera. Desde 2010, la evolución de este índice referido al total de accidentes muestra el ascenso de los accidentes en ciudad y un comportamiento muy estable en torno al índice 100 en carretera.

La implicación de bicicletas en accidentes de tráfico (en % del total de vehículos implicados) tiene tendencia creciente tanto en carretera como en ámbito urbano desde el año 2000 hasta 2014, a partir del cual se produce un estancamiento.

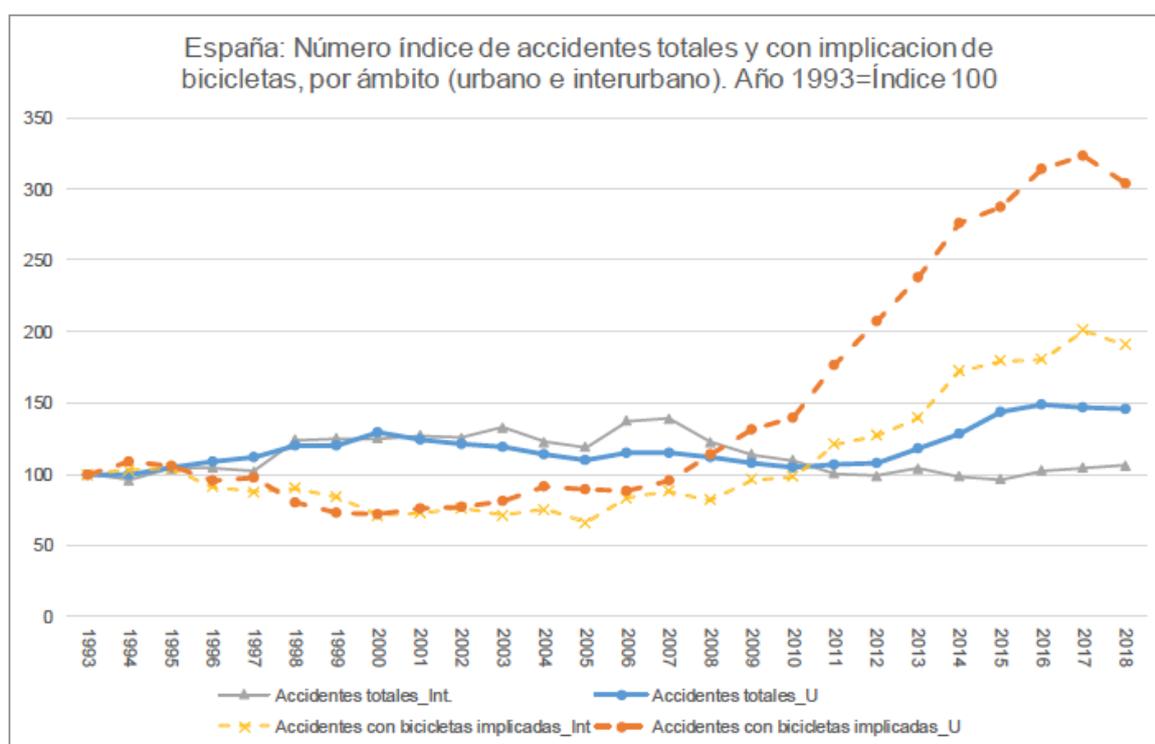


Figura 2: España: Número índice de accidentes totales y con implicación de bicicletas. Año 1993=Índice 100. (Fuente: DGT).

Desde el año 2000, la implicación de bicicletas en accidentes de tráfico en carretera pasó del 1,1% al 3,6% y en vías urbanas del 1,3% al 5,0 % en 2018. La implicación de bicicletas en accidentes en vías urbanas fue superior al de carretera en la serie completa de años y su tasa de crecimiento es más acelerada que la de vías interurbanas.

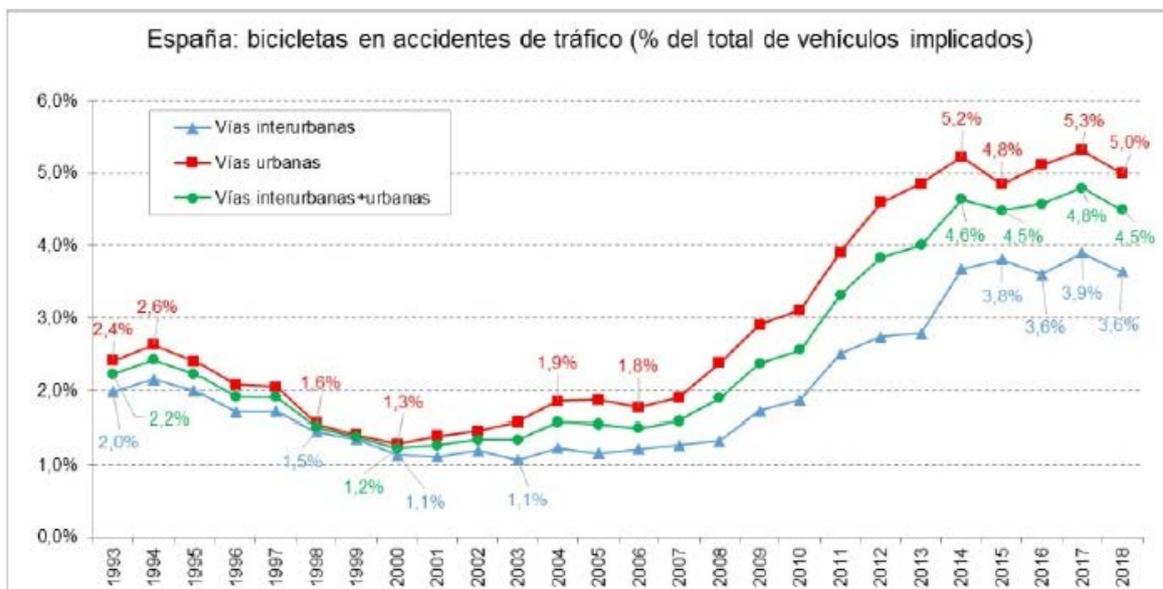


Figura 3: España. Bicicletas implicadas, en accidentes de tráfico en % del total de vehículos implicados. Según ámbito de ocurrencia. 1993-2018. (Fuente: DGT).

1.2 Evolución de los lesionados ciclistas

En el periodo 1993-2018 el número de conductores de bicicletas muertos en carretera presenta una tendencia decreciente, con fluctuaciones en todo el período. El valor máximo fue de 118 en 1994 y el mínimo de 37 en 2011, a partir del cual los valores fluctúan entre 40 y 50. En zona urbana, se aprecia un estancamiento y los valores fluctúan entre 20 y 40, con valor máximo de 39 en 1993 y el mínimo de 10 en 2015. Sin embargo, en 2016 y 2017 la serie ha recuperado los niveles de 1993.

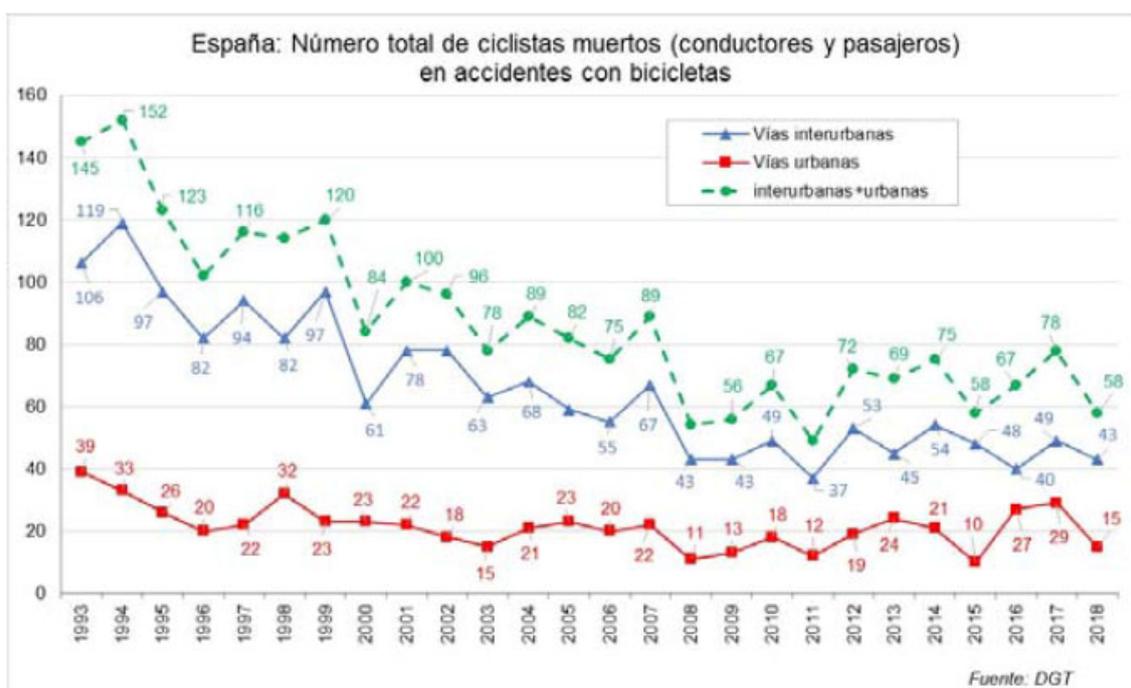


Figura 4: Total de fallecidos en accidentes con bicicletas por zona de ocurrencia España 1993-2018. (Fuente: DGT).

El 99% de las víctimas son conductores de la bicicleta. Las cifras de muertos en carretera son significativamente más elevadas que en zona urbana.

De media, el 75% de víctimas mortales se producen en accidentes en carretera, mientras que el 25% en calles urbanas. El peso porcentual de víctimas mortales en accidentes en carretera con bicicletas relativo al total de víctimas en esos accidentes, ha bajado desde el máximo de 83% en 2015 al 74% en 2018, pero solo ha cambiado en 1 punto porcentual en todo el periodo. En urbano el peso ha cambiado del 27% al 26% en todo el período.

El porcentaje de víctimas mortales en accidentes de tráfico con implicación de bicicletas en el periodo 1993-2018 según zonas (en términos relativos al total de víctimas fatales en accidentes de tráfico), ha aumentado en zona urbana hasta el 5,7% frente al 3,4% en interurbano en el año 2018.

La evolución desde 1993, de ambos números en paralelo en la Figura 5 muestra el descenso claro e importante de las muertes totales, frente al estancamiento de la mortalidad de ciclistas y hasta un repunte en los últimos años, que coloca el último registro al nivel de la década del 2000 y pone de manifiesto la atención que merece este colectivo en particular. Como ya se dijo, el año 2003 marcó un hito para la mejora de la política de seguridad vial española con un descenso acumulado del 67% de la mortalidad hasta el año 2018, por la mejora en ámbito interurbano fundamentalmente con una reducción del 71% y una aportación del ámbito urbano del 47%. En el mismo período la mortalidad en accidentes con ciclistas experimentó sólo el 25,6% de mejora. Las víctimas mortales en urbano en el año 2018 igualaron las de 2003 (15 ciclistas muertos) mientras que las habidas en carretera bajaron el 31,7%.

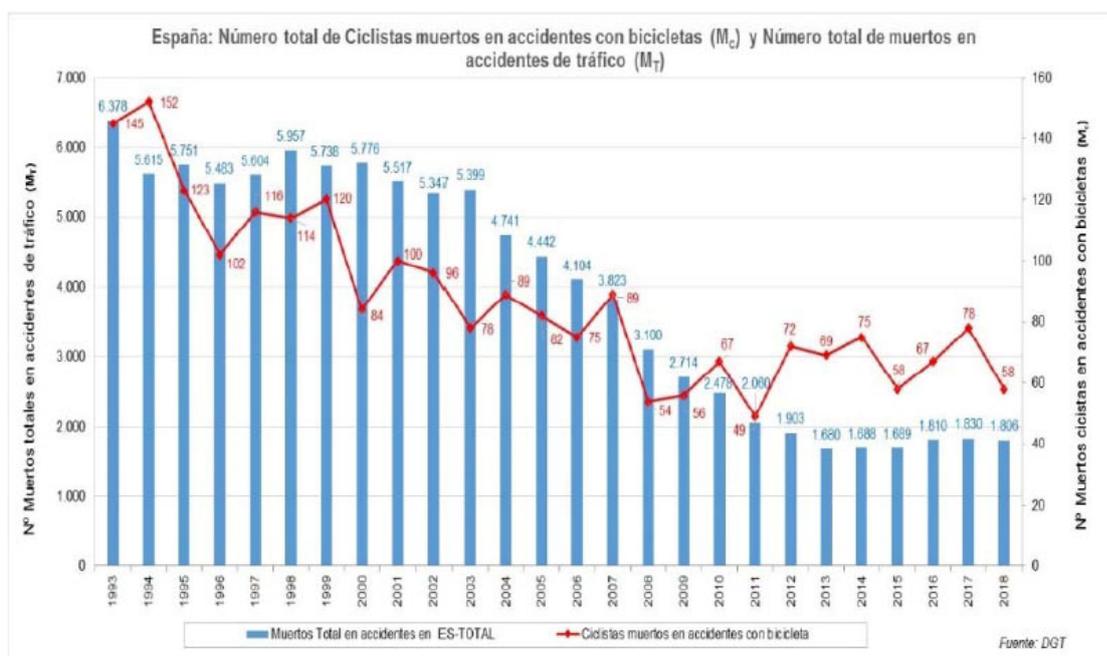


Figura 5: Total de muertos en accidentes de tráfico y en accidentes con bicicletas implicadas. (Carretera+urbano). España 1993-2018. (Fuente: DGT).

En la Figura 6 se muestra la evolución del indicador Muertos por accidente (en los totales (AT) y en los que han estado implicados bicicletas (AB)). (Valor índice 100=año 1993) y se aprecia la evolución favorable hasta 2014 en ambos casos, con un estancamiento en ambas series hasta el último año.

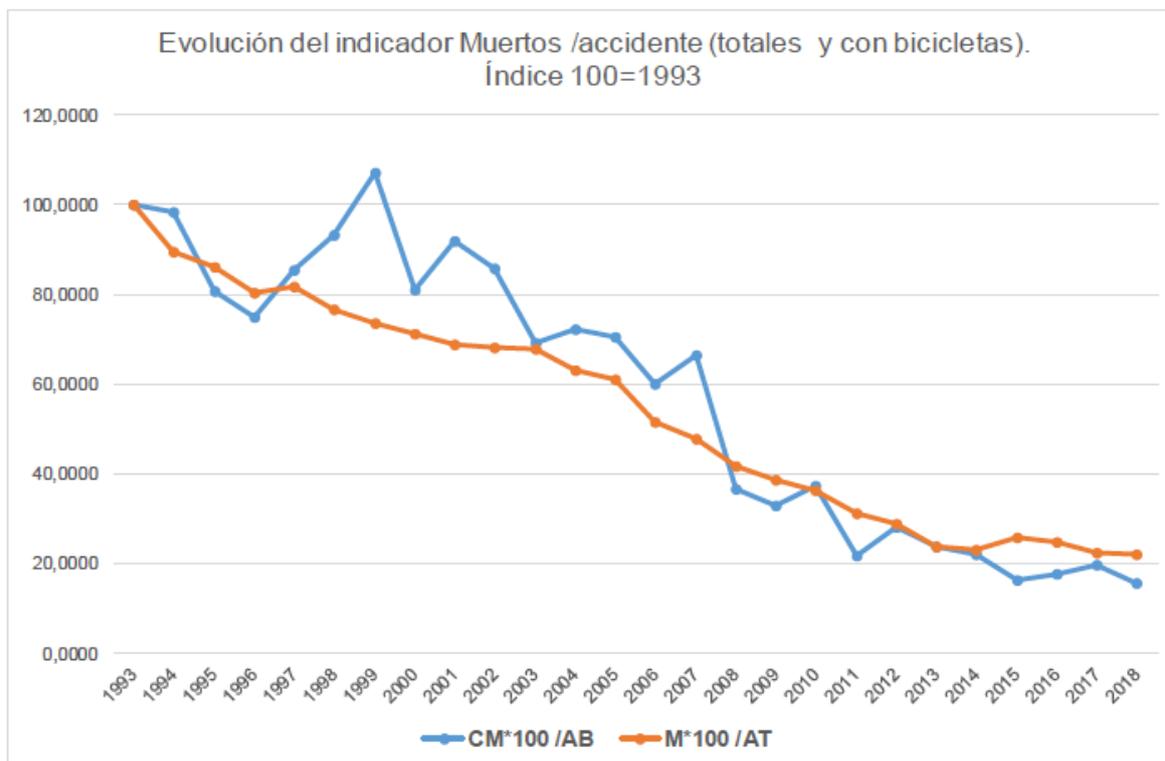


Figura 6: España: Indicador Muertos por accidente (totales y con implicación de bicicletas). 1993-2018. Valor índice 100=año 1993. (Fuente: DGT).

En la Figura 7 se muestran los valores absolutos de los heridos graves en accidentes de tráfico con ciclistas y su peso porcentual de las producidas en accidentes totales. La evolución de ambas es creciente en prácticamente todo el período con un importante aumento de su peso porcentual: la incidencia de ciclistas heridos graves en 2018, ha multiplicado por más de 4 veces el valor de 2001.

En la Figura 8 se muestran los valores absolutos de los heridos leves en accidentes de tráfico con ciclistas y su peso porcentual de las producidas en accidentes totales. La evolución de ambos es creciente desde 2001 en el que se produjo el valor mínimo de 1,3% y no ha parado de crecer: hasta alcanzar el valor máximo de 5,5% en 2017, en el que ha multiplicado por más de 4 veces el valor mínimo indicado. En el año 2018 el peso porcentual ha descendido sólo 4 décimas.

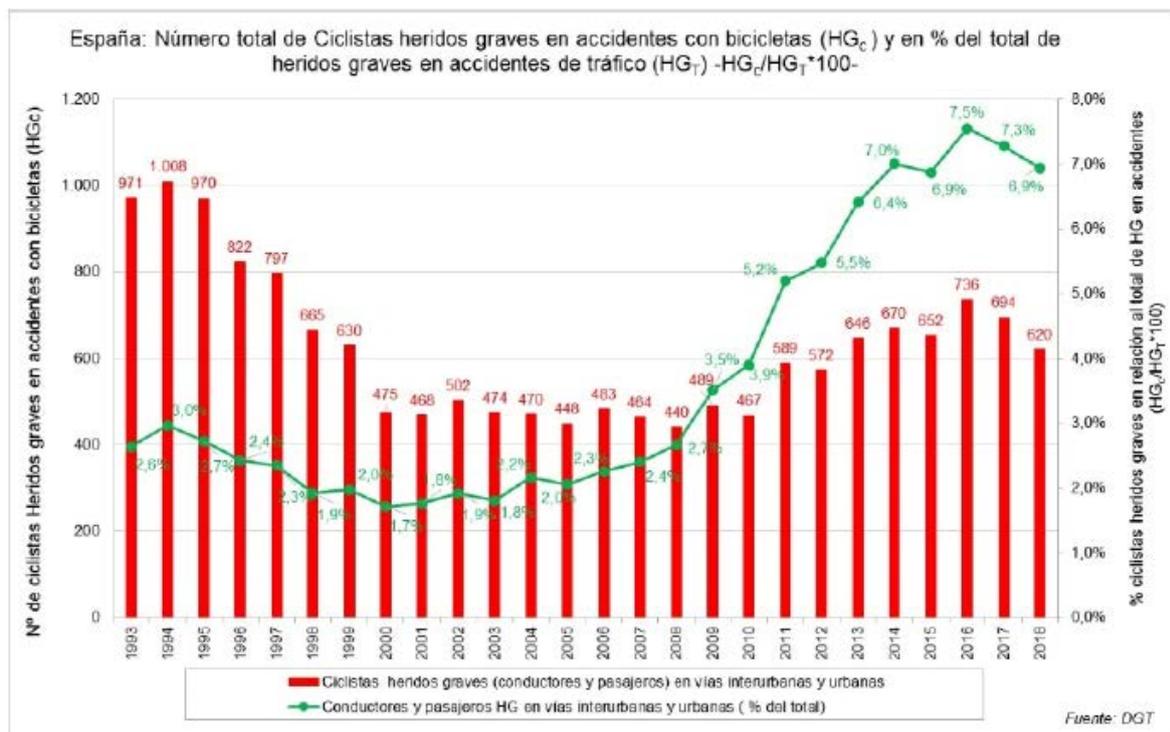


Figura 7: España. Número de ciclistas heridos graves en accidentes con bicicletas (HGC) y su porcentaje en relación al total de heridos graves en accidentes de tráfico (carretera+urbano) (HGT). 1993-2018. (Fuente: DGT).

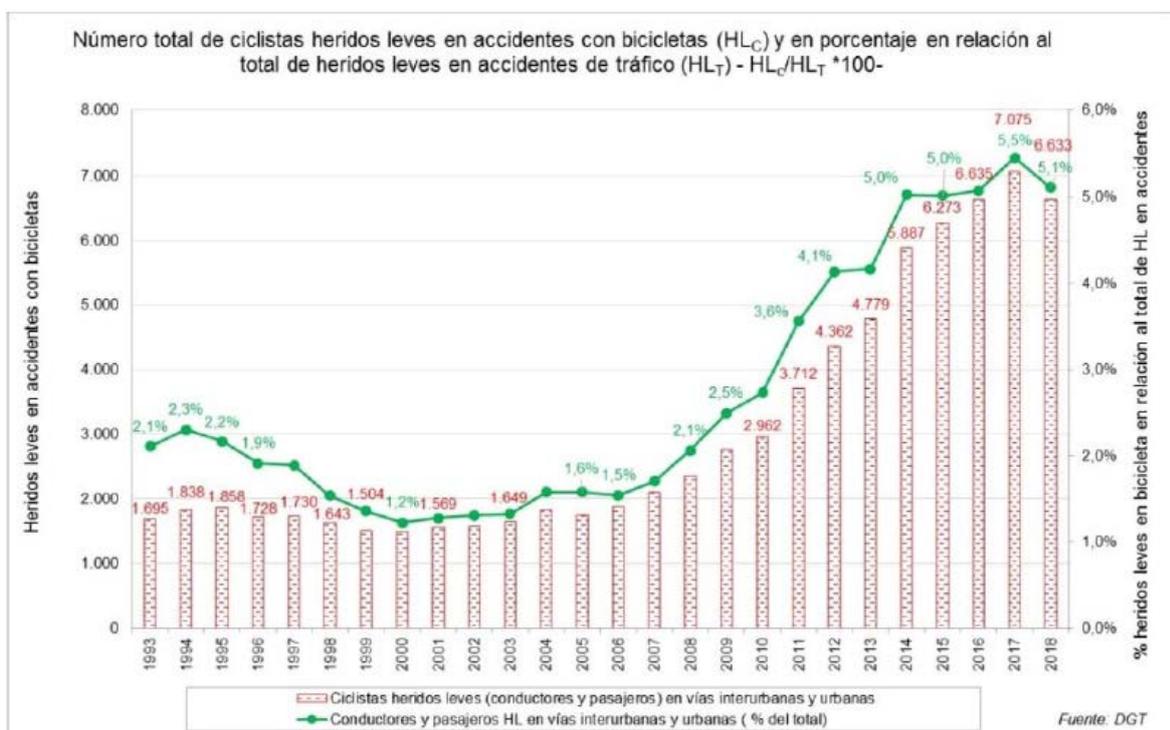


Figura 8: España. Total de ciclistas heridos leves en accidentes con bicicletas (HLC) y su porcentaje en relación al total de heridos leves en accidentes de tráfico (carretera+urbano) (HLT). 1993-2018. (Fuente: DGT).

2. IDENTIFICACIÓN DE PATRONES ACCIDENTOLÓGICOS DE CICLISTAS

Las variables de la base de datos creada para estos modelos fueron: género, edad, grado de lesividad, infracción del conductor/ciclista, infracción de velocidad e infracción administrativa. El periodo analizado corresponde al periodo 2000 a 2015.

2.1 Técnicas estadísticas de análisis clúster

Para la identificación de patrones de accidentalidad de bicicletas se han aplicado técnicas estadísticas de análisis de conglomerados o clúster y dentro de esta categoría, se han seleccionado los mapas autoorganizativos (Self organizing Maps- SOM) por su rapidez de interpretación. Los mapas SOM forman parte del campo de Machine Learning y ponen de manifiesto las asociaciones multivariante más frecuentes que explican la ocurrencia de accidentes. Las primeras referencias al SOM se encuentran en los artículos de Kohonen (1982), Kohonen (1990), Kohonen (1995), Kohonen (1998), y en los trabajos Von der Malsburg (1973), Rumelhart y Zipser (1985) y Willshaw & Von Der Malsburg (1976) sobre aprendizaje competitivo (competitive learning).

La metodología Self-Organizing Maps (SOM) de clúster ha sido aplicada a diferentes campos, siendo su aplicación en el ámbito de los accidentes de tráfico, más limitada. Hu et al. (2004) propusieron un modelo probabilista para predecir los accidentes de tráfico mediante la monitorización 3D de los vehículos. Para ello, se usó un modelo SOM difuso, con el objetivo de aprender patrones de actividad para las rutas de muestra. En el artículo de Chen et al. (2006), se aplicó SOM con el propósito de revelar patrones de tráfico regionales específicos. Por su parte, Liu (2009) desarrolló un modelo analítico para aprender acerca de la asignación de responsabilidad en accidentes de tráfico en Taiwan. Tiwari et al. (2017) aplicaron las técnicas de SOM, así como otras herramientas de Data Mining, para analizar los accidentes de tráfico con el objetivo de analizar los diferentes tipos de atributos que contribuyen a que se produzca el accidente, entre ellos el tipo de vehículo (bicicleta entre otros). Por último, debe mencionarse el trabajo realizado por Giacomo et al. (2012), quienes estudiaron accidentes de peatones aplicando técnicas de clúster, con el fin de identificar patrones que pudiesen ayudar a diseñar medidas preventivas y asignar recursos para los problemas identificados en los accidentes de tráfico mortales de Israel entre 2003 y 2006 y en especial dirigidas a los usuarios más vulnerables de la carretera, entre los que se encuentran los ciclistas.

3. RESULTADOS

El mapa de calor de la implicación de ciclistas en razón de género y en accidentes según la zona de ocurrencia del accidente se muestra en la Figura 9. La variable sexo toma valor 1 cuando el ciclista es varón y 0 cuando es, los nodos aparecen de color rojo y azul respectivamente.

En el mapa de la Figura 9 se observa que predomina el género masculino, solo un 15% de los ciclistas implicados son mujeres ciclistas y requiere estudios que consideren la exposición de cada colectivo.

Las mujeres ciclistas, en general, han estado mayoritariamente implicadas en accidentes ocurridos en vías urbanas (alrededor del 84%).

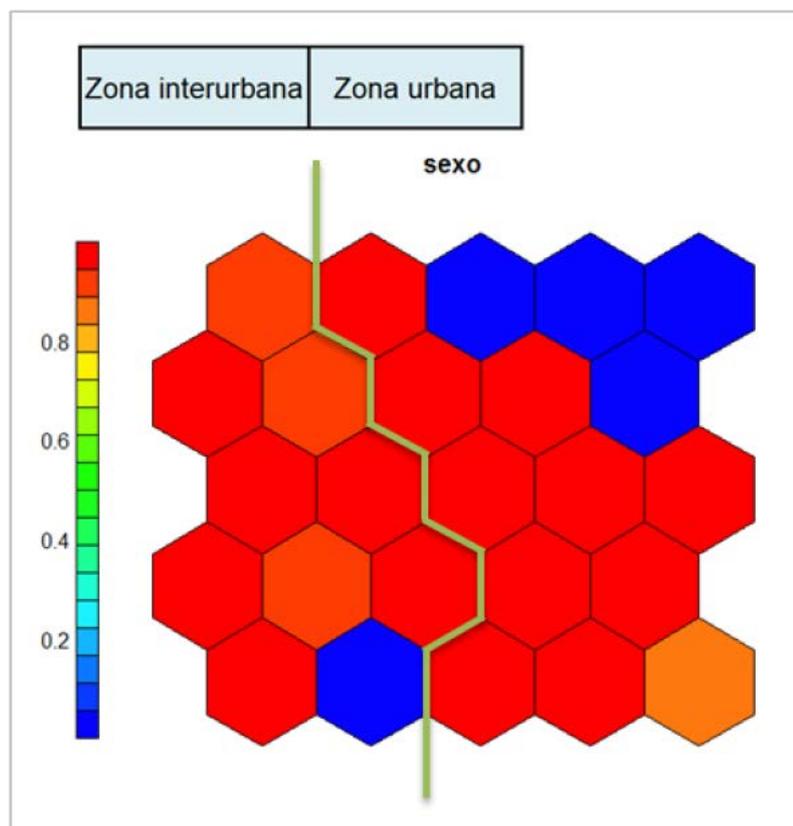


Figura 9: Mapa de calor para "sexo" en el mapa SOM. (Fuente: Elaboración propia a partir de las BGAs).

En el mapa de calor de la variable lesividad (Figura 10), se puede observar cómo en el área derecha, que corresponde a la zona urbana, la lesividad de los ciclistas es, en general, menor en comparación con la que se observa en la zona interurbana. En color azul lesividad baja (valores próximos a 0); en verde cuando la lesividad es media (valores próximos a 0,5); y en color rojo cuando la lesividad es alta (valores próximos a 1).

Dentro de la zona urbana también hay un nodo de alta lesividad, el nodo naranja C53, que alberga en torno a 500 ciclistas. Sin embargo, el nodo de alta lesividad que está incluido en la zona interurbana, nodo rojo C41, contiene más de 1.000 ciclistas.

En los accidentes ocurridos en zona interurbana la lesividad es, en general, mayor con más heridos graves y muertos en relación a los accidentes ocurridos en zona urbana, donde predominan fundamentalmente los heridos leves.

También es importante señalar que los accidentes mortales, a pesar de que predominen en la zona interurbana, son un parte pequeña en comparación con el resto de accidentes que sufren los ciclistas, tal y como se muestra en la escala del mapa de lesividad, donde el nivel 1 (muertos) no llega a estar representado, y el valor máximo del vector de peso es de 0,75 como se muestra en la Figura 10.

En relación a la lesividad, se observa que, en general, las mujeres presentan una lesividad media leve, siendo complicado sacar conclusiones sólidas acerca de la lesividad de los varones, dado que su presencia está muy distribuida a lo largo del mapa, debido a su elevada presencia en el estudio en comparación con su contraparte femenina.

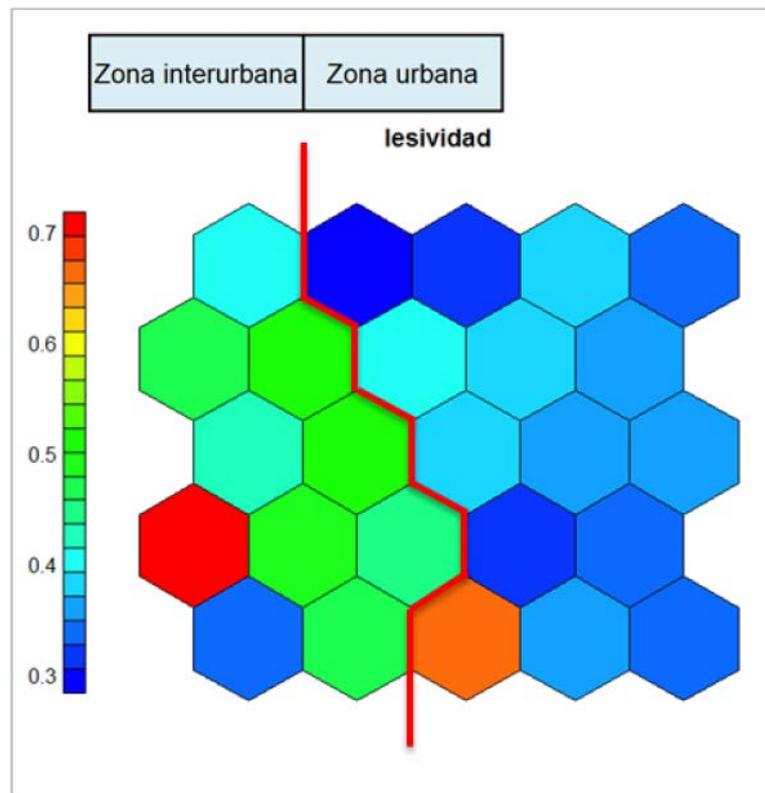


Figura 10: Mapa de calor para “lesividad” en el SOM. (Fuente: Elaboración propia a partir de las BGAs).

Otros mapas SOM con la edad indican que, entre los ciclistas más mayores (50-64 años y mayores de 65), se observa una escasa presencia de mujeres, frente a este colectivo entre los varones. Este patrón está en consonancia con el detectado en la conducción de turismos, donde se observa que la presencia de mujeres disminuye en las edades más avanzadas.

En la Figura 11 aparecen representado en azul los porcentajes de ciclistas de cada nodo que estaban usando el casco. De todos los ciclistas involucrados en accidentes observados en este análisis, de media el 26,5% estaban usando el casco y el resto no. De media el 40% de los ciclistas lo usaba cuando se produjo el accidente en una vía interurbana y sólo el 14% cuando se produjo en vía urbana.

En el nodo C51, se identifican 2.967 ciclistas, con el mayor porcentaje de uso del casco 66% frente al 34% que no usaban casco en el momento de ocurrencia del accidente en una carretera.

A primera vista en el mapa con los porcentajes, se observa que a la izquierda del mapa el porcentaje de ciclistas que usan casco es significativamente mayor. Si lo comparamos con el mapa SOM con la variable “zona”, se ve claramente cómo la zona de ciclistas con mayor porcentaje de uso de casco coincide con la parte del mapa en la que predominan los accidentes ocurridos en zona interurbana.

Se resaltan algunos ejemplos de grupos que requieren algún tipo de atención: 1) en el clúster C52 hay 582 accidentes ocurridos con ciclistas mujeres de edad media, que han resultado con severidad media y entre las que el 59% no usaban el casco, 2) en el clúster C41 se clasifican 1.201 accidentes en los que el 48% de los ciclistas (mayoritariamente varones de edad media) no usaban el casco y han resultado con severidad alta, 3) los clústers C22, C32 y C43 presentan los porcentajes más altos de no uso de casco en medio interurbano (86, 83 y 72% respectivamente).

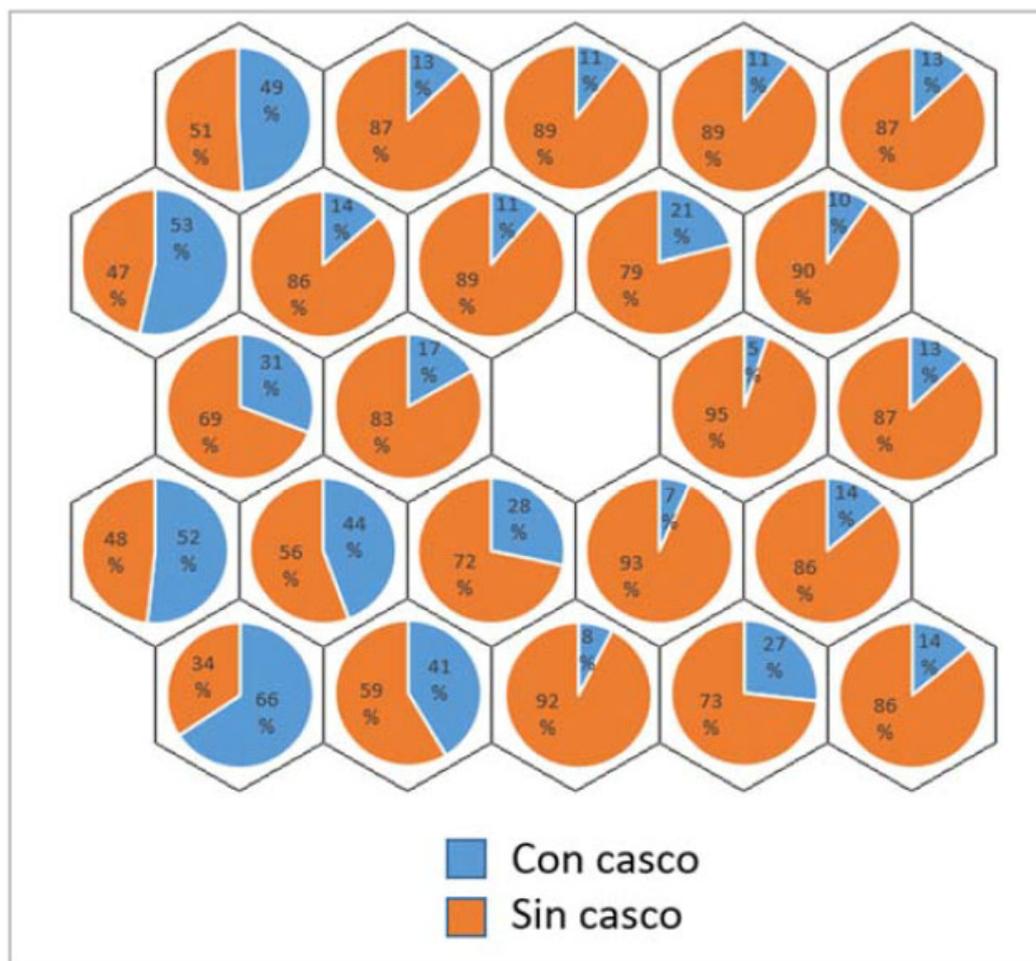


Figura 11: Mapa de uso del casco (en porcentaje) en el mapa SOM. (Fuente: Elaboración propia a partir de las BGAs).

3.1 Aceptación o rechazo de las hipótesis de trabajo

A continuación, se transcriben 3 de las 10 hipótesis formuladas en el proyecto de investigación seleccionadas para el análisis con los mapas SOM en éste trabajo.

- H(a). “Los ámbitos de uso de las bicicletas: urbano e interurbano, así como de diferentes infraestructuras en cada uno de ellos (vías convencionales, vías de alta capacidad, intersecciones, etc.) ejerce influencia en los patrones accidentológicos de los ciclistas”.

Para verificar o rechazar la H(a) se han realizado el estudio de la evolución temporal de la accidentalidad por tipo de vía y zona de los datos contenidos en las BGAs, así como el ajuste de mapas SOM para la identificación de los patrones de accidentes según la zona. Hay mayor severidad en accidentes en vías interurbanas.

Los resultados parciales de los resultados mostrados contribuyen a la verificación de la hipótesis H(a). Otros mapas SOM y los patrones multivariantes encontrados permiten concluir que se ha verificado la hipótesis H(a).

- H(b). “Los diferentes colectivos de ciclistas: grupos de edad y género, presentan, también patrones accidentológicos diferentes”.

La verificación o rechazo de la hipótesis H(b) se ha abordado mediante el estudio estadístico de las BGAs y la identificación de patrones por sexo y rangos de edad con los mapas SOM. Hay más ciclistas varones y mayores en accidentes interurbanos que mujeres y más mujeres de hasta 50 años en accidentes urbanos.

Los resultados parciales de los resultados mostrados contribuyen a la verificación de la hipótesis H(b). Otros mapas SOM y los patrones multivariante encontrados permiten concluir que se ha verificado la hipótesis H(b).

- H (c). El uso de medios de protección adecuados, especialmente del casco, ejerce influencia en la severidad de las lesiones en caso de accidente.

Para esta hipótesis (H(c)) la variable uso – no uso de casco se abordó en el estudio estadístico de las BGAs y en la identificación de patrones mediante los mapas SOM. Los patrones complejos de SOM indican que el tipo de vía y zona influyen en esta variable de comportamiento de los ciclistas.

Hay diferencias entre entorno urbano-interurbano. Los mapas SOM identifican comportamientos multivariantes y el sexo y la edad son factores relevantes en el patrón de uso-no uso de casco. Su no uso resulta en accidentes más severos. Se considera verificada la hipótesis H(c).

4. CONCLUSIONES

La implicación de bicicletas en accidentes de tráfico (en % del total de vehículos implicados) tiene tendencia creciente tanto en carretera como en ámbito urbano. La implicación de bicicletas en accidentes en vías urbanas fue superior al de carretera en la serie completa de años y su tasa de crecimiento es más acelerada que la de vías interurbanas, lo que es un indicador de su mayor uso en las ciudades por la incorporación de la bicicleta como medio de desplazamiento cotidiano.

Aunque el porcentaje de víctimas mortales en accidentes de tráfico con implicación de bicicletas en el periodo 1993-2018 según zonas (en términos relativos al total de víctimas fatales en accidentes de tráfico), ha aumentado en zona urbana hasta el 5,7% frente al 3,4% en interurbano en el año 2018.

La reducción observada en la mortalidad total (-67% entre 2003 y 2018) es mayor que la de ciclistas (-25,6% en el mismo período) y marca una línea de trabajo enfocada en este colectivo para una mayor contribución a la mejora de la seguridad vial en España.

A través de los mapas SOM se han identificado patrones de accidentes de ciclistas, y se concluye que la zona de ocurrencia y el sexo son factores relevantes en la identificación de patrones en accidentes y severidad de lesiones de ciclistas.

La lesividad de los ciclistas en accidentes urbanos es menor que la que se observa en la zona interurbana.

El porcentaje de mujeres ciclistas es reducido respecto al de hombres tanto en zona interurbana como urbana, siendo esta diferencia mayor en vías interurbanas.

El no uso de casco deviene en mayor lesividad y hay diferencias en el uso en entorno urbano e interurbano que requiere medidas de vigilancia adecuadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la Fundación Eduardo Barreiros a través de la Cátedra Universidad – Empresa “Eduardo Barreiros Automóvil y Movilidad Sostenible”. Los autores agradecen a la DGT por el acceso a las Bases de datos de accidentes y a la Comunidad de Madrid por su financiación parcial que, a través del programa SEGVAUTO 4.0-CM (P2018 / EMT-4362) ha contribuido a su desarrollo y difusión.

REFERENCIAS

- APARICIO, F., ARENAS, B., MIRA, J. M., PAÉZ, J., GOMES, E., FURONES A., SANJURJO DE NO A. (2020). Estudio de accidentes de tráfico y víctimas ciclistas en España. Proyecto de investigación. Cátedra Universidad Empresa Eduardo Barreiros: Automóvil y movilidad sostenible. España.
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. (Varios años). Anuario Estadístico de Accidentes. Ministerio del Interior, España.
- KOHONEN, T. (1982). Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*. 43 (1): pp.59–69. doi: 10.1007/bf00337288.
- KOHONEN, T. (1990). The self organizing map. *Proceedings of the IEEE*, vol. 78, num 9, pp 1464-1480.
- KOHONEN, T. (1995). *Self-Organizing Maps*. Springer. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-88163-3>.
- KOHONEN, T. (1998). The self-organizing map. *Neurocomputing* n° 21, pp. 1-6, [https://doi.org/10.1016/S0925-2312\(98\)00030-7](https://doi.org/10.1016/S0925-2312(98)00030-7)
- VON DER MALSBERG, C. (1973). Self-Organization of Orientation Sensitive Cells in the Striate Cortex, *Kybernetik* 14, pp. 85—100.
- RUMELHART, D. & ZIPSER, D. (1985). Feature Discovery by Competitive Learning. *Cognitive Science* 9, pp. 75-112, [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(85\)80010-0](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(85)80010-0).
- WILLSHAW, D.J, & VON DER MALSBERG, C. (1976). How Patterned Neural Connections Can Be Set Up by Self-Organization. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Vol. 194, No. 1117. (Nov. 12, 1976), pp. 431-445.
- HU, W., XIAO, X., XIE, D., TAN, T. & MAYBANK, S. (2004). Traffic Accident Prediction Using 3-D Model-Based Vehicle Tracking. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, n° 53 (3), pp. 677-694.
- CHEN, Y., ZHANG, Y., HU, J. & YAO, D. (2006). Pattern Discovering of Regional Traffic Status with Self-Organizing Maps. Presented at Proceeding of the 9th International Conference on Intelligent Transportation Systems. Toronto, Canada, pp. 647-652.
- LIU, P. (2009). A self-organizing feature maps and data mining based decision support system for liability authentications of traffic crashes. *Neurocomputing*, n° 72, pp. 2902-2908.
- GIACOMO, C., GITELMAN, V. & BEKHOR, S. (2012). Mapping patterns of pedestrian fatal accidents in Israel. *Accident Analysis and Prevention*, n° 44, pp. 56-62.
- TIWARI, P., AGNIHOTRI, S. & KALITIN, D. (2017). Road-User Specific Analysis of Traffic Accident Using Data Mining Techniques. Conference: International Conference on Computational Intelligence, Communications, and Business Analytics. Springer Nature Singapore Pte Ltd. J.K. Mandal et al. (Eds.): CICBA 2017, Part II, CCIS 776, pp. 398–410.