

SINIESTRALIDAD AGRÍCOLA E INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS

Fundación mapfre

Coordinación del trabajo:
S. Arazuri[1]
F. J. García Ramos[2]

Autores del Informe:
S. Arazuri[1]
J. Mangado[1]
C. Jarén[1]
P. Arnal[1]
A. López-Maestresalas[1]
F. J. García Ramos[2]
C. Ayudán Ibarz[2]
J. Val Aguasca[2]
M. Videgain Marco[2]
A. Boné Garasa[2]
M. Vidal Cortés[2]
S. Artero Garcés[2]
Jesús Monclús[3]
Jorge Ortega[3]

[1] Grupo de Investigación de Mecatrónica Agraria, Dpto. Ingeniería, ETS Ingeniería Agronómica y Biociencias, Universidad Pública de Navarra
[2] LAMAGRI, Laboratorio de Maquinaria Agrícola e Industrial, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza
[3] Fundación Mapfre

Impulso y coordinación en Fundación Mapfre:
Jesús Monclús y Jorge Ortega.

© de los textos: sus autores
© de esta edición:
Fundación Mapfre, 2026.
Pº de Recoletos, 23, 28004 Madrid.
www.fundacionmapfre.org

Fundación Mapfre no se hace responsable del contenido de esta obra, ni el hecho de publicarla implica conformidad o identificación con las opiniones vertidas en ella. La información contenida en el presente documento puede utilizarse haciendo referencia al mismo del siguiente modo: “Siniestralidad agrícola e incendios en cosechadoras y empacadoras. © Fundación Mapfre, Universidad Pública de Navarra y Universidad de Zaragoza, 2026”.

SINIESTRALIDAD AGRÍCOLA E INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS

Fundación mapfre

ÍNDICE

PRÓLOGO 5

RESUMEN 7

SINIESTRALIDAD DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA 2010-2023 7

RIESGOS DE INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS 8

1. SINIESTRALIDAD DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA 9

1.1. INTRODUCCIÓN 9

1.2. METODOLOGÍA 11

1.2.1. Fuente de datos 11

1.2.2. Análisis de las noticias de siniestros 13

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 14

1.3.1. Datos globales de siniestralidad y comparación con los datos oficiales del MITES 14

1.3.2. Edad y sexo de fallecidos 16

1.3.3. Mes, día de la semana y hora del siniestro 18

1.3.4. Localización del siniestro 20

1.3.5. Vehículo implicado y tipo de siniestro 24

1.3.6. Trabajos que se estaban realizando 27

1.3.7. Causas 29

1.3.8. Análisis de los siniestros mortales por vuelco de tractor 30

1.3.9. Siniestros de circulación con maquinaria agrícola 34

2. RIESGOS DE INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS 43

2.1. LA MAQUINARIA AGRÍCOLA COMO ORIGEN DE INCENDIOS 43

2.1.1. Causas de incendio 43

2.1.2. Factores ambientales 45

2.2. FUENTES DE DATOS 46

2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MÁQUINAS 46

2.3.1. Máquinas inscritas en el Registro Oficial de Maquinaria Agrícola 46

2.3.1.1. Cosechadoras de cereal 48

2.3.1.2. Empacadoras 48

2.4. TEMPERATURA DE IGNICIÓN DE LOS RESIDUOS 50
2.4.1. Influencia de las características del residuo 50
2.5. RIESGO DE INCENDIO EN COSECHADORAS DE CEREAL 52
2.5.1. Características de las máquinas con mayor riesgo de incendio 52
2.5.2. Zonas de origen de incendio 53
2.5.3. Cuantificación del riesgo de incendio 54
2.5.3.1. Temperatura alcanzada en la máquina 54
2.6. RIESGO DE INCENDIO EN EMPACADORAS. 58
2.6.1. Características de las máquinas con mayor riesgo de incendio 58
2.6.2. Zonas de origen de incendio 59
2.6.3. Cuantificación del riesgo de incendio 60
2.6.3.1. Temperatura alcanzada en la máquina 60
2.7. MEDIDAS CORRECTORAS. 63
2.7.1. Aspectos normativos. 63
2.7.2. Criterios de diseño 64
2.7.3. Posibles medidas a implementar. 65
2.7.4. Sistemas de autoextinción 66

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 69
3.1. SINIESTRALIDAD DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA 69
3.2. RIESGOS DE INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS 70

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71
4.1. SINIESTRALIDAD DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA 71
4.2. RIESGOS DE INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS 72

ANEXO 75

PRÓLOGO

Alguien tiene que continuar

El 11 de junio de 1997, Fernando L. escribía una carta al director del diario Heraldo de Aragón en la que preguntaba si "nos resignaremos con los accidentes de tractores".

La respuesta a esa pregunta, casi treinta años más tarde, sigue siendo, rotundamente, que no. De hecho, esa carta explica en parte el origen de este trabajo, ya que hubo que esperar a que nuestro compañero José Luis Molero nos recordara la importancia de este tema y a conocer en el año 2018 a los investigadores que han colaborado en este trabajo, en concreto a Carmen Jarén, Silvia Arazuri, de la Universidad Pública de Navarra, y a Francisco Javier García Ramos de la Universidad de Zaragoza, y a sus equipos para poder publicar en 2020 la primera edición de este trabajo[1].

Aquella primera edición se construyó sobre los pilares del trabajo que durante muchos años habían realizado dichos investigadores, dándoles el protagonismo y la visibilidad social que la problemática ameritaba. El trabajo ha sido ampliamente utilizado desde aquel 2020, ya que se trata de una obra única en su temática.

En esta ocasión presentamos una actualización de aquellas investigaciones con los datos más recientes disponibles. De nuevo, desde Fundación Mapfre queremos agradecer a los citados investigadores por confiar en nosotros para difundir los resultados de su trabajo y dedicación a la seguridad de las personas que trabajan en el entorno agrícola y su impacto en las lesiones y el medioambiente.

La primera parte del trabajo, a cargo del grupo de investigación de Mecatrónica Agrícola de la Universidad Pública de Navarra, recopila información de un total de 1 620 fallecidos en siniestros mortales en el sector agrario desde 2010 hasta el año 2023: alrededor de 116 al año, 97 en 2023. Casi la mitad, en concreto 777 víctimas mortales, perdieron su vida en vuelcos de tractores. La media de edad de los fallecidos es 60 años, y sorprende que la franja de edad donde se alcanza el máximo número es la de 76 a 80 años. A menudo son muertes

1 https://www.fundacionmapfre.org/publicaciones/todas/siniestralidad-mortalidad-sector-agrario-2010-2019/

invisibles, que no se recopilan en las estadísticas de tráfico (por no tener lugar en vías de circulación sino en parcelas familiares) ni en las de trabajo (por no ser un siniestro de trabajo como tal) y sólo los medios de comunicación ayudan a darles visibilidad.

En el 90% de los tractores implicados en vuelcos mortales no disponía de estructura de protección al vuelco o llevaba el arco abatido. Dicho de otro modo, la inmensa mayoría de estas muertes podrían haberse prevenido. Así que queda claro por dónde tenemos que seguir avanzando en este campo.

La segunda parte del trabajo, realizado por el Laboratorio de Maquinaria Agrícola e Industrial de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Zaragoza, aborda los riesgos de incendio en cosechadoras y empacadoras en España. Sin duda una temática cada vez más importante por su potencial impacto en incendios en el entorno natural. Con respecto al trabajo inicial publicado en 2020, esta edición amplía el análisis al segundo tipo de maquinaria indicado, las empacadoras.

Como indica esta segunda sección, el promedio anual de incendios forestales originados por cosechadoras y empacadoras durante el periodo 2016-2021 ha sido de 92 y 17 siniestros, respectivamente.

Las condiciones de trabajo de estas máquinas son extremas, con largas jornadas de trabajo en ambientes con altas temperaturas, baja humedad del aire, material altamente combustible (las propias partículas vegetales), partes mecánicas móviles con riesgo de sobrecalentamiento, etc. Debido a dichas condiciones, entre el 30 y el 60% de las cosechadoras ha sufrido algún conato de incendios a lo largo de su vida útil. En el caso de las empacadoras, entre el 21 y el 37% han sufrido algún incendio. En otras palabras, el riesgo es muy patente y probablemente deberían tomarse más medidas de prevención, como la promoción de sistemas automáticos de detección, extintores manuales y sistemas de extinción automática de incendios tanto en la nueva maquinaria como en la ya existente.

Nos gustaría finalizar este prólogo con un último comentario. Resulta evidente que estas investigaciones y el trabajo de grupos como los autores de este trabajo en la Universidad Pública de Navarra y la Universidad de Zaragoza es clave para la seguridad y la sostenibilidad de un sector tan importante como la agricultura, tanto en nuestro país como fuera de nuestras fronteras. Por ello, el apoyo a este campo de la investigación aplicada debería ser prioritario y permanente. Hace pocas semanas tuvimos conocimiento que el trabajo en la UPNA que ha sido la base para la primera parte de este documento no podrá continuarse y solicitamos a las universidades y, sobre todo, a las administraciones públicas competentes autonómicas y estatales (consejerías y ministerios de agricultura y de seguridad y salud en el trabajo) a que habiliten líneas de apoyo estables para preservar todo este conocimiento y experiencia y que ellos redunde en la mejora de la seguridad de los trabajadores del sector agrícola y de nuestros entornos naturales.

Antonio Guzmán Córdoba
Director del Área de Seguridad Vial, Salud y Prevención de Fundación Mapfre

RESUMEN

SINIESTRALIDAD DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA 2010-2023

A petición de la Fundación MAPFRE, el presente informe ha sido elaborado por el grupo de investigación de Mecatrónica Agraria de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) y es una actualización del trabajo 'SINIESTRALIDAD, MORTALIDAD AGRÍCOLA, VUELCOS DE TRACTORES E INCENDIOS EN COSECHADORAS 2010-2019' (Fundación Mapfre, 2020). En esta ocasión, el trabajo se ha centrado exclusivamente en la siniestralidad del sector agrario relacionada con la maquinaria agrícola.

De acuerdo con los datos de siniestralidad, el informe se basa en la información recogida en los medios de comunicación sobre un total de 1 620 fallecidos en accidentes mortales registrados en el sector agrario en España desde 2010 al 2023 (ambos incluidos). La mayoría de los accidentes (1 407) estuvieron relacionados con la maquinaria agrícola y, en concreto, 777 se debieron a vuelco de tractor. Tras varios años de estudio, desde el grupo de investigación de Mecatrónica Agraria de la UPNA, se ha constatado que los datos oficiales de siniestralidad laboral del sector agrario se alejan mucho de la realidad, ya que arrojan unos resultados de siniestralidad muy por debajo de la cifra real. Este hecho aporta una falsa imagen de seguridad laboral y enmascara un problema existente en este sector. Los siniestros mortales son los que tienen una mayor repercusión en los medios, apareciendo solo en menor medida los siniestros con resultado de heridos. Con la recopilación de estos siniestros mortales y el análisis y estudio de las noticias que los describen, se ha realizado un análisis estadístico que busca sectorizar los siniestros creando agrupaciones en función de distintos factores como el lugar donde se produce el siniestro, en qué circunstancias, qué máquina o elementos intervienen en el mismo, etc. El objetivo final es visibilizar los factores de riesgo presentes con mayor frecuencia en los siniestros mortales. Se busca dar una visión global y mostrar un problema que no se percibe en el conjunto de la sociedad, ya que las noticias constituyen un goteo constante que la mayoría de las veces únicamente aparece en los medios de comunicación regionales. Según los datos recogidos en este informe, la edad media de los fallecidos ha sido de 59,8 años, siendo la franja de edad de 76 a 80 años donde se alcanza el máximo y siendo la mayoría hombres. En lo que se refiere a las variables relacionadas con la temporalidad, el

mes de mayo, los lunes y martes, y entre las 16:00 y 18:00 horas son las categorías que aparecen con más frecuencia. Entre las variables de uso, el trabajo realizado en la parcela, y cuando se usa el tractor, son las categorías más frecuentes. Y, si nos fijamos en las variables relacionadas con la localización, en este caso destacan La Coruña, como provincia con mayor número de accidentes registrados. La causa más frecuente, según los datos recogidos, es la imprudencia. Respecto al número de fallecidos, la media anual ha sido de 116 en el periodo de tiempo estudiado. En más de 100 siniestros intervino alguna máquina agrícola y, en concreto, el tractor es el responsable de 82 muertes anuales, 56 de ellos por vuelco (uno cada semana). En este caso, el 90% de los tractores no contaba con una estructura de protección al vuelco (ROPS) o llevaba el arco de seguridad abatido. La salida de vía, realizando labores de transporte y con el remolque, es la principal causa de vuelco, sobre todo en caminos y carreteras, aunque casi la mitad de los vuelcos se producen en las parcelas agrícolas. En el caso de los siniestros mortales de circulación, predominan las colisiones o alcances en los que están implicados un coche o furgoneta y un vehículo agrícola.

RIESGOS DE INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS

El análisis del riesgo de incendios en máquinas agrícolas ha sido elaborado partiendo de los contenidos existentes en esta temática en el Informe “Siniestralidad, mortalidad agrícola, vuelcos de tractores e incendios en cosechadoras 2010-2019” (Fundación Mapfre, 2020) publicado por Fundación Mapfre. En este análisis, desarrollado por el Laboratorio de Maquinaria Agrícola e Industrial de la Universidad de Zaragoza (LAMAGRI), se analizan los riesgos de siniestralidad debidos a incendios generados por cosechadoras de cereal y empacadoras durante su trabajo en parcela, añadiendo a los datos ya recogidos en el anterior informe correspondientes a cosechadoras, nuevos datos para el caso de empacadoras. Para ello, se realiza un análisis de las características del parque de maquinaria y, posteriormente, en base a estudios experimentales, encuestas a usuarios y datos bibliográficos, se identifican las zonas de riesgo de las cosechadoras y empacadoras y se cuantifica el nivel de riesgo en base a la medida de temperaturas en diferentes zonas de las máquinas. Finalmente se proponen medidas correctoras para reducir al máximo el riesgo de incendio.

En relación con las cosechadoras, las zonas de mayor riesgo, en base a los estudios realizados por LAMAGRI, son el motor y la salida de gases (32%), seguido de la barra de corte (31%). Otras zonas destacables en el origen de incendios son los rodamientos y correas (18%) y causas eléctricas (9%). El 10% restante pertenecen a otras zonas de la máquina (alternador, frenos, picador, etc.). En el caso de empacadoras los puntos críticos son los cojinetes (32,5%), embrague (25%), pick-up (22,5%) y la transmisión de la toma de fuerza (10%). El 10% restante pertenece a otras zonas de la máquina (cableados de sistemas eléctricos, etc.).

Las cosechadoras con mayor riesgo de incendio son aquellas con más de 6 000 ha acumuladas, potencia de 286 CV, antigüedad media de 15 años y que trabajan una media de 548 ha/año. Considerando las empacadoras, el principal parámetro relacionado con el riesgo de incendios fue el número total de pacas acumuladas por la máquina.

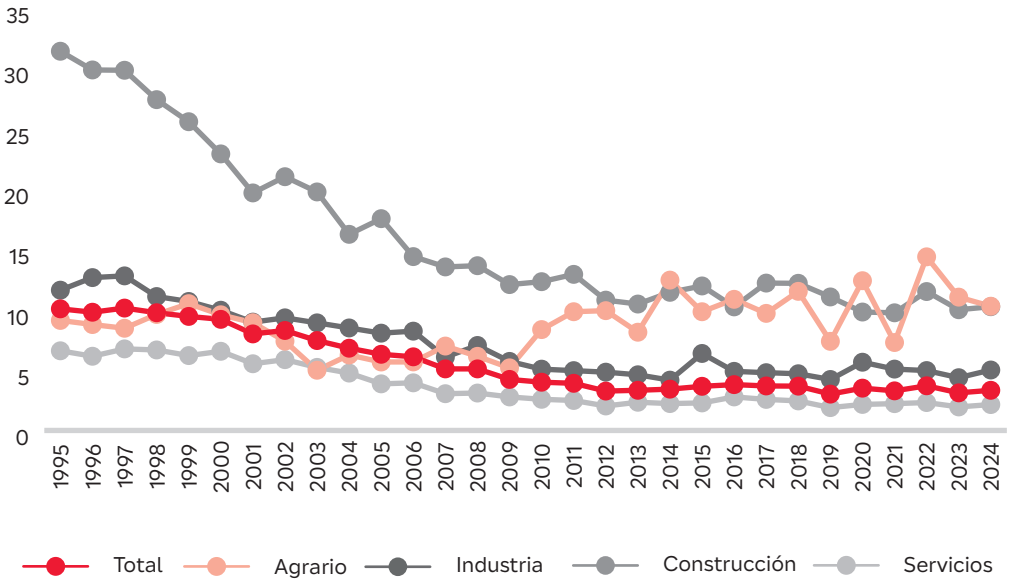
1

SINIESTRALIDAD DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

1.1. INTRODUCCIÓN

El sector agrario es considerado en España un sector con baja siniestralidad. Esta imagen se desprende de las estadísticas oficiales de siniestros laborales. Ya Menéndez-Pidal en 1953 indicaba que, con frecuencia, pero con error, se ha creído que los siniestros del trabajo en la agricultura eran escasos o revestían poca gravedad (Jarén *et al.*, 2018). Hoy en día sigue siendo habitual considerar que el sector agrario es un sector con baja siniestralidad. Sin embargo, nada más lejos de la realidad, como lo han dejado reflejado algunos trabajos previos (Mangado, 2006; Arana *et al.*, 2010; Mayrhofer *et al.*, 2013; Mangado *et al.*, 2019; López Gallego, 2017). De hecho, si observamos el índice de incidencia por sectores desde 1995 (Figura 1), año de publicación de la Ley 31/1995 de Prevención de riesgos Laborales, podemos observar que el único sector que no ha mejorado, incluso ha empeorado, es el sector agrario. Hasta el sector de la construcción que partía del peor índice, ha bajado 21,15 puntos, de 31,4 en 1995 a 10,25 en 2024. El sector agrario tuvo su mejor índice en 2003 (5,0) y el peor en 2022 (14,38).

Figura 1. Índices de incidencia de accidentes de trabajo mortales en jornada (Elaboración propia a partir de datos del MITES).



El artículo 156 del texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social (BOE, 2015) define como accidente de trabajo toda lesión corporal que el trabajador o trabajadora sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que se ejecute por cuenta ajena. Por lo tanto, quedan fuera de las estadísticas oficiales todos los siniestros sufridos por las y los trabajadores agrarios por cuenta propia que no cotizan por siniestros laborales, puesto que esta cotización es voluntaria. También quedan fuera de la estadística los siniestros que sufren los familiares de estos que muchas veces les ayudan en situaciones puntuales de trabajo, los siniestros que sufren las personas jubiladas y aquellas que, sin tener la actividad agraria como actividad principal, disponen de un huerto o una pequeña explotación agraria que atienden compaginando esta actividad con su ocupación principal. Todas estas personas cuyos siniestros no son incluidos en la estadística hacen que la información de siniestralidad no sea representativa del sector (Mangado *et al.,* 2019).

Aunque los organismos internacionales recomiendan no usar el término “accidente”, ya que implica que esos incidentes con lesiones no son predecibles ni prevenibles, en este informe se mantiene su uso, ya que la legislación vigente (BOE, 2015) así lo contempla.

Por último, existe otro factor que enmascara aún más la siniestralidad en el sector, y es que los siniestros de tractores y máquinas autopropulsadas en carreteras y caminos suelen incluirse como siniestros de circulación, y no como siniestros laborales del sector agrario. Lamentablemente, a partir de 2014 se modificó la reagrupación de los datos que proporciona la DGT en una sola categoría denominada ‘máquinas de obras y agrícolas y tractores agrícolas’ con lo que ya no es posible extraer información sobre los siniestros de tractores de dichos anuarios (Arnal *et al.,* 2017).

El sector agrario tiene una serie de características intrínsecas que incrementan el riesgo de siniestro de sus trabajadores y trabajadoras. De ellas, las más destacables son:

- La enorme variedad de tareas a realizar.
- El empleo de distintas tecnologías y maquinaria.
- Trabajo al aire libre con los consiguientes factores ambientales variables.
- La urgencia con la que en muchas ocasiones se realizan las tareas.
- Trabajo habitualmente en solitario, aislado y muchas veces alejado de los puntos de atención sanitaria.
- Aplicación menos eficaz de medidas de prevención que en otros sectores como el industrial.
- Distribución variable de los tiempos de trabajo, alternando valles y picos de trabajo, que provocan una presión temporal ya que se deben realizar las tareas en un tiempo limitado, dependiendo de factores ajenos como el clima, plagas etc.
- La temporalidad propia del sector, con mano de obra contratada en los momentos de máxima carga de trabajo.

Todas estas características suponen factores que incrementan los riesgos y que afectan en mayor medida a las y los trabajadores agrarios por cuenta propia cuyos siniestros no se consideran siniestros laborales.

El objetivo general de este informe es obtener una visión más real de la siniestralidad en el sector agrario, más concretamente de los accidentes mortales relacionados con la maquinaria agrícola. Para ello, además de la cuantificación de los mismos, se han analizado los factores de riesgo más repetidos en los siniestros mortales ocurridos en este sector, con las máquinas agrícolas, en España, entre los años 2010-2023, ambos incluidos.

1.2. METODOLOGÍA

1.2.1. Fuente de datos

Desde el año 2004, el Grupo de Investigación “Mecatrónica Agraria”, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Biociencias de la UPNA, ha ido recogiendo las noticias que aparecen en los medios de comunicación referentes a los siniestros mortales en el sector agrario, principalmente los relacionados con el tractor agrícola. En los primeros años, las fuentes eran principalmente la prensa escrita. Sin embargo, en los últimos años la principal fuente de información ha sido la prensa digital.

A continuación, se amplió la búsqueda a la siniestralidad en el sector agrario en su concep-to más amplio, incluyendo todo tipo de siniestros, mortales o no, relacionados con cualquier causa o factor. Esto unido a la facilidad de acceso a muchas hemerotecas a través de internet y al uso de buscadores especializados, ha supuesto un importante aumento del número de noticias publicadas en distintas páginas web a las que hemos podido acceder.

Por otra parte, también se han recogido los datos oficiales de siniestralidad en el sector agrario procedentes de la información que anualmente publica el Ministerio con competencias laborales (actualmente Ministerio de Trabajo y Economía Social, MITES, 2025). Es importante recalcar, una vez más, que este estudio se ha realizado a partir de datos no oficiales y que nos hemos centrado en los siniestros mortales, ya que son este tipo de siniestros los que principalmente se registran en los medios de comunicación. A partir de ahí, aplicando la teoría de la pirámide de Heinrich (Lecca *et al*., 2013), estimaremos el número de heridos graves y leves que se producen en el sector agrario.

Así, veremos qué relación hay entre los accidentes graves y mortales, y le aplicaremos ese mismo índice al dato de accidentes mortales recogidos en los medios de comunicación con el objetivo de estimar los accidentes graves. Además, se realizará el mismo proceso para los accidentes leves. Después, compararemos los datos medios de los 14 años con los datos oficiales de siniestralidad laboral.

Índice = Número total de accidentes graves o leves / Número total de accidentes mortales

Número total de accidentes graves estimados a partir de los datos recogidos en los medios de comunicación = Número total de accidentes mortales x $\text{Índice}_{\text{grave}}$

Número total de accidentes leves estimados a partir de los datos recogidos en los medios de comunicación = Número total de accidentes mortales x $\text{Índice}_{\text{leves}}$

Cabe destacar que partimos de la idea de que no hemos conseguido recoger todos los siniestros, especialmente en los primeros años de estudio, ya que actualmente existen muchos más medios digitales que cuando se comenzó a recopilar la información. Además, no todos los siniestros aparecen en los medios de comunicación y, en algunas comunidades autónomas, sus medios de comunicación se interesan más por este tipo de noticias que en otras.

Otro hándicap de las notas de prensa sobre los accidentes mortales es que algunos de ellos, se publican en un principio, indicando que su consecuencia es 'herido grave'. Estos, además, tienen menor relevancia en prensa que los mortales y, muchos de ellos, no se publican. En ocasiones, ese herido grave fallece varios días o semanas después como consecuencia de aquel accidente, pero al haber pasado un cierto tiempo desde que ocurrió el mismo, esa muerte no suele generar noticia y no se publica, salvo excepciones.

En cuanto a la información que se ofrece en los medios de comunicación, en algunos casos, los menos, se aportan detalles del siniestro y de la persona accidentada que nos pueden ayudar a entender lo que ha ocurrido. Pero en la mayoría de los casos, la inmediatez con la que se da la noticia no ha permitido aun la investigación del accidente y los datos que se aportan de los siniestros no aclaran lo que realmente ha sucedido. En esos casos, las noticias se limitan a informar que *"una persona ha fallecido en un siniestro con su tractor mientras realizaba labores agrícolas*", indicando la hora a la que se ha dado aviso al 112 del siniestro y de los medios que se han movilizado, bomberos, ambulancia, etc.

Otras noticias dan descripciones del siniestro escasas o confusas, no pudiendo obtener la información suficiente para poder conocer o deducir las causas que han propiciado al siniestro. Otras veces, diferentes medios de comunicación cubren el mismo siniestro y dan versiones distintas de cómo ha ocurrido el mismo.

La lectura e interpretación de las reseñas que informan de los siniestros plantea, además del problema de la falta de información en muchas de las noticias, la gran variabilidad de siniestros y de factores que intervienen. Esto no es más que un reflejo de una de las características de las y los trabajadores del sector agrario: las muchas tareas diferentes que desarrollan durante la realización de los trabajos que le son propios.

Aun considerando todos los puntos anteriores que dificultan el análisis de los siniestros, el número de noticias que cubren siniestros mortales es de tal magnitud que se pueden sacar conclusiones relevantes que informan de los factores de riesgo que intervienen con más frecuencia en los mismos.

Todos los siniestros son diferentes, siendo los accidentes mortales con maquinaria agrícola los más numerosos y en los que podemos encontrar más factores de riesgo comunes. Para ello, tras la búsqueda y localización de las noticias de cada uno de los siniestros que hemos registrado, se ha realizado un intento de confirmación de la noticia, comparando las distintas fuentes o incluso investigando en la medida de lo posible el siniestro. Una vez realizada esa labor, se ha ido conformando una base de datos en la que se han recogido los siguientes datos: fecha, hora, edad y sexo de la persona o personas siniestradas, resultado (muerto, grave, leve o ileso), lugar (municipio y provincia), tipo de siniestro, causas del mismo, labor que estaba realizando, si estaba sola o no, máquinas o vehículo/s implicado/s, presencia o no de cabina en el caso de los tractores, causas de vuelco en ese tipo de siniestros y otros detalles significativos que pueda reflejar la noticia.

1.2.2. Análisis de las noticias de siniestros

En primer lugar, se ha realizado una selección de todo el conjunto de siniestros registrados para estudiar únicamente los siniestros mortales, por las razones expuestas anteriormente. A continuación, se ha realizado un análisis general de estos, en primer lugar, su cuantificación total, comparando esos datos con los siniestros laborales mortales oficiales. En segundo lugar, se han analizado los factores de riesgo más recurrentes en estos siniestros. Así, se han obtenido y representado para todos los accidentados fallecidos su edad y sexo. Por otra parte, se ha analizado la distribución de los siniestros por meses, días de la semana y hora en la que se produjeron.

Para realizar un análisis más específico de los siniestros, en función de qué factores de riesgo están implicados en el mismo, se han seleccionado únicamente los siniestros acontecidos desde 2010 a 2023, de los cuales se ha buscado la máxima información, intentando descubrir cómo y porqué se han producido.

Hay que indicar que en muchos de los casos y por mucho que se indague en internet buscando distintos medios digitales que aclaren un siniestro, las reseñas en distintos medios son, muchas veces, repetición de la nota de prensa de las agencias de noticias, generalmente EFE o Europa Press, quedando muchos siniestros sin explicar a no ser que el medio de prensa local infor-me con más detalle sobre el mismo.

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.3.1. Datos globales de siniestralidad y comparación con los datos oficiales del MITES

Tal y como se ha comentado en el apartado 1.2, la primera operación realizada con los datos ha sido seleccionar los siniestros mortales en los catorce años objeto de estudio. De los 2 973 siniestros recogidos, un total de 1 620 han sido mortales, lo que supone una media de 116 fallecidos al año en accidentes en el sector agrario. Esta proporción entre total de accidentes y accidentes mortales, no es normal y se atribuye al hecho de que, tal y como se ha comentado, los medios de comunicación suelen recoger preferentemente los siniestros mortales. Sin embargo, a partir de los datos oficiales del MITES podemos calcular unos índices y estimar los siniestros graves y leves, tal y como se ha indicado en el Apartado 1.2. Los datos oficiales que publica el MITES del sector agrario, así como los datos de incidencias mortales recogidos en los medios de comunicación y los graves y leves estimados, los podemos ver en la Tabla 1. Se ha obtenido un índice entre accidentes graves y mortales del MITES de 11, frente a los 10 que estimó Heinrich (Índice H), lo que nos permite estimar en 17 041 los accidentes graves, con una media de 1 217 por año. Respecto a los accidentes leves, el índice que hemos obtenido ha sido de 673, frente a los 600 del Índice H. Al estimar estos accidentes leves, resultan un total de 1 090 732 en los 14 años, con una media de 77 909 por año. Como podemos ver, los índices de Heinrich se aproximan bastante a los obtenidos a partir de los datos del MITES.

Tabla 1. Datos de siniestralidad del MITES y de los medios de comunicación (MMCC) (2010-2023).

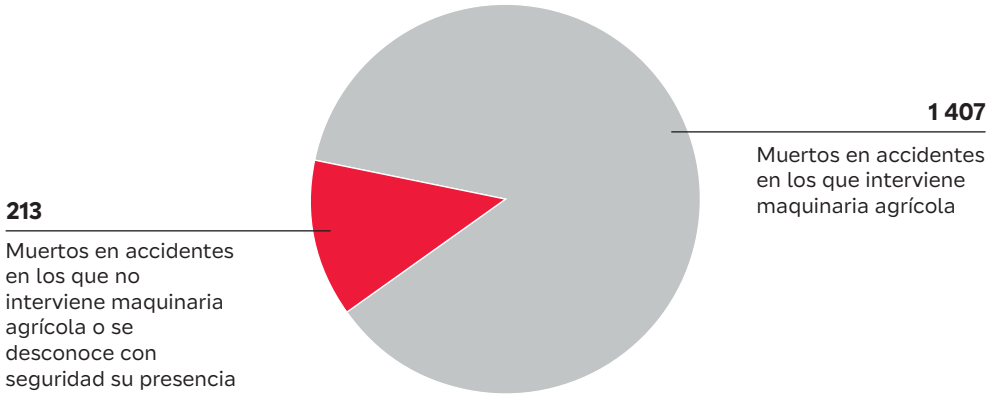
Fuente	MITES		INDICES		MMCC		MITES/MMCC
	Total	Media	MITES	Heinrich	Total	Media	%
Mortal	474	34	1	1	1 620	116	29
Grave	4 986	356	11	10	17 041*	1 217*	29
Leve	319 140	22 796	673	600	1 090 732*	77 909*	29

* Valores estimados a partir del índice y del total de incidentes mortales recogidos en los medios de comunicación

En la Tabla 1 también se puede ver que las estadísticas oficiales solo recogen el 29% de los incidentes. Esta diferencia se debe a que, como se ha comentado, las estadísticas oficiales solo recogen los siniestros laborales sufridos por las personas trabajadoras, tal y como están definidos en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Sin embargo, quedan fuera los siniestros sufridos por muchas trabajadoras y trabajadores agrarios por cuenta propia, los familiares del personal agrario que ayudan o acompañan en las tareas agrícolas, las personas menores de 16 años, las personas jubiladas y aquellas que no tienen la actividad agraria como su actividad principal (Mangado *et al*., 2019).

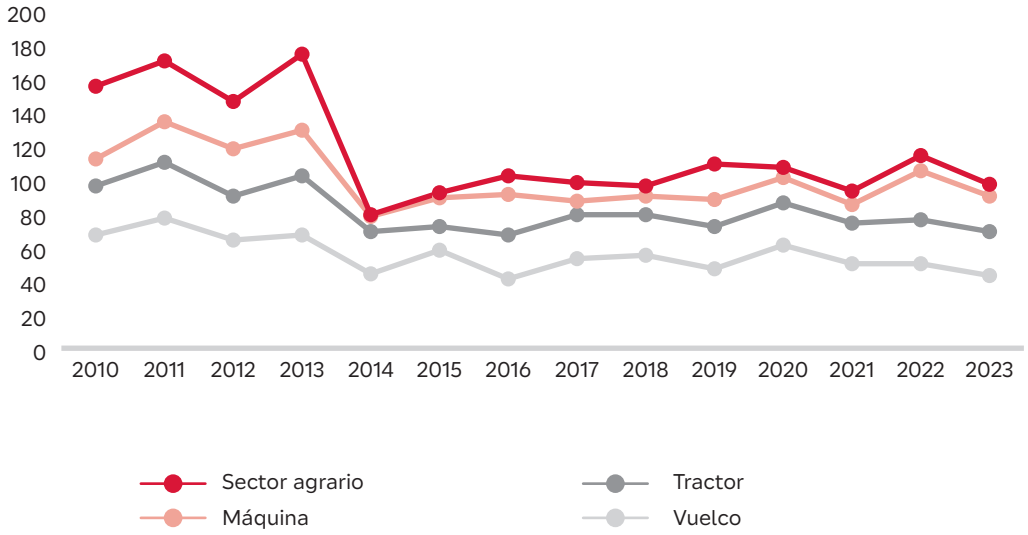
Si nos centramos en esos 1 620 accidentes mortales recogidos, en 1 407 de ellos, lo que supone un 87%, hay una máquina implicada (Figura 2).

Figura 2. Número de muertos en accidentes relacionados con el sector agrario (2010-2023).



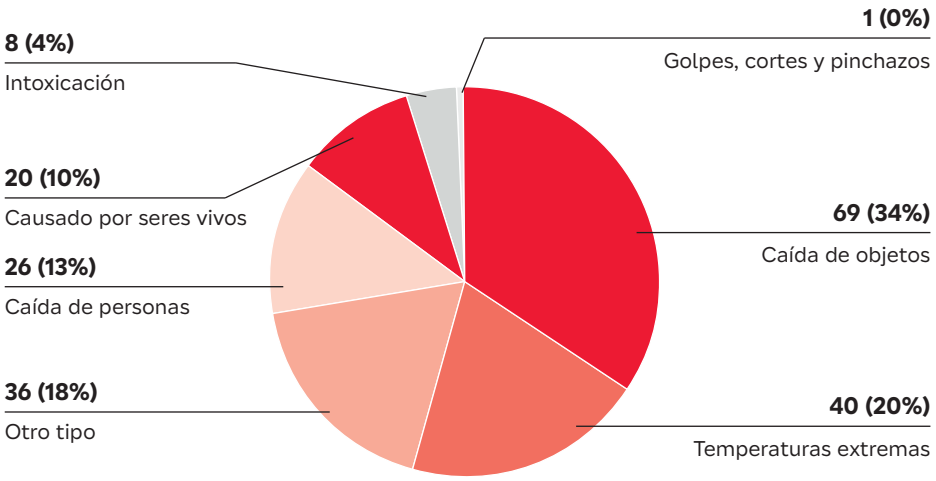
Si lo seguimos desagregando, resulta que en 1 141 accidentes (70%) esa máquina era en concreto un tractor y en 777 (48%) el accidente fue un vuelco. En la Figura 3 podemos observar la evolución del número de fallecimientos en el sector agrario (línea roja), en el sector agrario con una máquina implicada en el accidente (rosa), siendo esa máquina un tractor (gris oscuro) y los accidentes por vuelco (gris claro). Podemos ver que el máximo se registró en 2013 para el sector agrícola. Sin embargo, el máximo para los incidentes con máquinas, con tractor y por vuelco se registró en 2011.

Figura 3. Evolución del número de fallecimientos en siniestros relacionados con el sector agrario (2010-2023).



La Figura 4 muestra la causa principal de esos otros 213 siniestros mortales en los que no ha intervenido una maquinaria agrícola. Entre ellos podemos destacar los 69 (34%) producidos por caídas de objetos, los 40 (20%) por temperaturas extremas y los 26 (13%) por caídas de personas.

Figura 4. Número de fallecimientos según la causa de los accidentes mortales relacionados con el sector, en los que no interviene maquinaria agrícola (2010-2023).

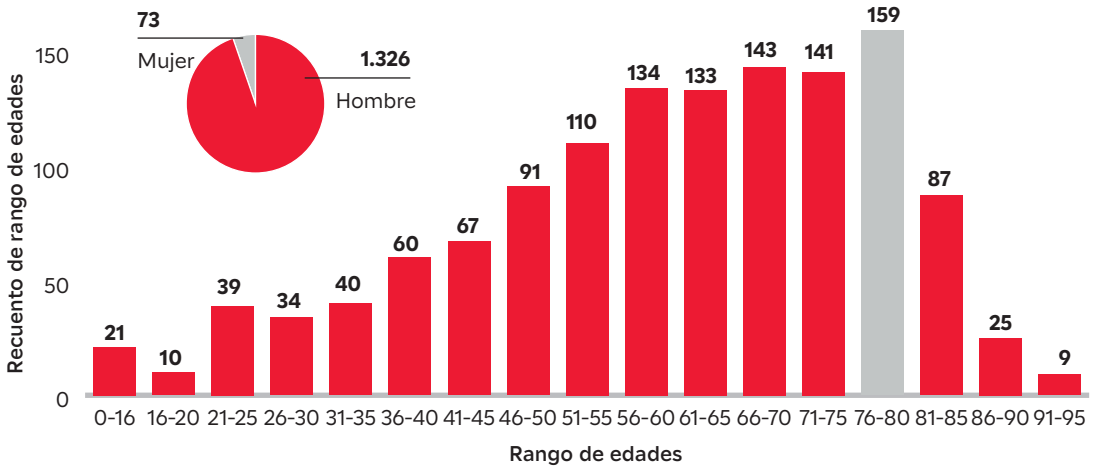


1.3.2. Edad y sexo de fallecidos

En la Figura 5 se puede observar el número de víctimas mortales en siniestros por grupos de edad, y sexo de la víctima. Se puede observar cómo más del 94% de las víctimas son hombres (1 326). De las 1 407 víctimas mortales, únicamente se dispone del dato de la edad

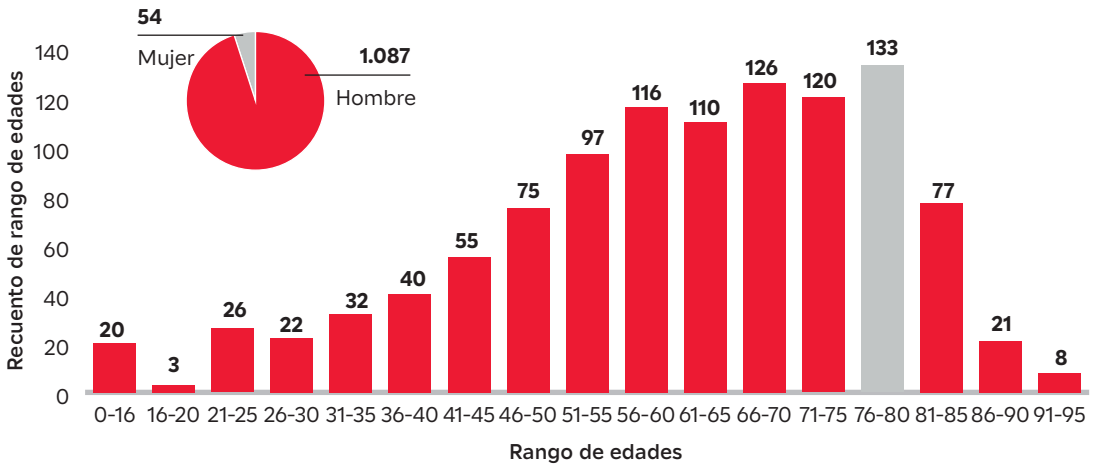
de 1 303 (93%) de ellos. En la Figura 5 se recogen las víctimas mortales agrupadas por franjas de edad. Se aprecia claramente que la mayoría de los accidentados son personas mayores de 65 años, así que muy probablemente estarían jubiladas. La edad más frecuente es la de los 60 años, con 45 fallecidos, siendo 59,8 la edad media de entre todos los fallecidos. De todos ellos, 564 (el 43,3%) son mayores de 65 años. Destacando la franja de edad entre 76 y 80 años como la que más accidentes mortales acumula, seguida muy de cerca por la de 66-70. También podemos observar 27 casos de menores de edad, 21 con menos de 16 años y otros 6 de entre 16 y 18 años. Las personas menores de 16 no pueden ser trabajadoras por lo que suelen ser acompañantes del familiar que está realizando las tareas.

Figura 5. Número de víctimas mortales en siniestros por grupos de edad, y sexo de la víctima (2010-2023).



Si realizamos la misma estadística, pero analizando solo la edad de las personas fallecidas con tractor (Figura 6), tenemos que la media se eleva a 61 años, y si descontamos los 20 menores de 16 años, que previsiblemente han muerto por ser acompañantes, tenemos que la media de edad de las personas fallecidas con tractor se eleva a 62 años.

Figura 6. Número de fallecidos en siniestros con tractores por grupos de edad, y sexo del fallecido (2010-2023).

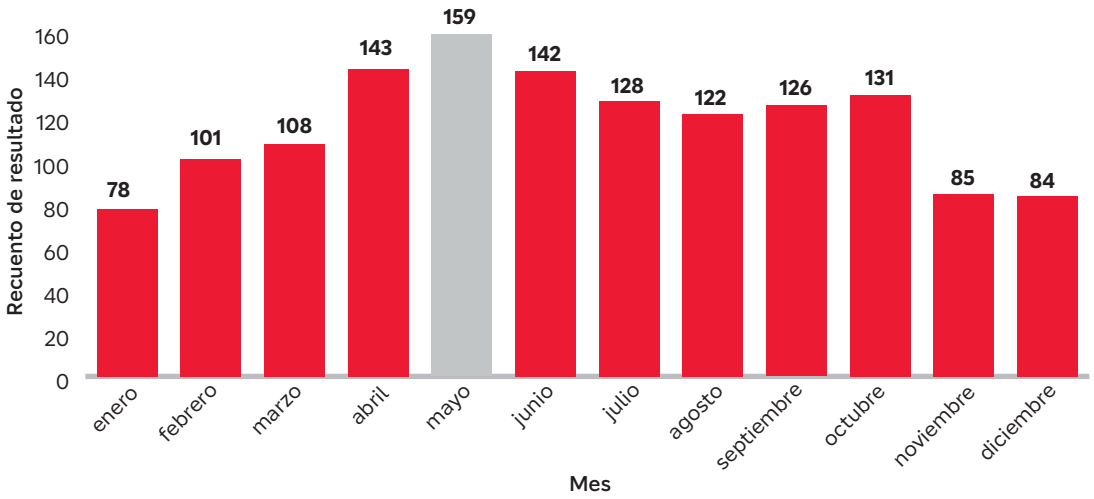


1.3.3. Mes, día de la semana y hora del siniestro

En la Figura 7 se muestran las personas fallecidas en siniestros distribuidos en los distintos meses del año. Los meses de otoño e invierno, en los que la duración del día y las condiciones meteorológicas limitan el tiempo de trabajo en el campo, son los meses en los que se recogen un menor número de siniestros, hasta un 20% menos que la media. En contrapartida, los meses de primavera y verano, en los cuales se realizan más labores en el campo, son los que más siniestros agrupan, hasta un 30% más que la media. Destaca mayo con 159 siniestros mortales causados por una máquina agrícola como el mes con un mayor número y, por el otro extremo, enero con tan solo 78 siniestros.

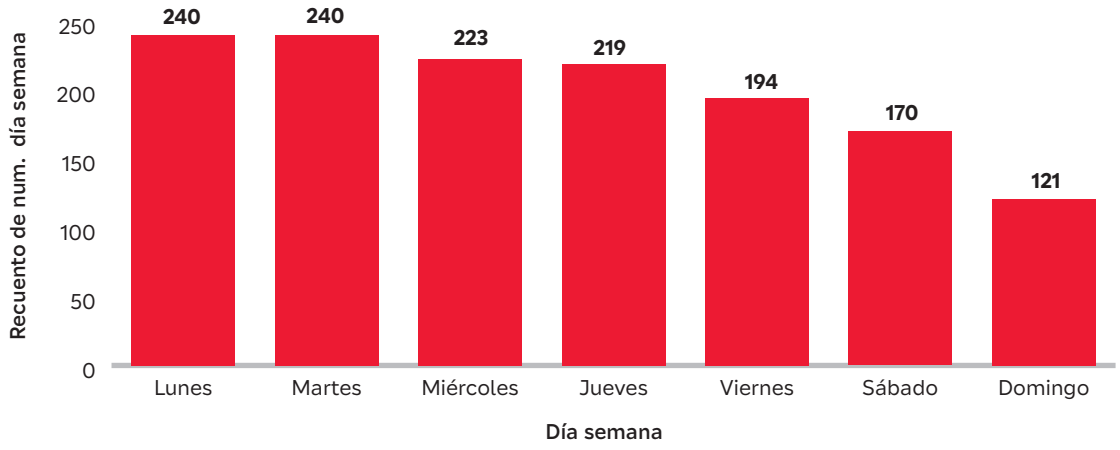
La parte final del verano y comienzo del otoño no responde a lo anterior. En agosto y septiembre, aunque el día es largo, las labores en el campo son menos frecuentes que los meses anteriores, ya que el campo reposa en espera de las lluvias; y en octubre se da ya un repunte de siniestros mortales, coincidiendo con el mes de preparación y siembra de los cereales de invierno.

Figura 7. Distribución mensual del número de fallecimientos en siniestro (2010-2023).



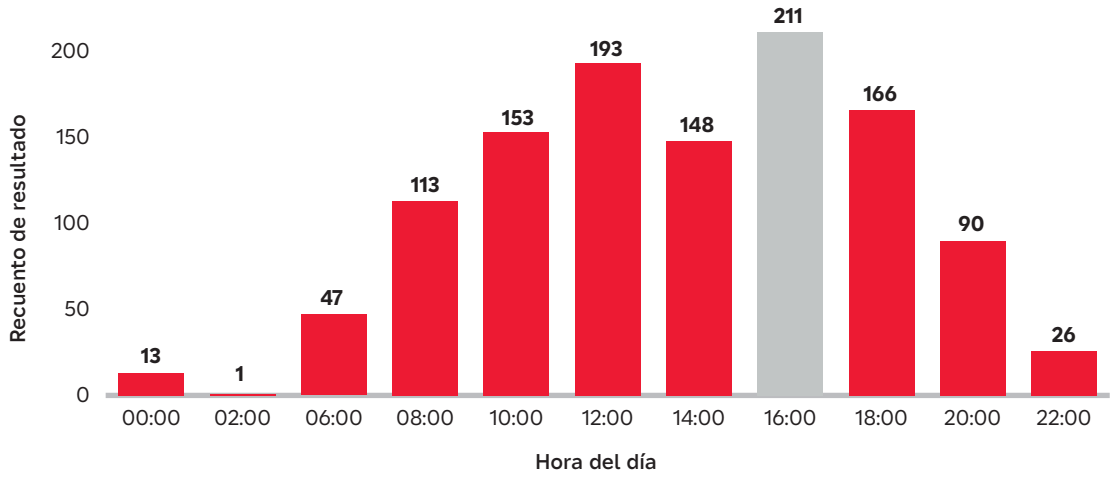
Respecto a la distribución por el día de la semana en el que se producen los siniestros (Figura 8) tenemos que los lunes y los martes, con 240 siniestros mortales cada uno, son los días con mayor número, aunque sin diferencias significativas con el resto de días laborales. Como era de esperar, el domingo con 121 siniestros (la mitad que el lunes o el martes), es el día que menos. Es de destacar que los fines de semana se mantiene la actividad laboral tanto en el sector ganadero como en el agrícola a tiempo parcial y, aunque hay menos incidentes que los días laborales, estos siguen siendo demasiado elevados.

Figura 8. Distribución semanal del número de fallecimientos en siniestro (2010-2023).



La Figura 9 presenta la distribución de los accidentes mortales relacionados con la maquinaria agrícola en diferentes franjas horarias a lo largo del día. En ocasiones, en la noticia se informa de la hora en la que ocurrió el accidente, por haber testigos, en otros casos, de la hora en la que se dio el aviso a los servicios de emergencia, especialmente al 112, y en otra, de la hora en la que se encontró el accidente. No de todos los accidentes recogidos, tenemos información de la franja horaria en la que se produjo. De aquellos que sí se indica, podemos ver que entre las 10:00 y las 20:00 horas se registra la mayor parte de los accidentes. Estas horas suelen ser las más activas del día en términos de trabajo agrícola, en las que las tareas como el laboreo, el transporte y el mantenimiento de maquinaria se realizan intensivamente, incrementando la exposición al riesgo. Dentro de esa franja horaria, destaca con un número considerable el tramo entre las 16:00 a 18:00. Esto representa un pico significativo en comparación con otras horas del día. Esta hora coincide con el final de la jornada laboral para la mayoría del personal agrícola. El cansancio acumulado, el sopor de después de comer, la prisa por terminar las tareas y el posible descenso de la atención pueden contribuir a este aumento en el número de accidentes. Le sigue la franja de 12:00 a 14:00 y podemos observar también, como entre esas dos franjas de máximos, se produce una disminución coincidiendo con la parada habitual para comer entre las 14:00 y las 16:00. Los accidentes mortales van disminuyendo a medida que nos vamos acercando a la noche, como es de esperar, pero incluso de 22:00 a 24:00 se han registrado 26 accidentes que pueden estar relacionados con la vuelta a casa o incluso con el momento en que se ha encontrado a la persona fallecida. Como era de esperar, las franjas horarias de la madrugada y las primeras horas de la mañana (0:00 a 6:00) presentan el menor número de accidentes. Esto es coherente con las prácticas agrícolas, ya que la mayoría de las actividades en el campo se realizan durante el día. Las horas nocturnas y tempranas se dedican principalmente al descanso y la preparación para la jornada laboral y, por ello, resultan extraños hasta los 14 registros de madrugada.

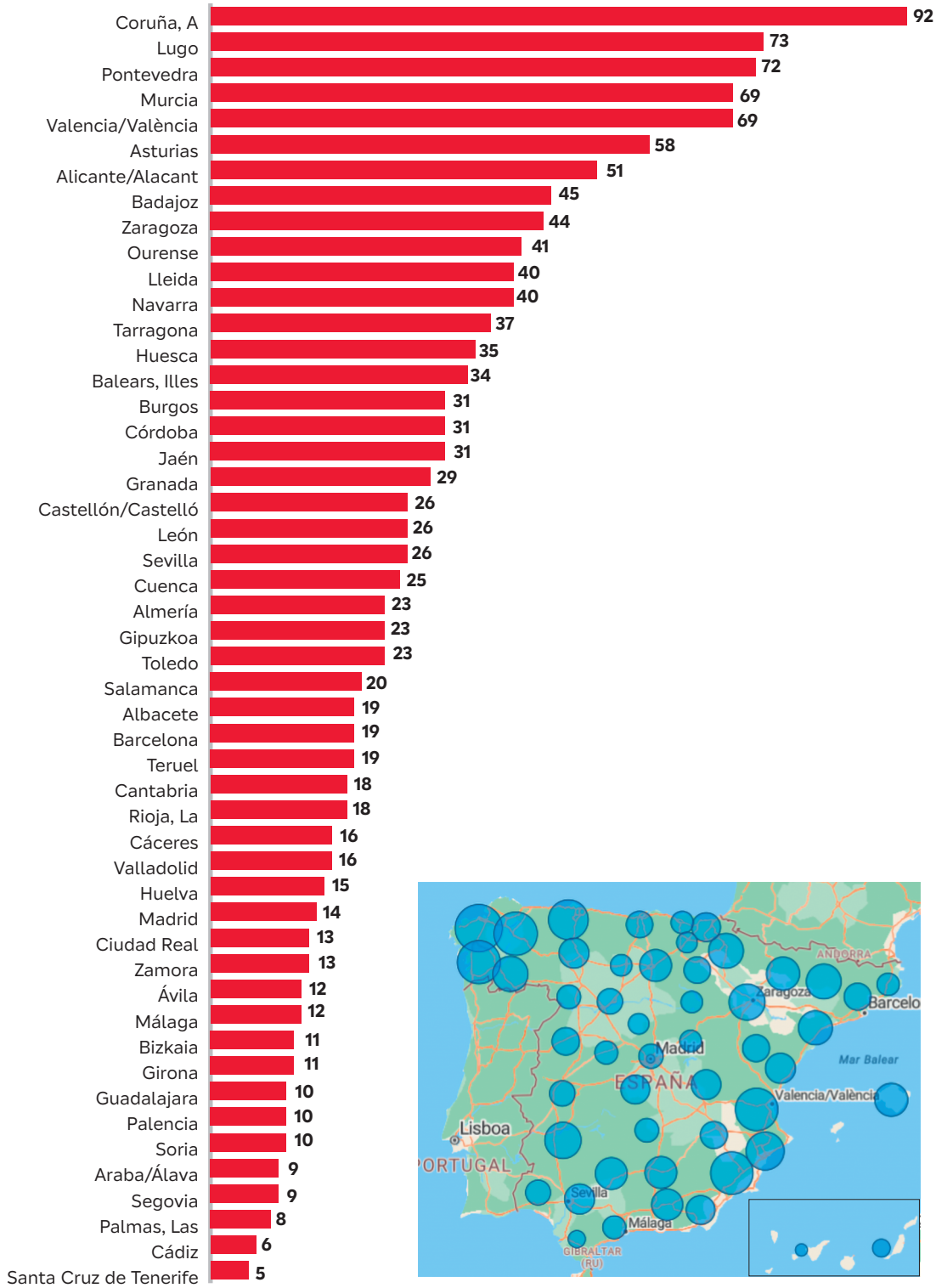
Figura 9. Distribución por franjas horarias de dos horas del número de personas fallecidas en siniestro (2010-2023).



1.3.4. Localización del siniestro

La distribución de las personas fallecidas recogidas por provincias se muestra en la Figura 10. Esta distribución revela algunas tendencias significativas relacionadas con las características de población agrícola, la orografía, la climatología y los cultivos típicos de cada región. Se pueden observar tres zonas con un mayor número de fallecimientos: la cornisa noroccidental (La Coruña, con 92 es la que más registros tiene, le siguen Lugo con 73, Pontevedra con 72 y Asturias con 58), el litoral Mediterráneo (Murcia y Valencia con 69 y Alicante con 51) y el valle del Ebro (Zaragoza con 45, Lérida y Navarra con 40 y Tarragona con 37).

Figura 10. Distribución por provincias del número de personas fallecidas en siniestro (2010-2023).

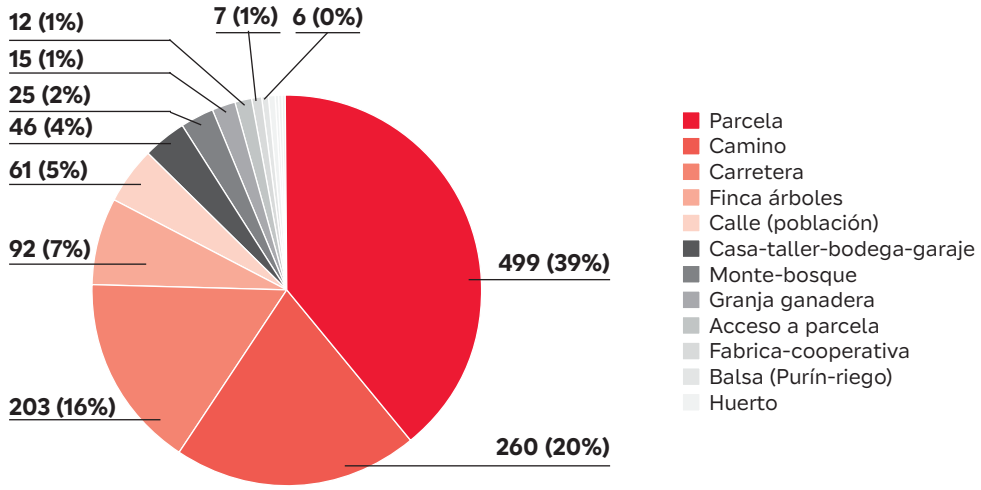


En la Figura A.1 del Anexo podemos ver esta misma distribución solo para el año 2023 en la que se observa que, más o menos, se mantiene la situación, aunque con ese ligero descenso que ya se ha puesto de manifiesto en la Figura 3. En la Figura A.2 podemos ver los resultados por Comunidades Autónomas, entre las que, salvando las diferencias en cuanto a población y superficie, destacan Galicia, Andalucía, Castilla León y la Comunidad Valenciana.

El predominio de fallecimientos en la cornisa noroccidental puede relacionarse con un modelo agrícola diversificado, caracterizado por una intensa actividad, especialmente en ganadería y en cultivos como el maíz, la patata y los forrajes, a menudo complementada con una viticultura de tipo heroico. En esta zona predominan las explotaciones familiares de pequeño tamaño y una orografía accidentada, con una combinación de áreas montañosas y costeras que generan un paisaje ondulado y, en ocasiones, abrupto. A ello se suman valles fértiles y rías que proporcionan suelos ricos y bien drenados, junto con un clima húmedo y lluvioso. La población rural, de edad avanzada (INE, 2022), mantiene una fuerte tradición agrícola y ganadera, pero trabaja con un parque de tractores envejecido, en el que predomina el mercado de segunda mano. Todos estos factores pueden contribuir al incremento del riesgo de vuelcos y otros accidentes con tractores (Jarén *et al*., 2022).

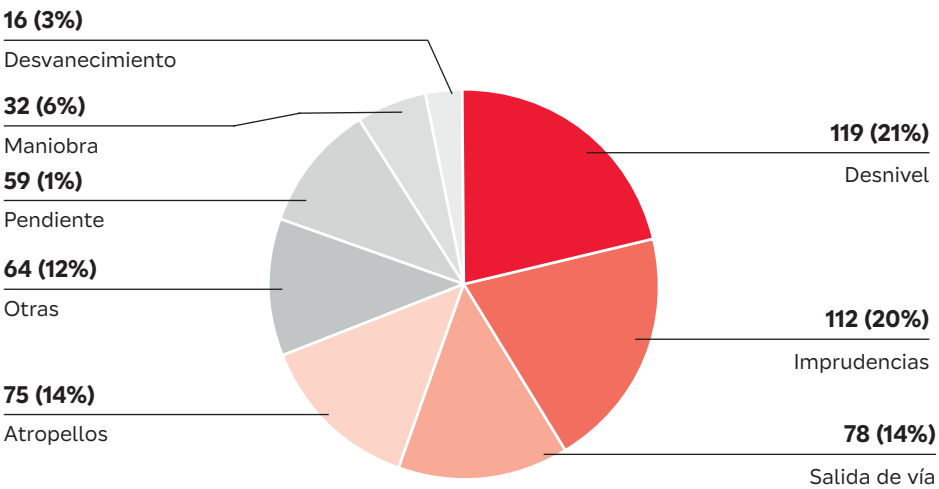
Si analizamos el lugar concreto del siniestro, tenemos esta información en 1 271 reseñas y los resultados los podemos ver en la Figura 11. En primer lugar, aparece la parcela, con un 39%. Esto era de esperar, ya que las parcelas son los lugares donde se realizan la mayoría de las actividades agrícolas, aumentando la exposición a riesgos. Le siguen los caminos con un 20% y las carreteras, con un 16%. Los traslados entre parcelas y otros puntos pueden implicar terrenos irregulares o pendientes, aumentando el riesgo de vuelco. Por su parte, la conducción en carreteras es peligrosa debido a la interacción con otros vehículos, la velocidad y los cruces. En un mínimo de 7% de los accidentes en la noticia se especifica que la parcela es de frutales. Un 5% han tenido lugar en las calles de alguna población, un 4% en casa, taller, bodega o garaje y, ya en un porcentaje menor, en el monte o en el bosque, en una granja ganadera, en los accesos a la parcela, en una fábrica o cooperativa, etc.

Figura 11. Lugar donde se produce el siniestro con maquinaria agrícola implicada (2010-2023).



Si ahondamos en ese 39% de accidentes ocurridos en las parcelas (Figura 12), podemos ver que la primera causa es la presencia de un desnivel (21%), que engloba situaciones como taludes, caídas por terraplén o desnivel. Este resultado refuerza el papel determinante de la orografía del entorno de trabajo, especialmente en parcelas con pendientes, lindes mal definidas o caminos agrícolas estrechos, donde el margen de error es reducido y el riesgo de pérdida de estabilidad del conjunto tractor-apero es elevado. En segundo lugar, con un porcentaje muy similar, se sitúan las imprudencias (20%), que reúnen un amplio abanico de conductas inseguras, como transportar acompañantes, bajar del tractor en marcha, tra-bajar sin calzar el equipo, emplear aperos no adecuados o permitir la presencia de personas alrededor del vehículo. Este elevado porcentaje evidencia que el factor humano sigue sien-do clave en la génesis de los accidentes y que muchas de estas situaciones son potencial-mente evitables mediante formación, concienciación y organización adecuada del trabajo. La salida de vía representa otra causa relevante (14%), generalmente asociada a la circula-ción por caminos rurales, pistas agrícolas o accesos a parcelas, a menudo en combinación con pendientes, maniobras incorrectas o exceso de velocidad. Los atropellos suponen tam-bién un 14% del total, incluyendo atropellos, autoatropellos y caídas del equipo seguidas de atropello. Este dato pone de relieve el riesgo que existe cuando se trabaja en presencia de otras personas, se realizan ajustes con el tractor en marcha o se circula con visibilidad limi-tada, especialmente en explotaciones familiares. Otros factores como maniobras (11%), pendiente (6%) y el grupo de otras causas (12%) completan el panorama, reflejando la com-plejidad de los escenarios de trabajo agrícola. Finalmente, los desvanecimientos (3%), aun-que minoritarios, recuerdan la influencia de factores personales como la edad, el estado de salud o la fatiga.

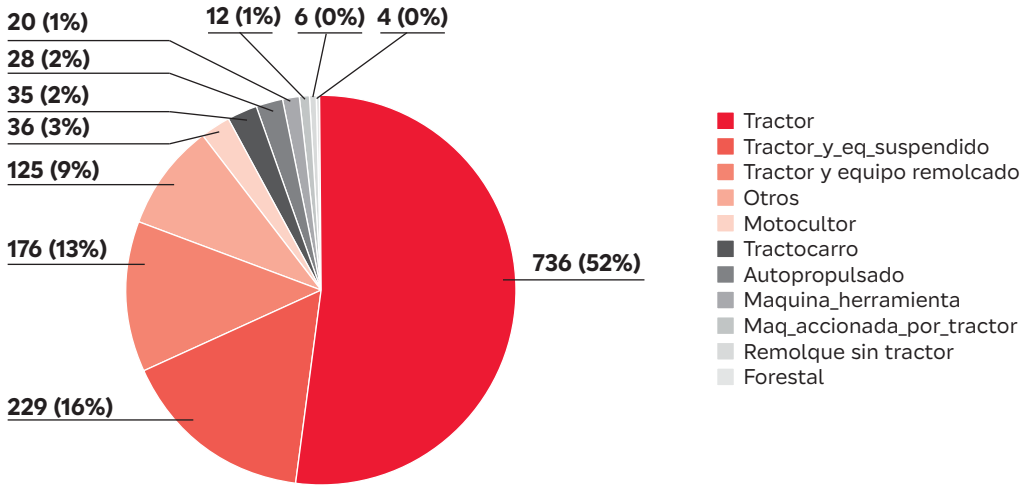
Figura 12. Distribución del número de accidentes mortales en parcela según las causas (2010-2023).



1.3.5. Vehículo implicado y tipo de siniestro

La Figura 13 muestra la distribución de los siniestros analizados en este informe según la maquinaria agrícola implicada en el accidente. Por abrumadora mayoría, el tractor con 1 141 siniestros (81,5% de los siniestros mortales con máquinas, y el 70,4% de los siniestros mortales registrados) es la máquina que se ve involucrada en un mayor número de siniestros mortales, de ahí que le dediquemos un poco de más atención. Aclarar que, el grupo de si-niestros en el que está el tractor incluye los siniestros provocados por el propio tractor, así como los siniestros provocados por los equipos suspendidos o remolcados por el mismo. Con el análisis de las reseñas de las noticias recogidas, no siempre se puede deducir claramente si ha sido el tractor o el equipo el causante del siniestro.

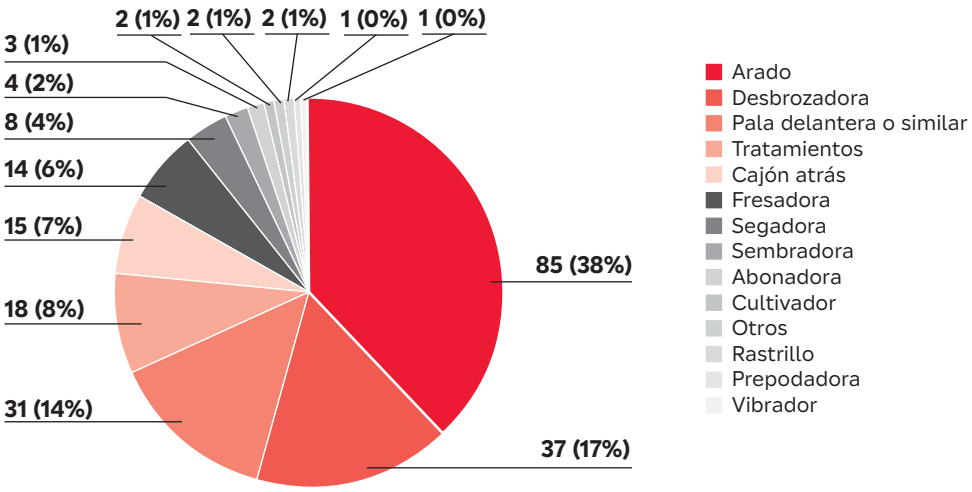
Figura 13. Distribución de los siniestros mortales según el vehículo implicado en el siniestro (2010-2023).



Al tractor le siguen con un mayor número de siniestros mortales el grupo "otros", el motocultor, los tractocarros, las máquinas autopropulsadas como las cosechadoras, herramientas, máquinas accionadas por al tractor como motobombas, remolques y, por último, la maquinaria forestal. En el caso del motocultor, se han registrado 36 siniestros (3%), siendo el vehículo agrícola que está presente en segundo lugar en los siniestros mortales (López-Maestresalas *et al*., 2024). Los tipos de siniestro que se dan con los motocultores son básicamente dos, el más frecuente es el atrapamiento del usuario. Este atrapamiento tiene dos versiones, el atrapamiento con el eje de azadas y el atrapamiento entre el motocultor y un obstáculo fijo, como un árbol o una pared, al maniobrar marcha atrás. La segunda causa es el vuelco, que se produce cuando el motocultor va circulando como un tractocarro (35 siniestros). A continuación, estarían las máquinas autopropulsadas como las cosechadoras, máquinas-herramienta, máquinas accionadas por el tractor como motobombas, remolques y, por último, maquinaria forestal. En el grupo "otros" (9%) se incluyen los siniestros mortales en los que interviene algún vehículo no incluido en ninguno de los grupos anteriores.

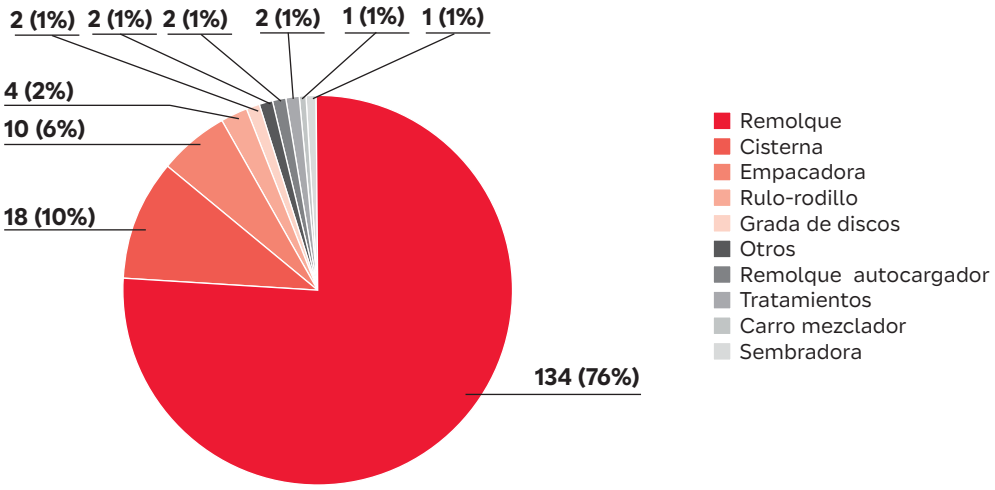
De los 223 casos en los que el tractor llevaba una máquina suspendida (Figura 14), en el 38% era un arado, en el 16% una desbrozadora, en el 14% una pala delantera o similar. En porcentajes inferiores al 10%, encontramos los casos en los que el tractor llevaba un equipo de aplicación de fitosanitarios (8%), un cajón trasero (7%), una fresadora (6%), u otras máquinas.

Figura 14. Distribución de los siniestros mortales con un tractor y un equipo suspendido (2010-2023).



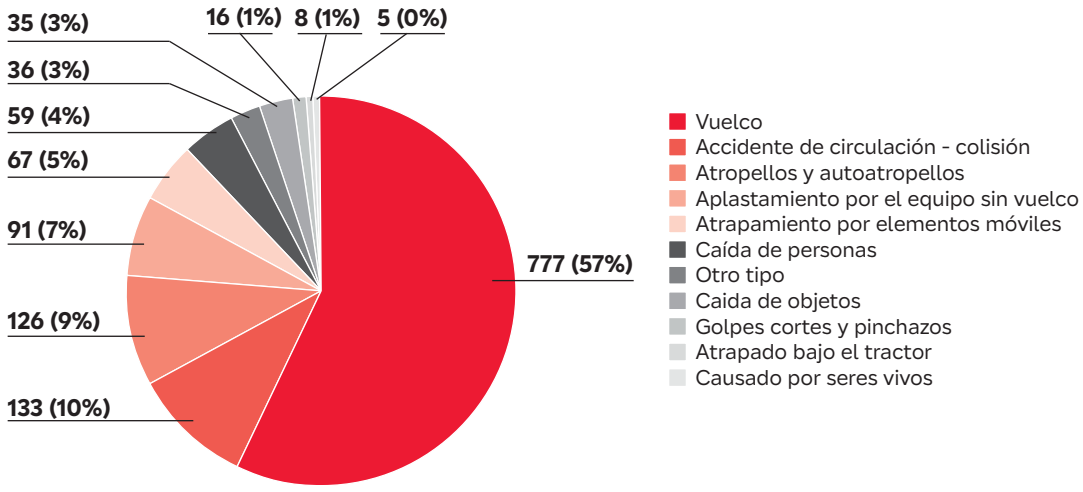
En cuanto a los siniestros con vehículos remolcados (Figura 15), destaca que en el 76% de los casos el tractor llevaba un remolque, en el 10% una cisterna, y en el 6% la empacadora, Los demás casos registrados se producen en menor proporción. Está claro que la combinación de tractores con equipos remolcados es especialmente peligrosa. Los vehículos remolcados, y especialmente cuando van con su carga máxima, como ocurre en épocas de cosecha o de aplicación de purines, añade complejidad al manejo del tractor. La falta de estabilidad, el mal estado de los frenos, el exceso de velocidad o la incorrecta conexión del remolque puede llevar a vuelcos y otros tipos de accidentes. Hay que recordar que, cuando un tractor circula con remolque, la velocidad máxima permitida es de 25 km/h, aunque el tractor pueda ir a más velocidad.

Figura 15. Distribución de los siniestros mortales con un tractor y un equipo remolcado (2010-2023).



Centrándonos nuevamente en los siniestros en los que está implicada la maquinaria, se realiza otra sectorización más, según el tipo de siniestro (Figura 16). Destaca claramente el vuelco, con un 57%, como el tipo de siniestro más frecuente entre los accidentes mortales con una máquina implicada, lo que nos da una media de unos 56 fallecimientos al año únicamente por esta causa. Esto supone un fallecimiento a la semana. De los 777 vuelcos, 731 son vuelcos con el tractor y el resto con otras máquinas (cosechadora, tractocarros, etc.). Dada la importancia de este tipo de accidentes, se profundizará en ellos más adelante.

Figura 16. Distribución de los siniestros con máquinas implicadas en función del tipo de siniestro (2010-2023).



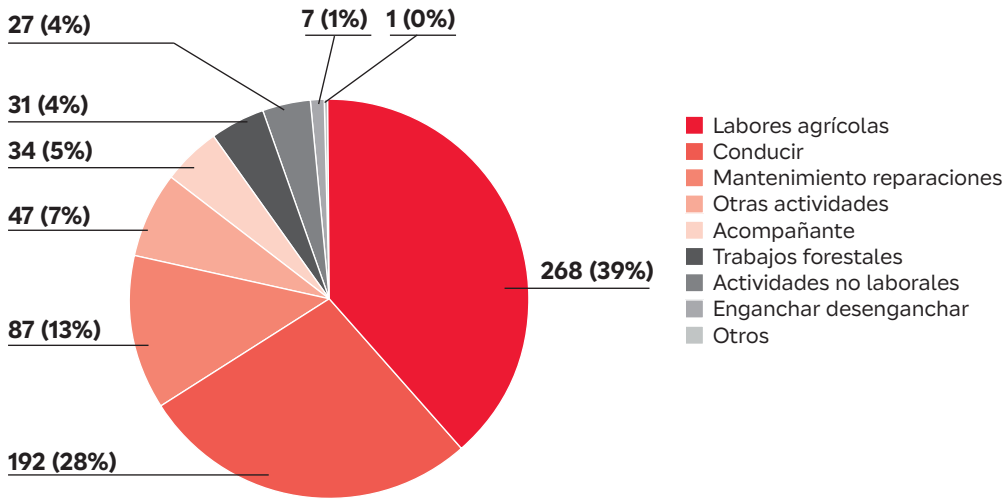
La siguiente causa más frecuente es la de accidente de circulación (10%), incluidas las colisiones entre el vehículo agrícola y otro, accidentes por alcance de otro vehículo y salida de vía. Le siguen los atropellos y autoatropellos (9%), lo que indica que la presencia de personas (trabajadoras o acompañantes) alrededor del vehículo conllevan un riesgo (Jaren *et al., 2024)*. En la mitad de los casos son atropellos y en la otra mitad, autoatropello. Los aplastamientos sin vuelco (7%) ponen en evidencia los peligros asociados con la manipulación de la carga o el uso inadecuado del equipo. Le siguen los atrapamientos por elementos móviles con un 5%, principalmente debidos a los atrapamientos por la toma de fuerza (Arnal *et al*., 2024) por acercarse demasiado cuando está accionada y no llevar las protecciones adecuadas o no estar estas en buenas condiciones. Las caídas de personas a distinto nivel suponen un 4%, muchas de ellas se producen al subirse o bajarse del tractor o de un remolque (Arazuri *et al.,* 2024-1, 2 y 3). Hay que recordar que para subirse y bajarse del tractor hay que hacerlo de cara, siguiendo la regla de los tres puntos de apoyo, y que, además, en el remolque no debe viajar ninguna persona. La situación se agrava muchas veces cuando la persona trabajadora que se va a subir utiliza como apoyo del pie los rodillos para tensar la lona usada para cubrir la carga de los remolques, ya que es un elemento de rotación libre. Al poner el pie, el rodillo gira y provoca la caída. Le siguen ya otras causas en menor porcentaje como las caídas de objetos, golpes, cortes o pinchazos, etc. Al profundizar en estos casos, se observa la necesidad de mejorar la formación e información en el sector agrario. Esta carencia ya fue detectada en el informe del INSHT (2016), en el que se pone de manifiesto que los niveles de formación de los trabajadores en este sector son inferiores a los

del total de actividades. El INSST (2022) incide en la importancia de la formación e información de los trabajadores del sector agrario para conseguir reducir su alta siniestralidad.

1.3.6. Trabajos que se estaban realizando

Los resultados del análisis de las noticias en función del trabajo que se estaba realizando, en el momento del incidente se representan en la Figura 17 para un total de 694 siniestros relacionados con el empleo de maquinaria agrícola en los que se especifica la misma. Destacar que el trabajo más frecuente en el total de los siniestros es la realización de alguna labor agrícola (39%), seguida de conducir (28%) y hacer labores de mantenimiento y reparación (13%). En un 7% de los accidentes se estaban realizando "otras actividades", tales como carga y descarga de material (36% de ellas), labores de limpieza (16%) pastoreo o manejo de ganado (8-9%), manejo de pacas o forraje (7%), molienda (7%), labores de inspección (5%), manejo de purines o de estiércol (5%), etc.

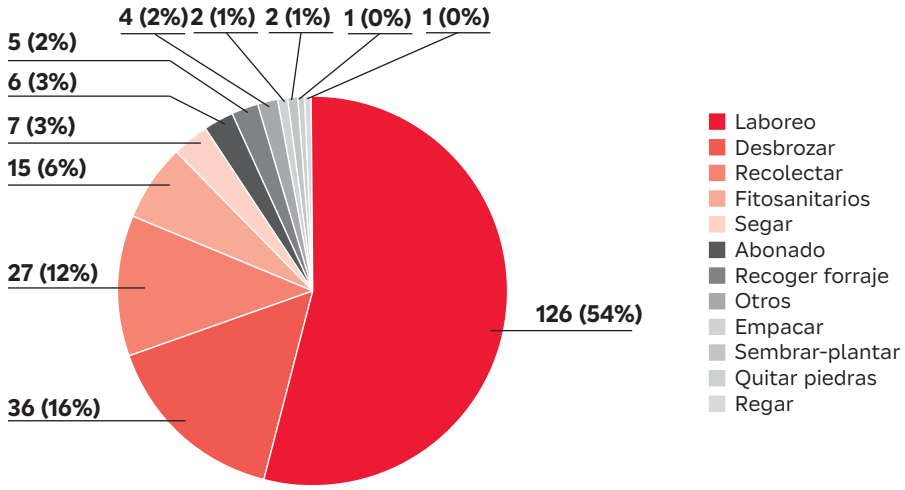
Figura 17. Trabajo que se estaba realizando con la maquinaria en el momento del siniestro (2010-2023).



Y ¿qué hacían ese 4% que aparecen en la Figura 17 que estaban realizando actividades no laborales? Indagando en esos siniestros, se constata que un 69% estaba paseando, un 12% de romería y eventos similares, un 4% cazando y otro 4% jugando, estos últimos todos ellos niños y niñas menores de edad que se encontraban encima de la máquina o en sus proximidades en el momento del incidente mortal.

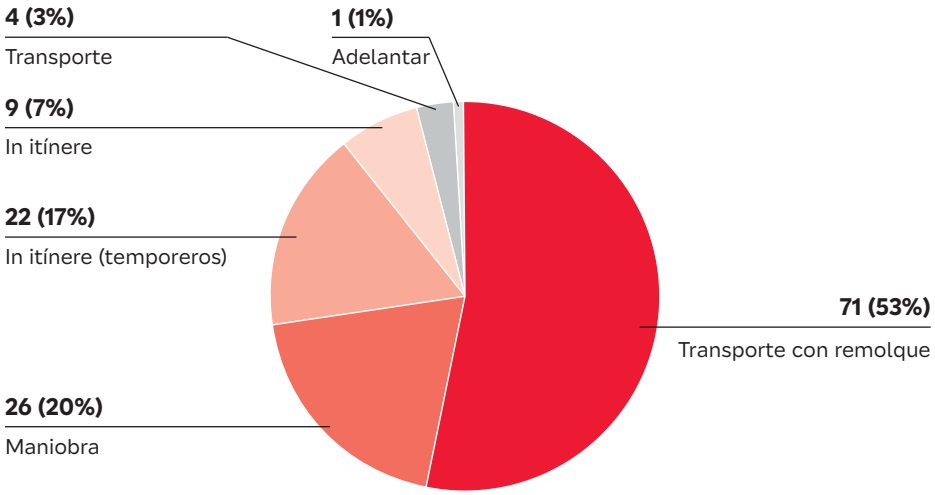
En la Figura 18 podemos ver en detalle qué hacía concretamente ese 39% que estaban realizando labores agrícolas. En un 54% de los casos estaban labrando, en un 16% haciendo labores de desbroce, en un 12% estaban cosechando, en un 6% estaban aplicando productos fitosanitarios, y ya en menor proporción, segando, abonando, recogiendo forraje, empacando, sembrando o plantando, regando, etc.

Figura 18. Trabajo que se estaba realizando con la maquinaria y haciendo labores agrícolas en el momento del siniestro (2010-2023).



En la Figura 19 podemos ver en detalle qué hacía el 28% que estaban conduciendo. En un 53% de los casos estaban realizando transportes con remolque, en un 20% estaban haciendo alguna maniobra con el vehículo, en un 24% de los accidentes estaban realizando un desplazamiento *in itinere*, sobre todo desplazando temporeros y temporeras, en un 3% estaban realizando un transporte sin remolque y en un 1% de los casos el accidente se produjo durante un adelantamiento.

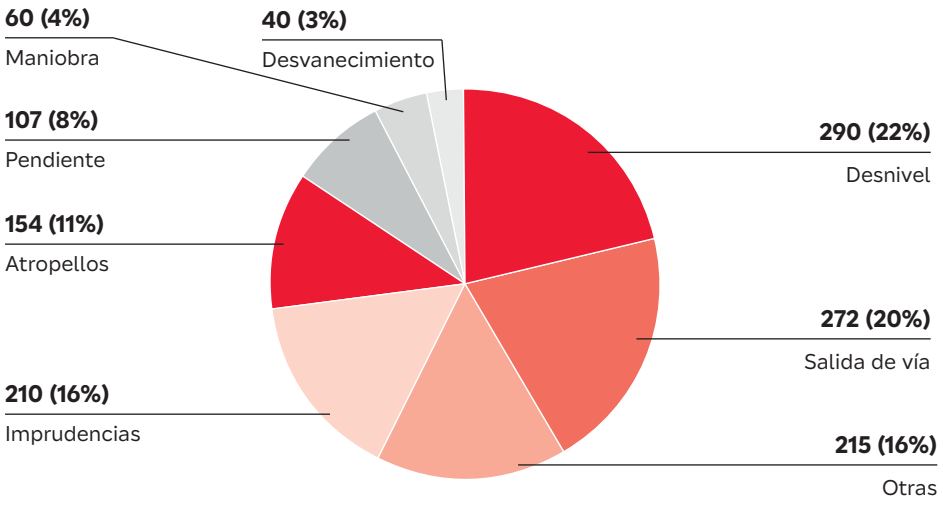
Figura 19. Trabajo que se estaba realizando con la maquinaria mientras se conducía en el momento del siniestro (2010-2023).



1.3.7. Causas

En la seguridad laboral, los accidentes rara vez son el resultado de una sola causa; más bien suelen ser la confluencia de una serie de factores o causas combinadas, lo que se conoce como el modelo de causalidad múltiple. Esto significa que un accidente no se debe exclusivamente a una sola causa, sino a una combinación de errores humanos, fallos técnicos, condiciones del entorno y factores de organización. En el caso de los accidentes relacionados con la maquinaria agrícola, esta realidad también se cumple. La interacción de varios elementos es lo que generalmente provoca el accidente. Intentando hacer un análisis, a pesar de esta complejidad, en la Figura 20 se muestra una distribución variada de las principales causas de los accidentes. Los desniveles constituyen la principal causa de fallecimientos (22%), al igual que se veía en la Figura 12 relativo a los accidentes en parcela. Esto confirma el papel crítico de la orografía, los taludes y los terraplenes en la gravedad de los accidentes con maquinaria agrícola. A continuación, la salida de vía (20%) aparece como un factor clave, especialmente asociado a la circulación por caminos rurales y accesos a parcelas, donde una pérdida de control suele derivar en vuelcos o caídas. Las imprudencias suponen un 16% de los fallecimientos, y otro 16% se atribuye a un conjunto de otras causas. Esta distribución evidencia que los accidentes mortales son resultado tanto del factor humano como de las variadas circunstancias del trabajo agrícola. Los atropellos y autoatropellos (11%) siguen siendo una causa relevante de mortalidad, especialmente en explotaciones familiares y trabajos realizados en presencia de otras personas. Las pendientes (8%) y las maniobras (4%) completan el conjunto de causas más habituales, mientras que los desvanecimientos (3%), aunque menos frecuentes, recuerdan la importancia de factores personales como la edad, la salud y la fatiga del operador. En conjunto, la distribución evidencia que los accidentes mortales se concentran en situaciones donde confluyen condiciones del terreno, circulación y comportamiento humano, reforzando la necesidad de una prevención integral.

Figura 20. Distribución del número de fallecimientos según las causas (2010-2023).

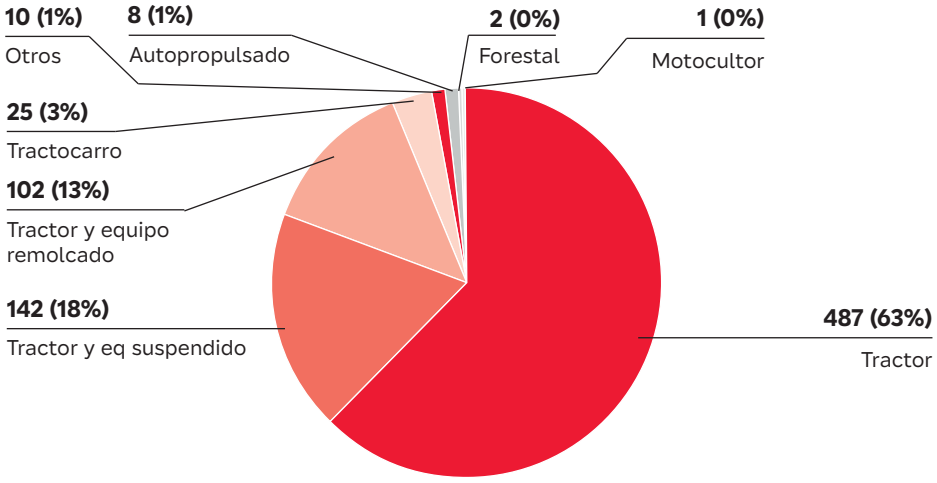


1.3.8. Análisis de los siniestros mortales por vuelco de tractor

Dada la importancia que tienen los accidentes por vuelco, con un total de 777 casos, vamos a profundizar un poco más en ellos. El vuelco del vehículo, generalmente el tractor, es claramente el factor más significativo. En la estabilidad de los vehículos, especialmente cuando el tractor lleva un remolque, influye significativamente la irregularidad del terreno, la pendiente, el exceso de carga y la velocidad, especialmente cuando circulan por carretera (Mangado *et al*., 2024). La situación se complica cuando el tractor lleva un remolque sobre-cargado o una cisterna llena de un líquido que puede moverse.

En la Figura 21 podemos ver que el 94% de los vuelcos se han producido con el tractor, en sus diversos trabajos, seguidos de los tractocarros y motocultores (3%), máquinas autopropulsadas como cosechadoras de cereales (1%) o maquinaria forestal. En el 18% de los vuelcos de un tractor, este lleva un equipo suspendido, destaca con un 40% el arado, en un 23% de los casos era una desbrozadora, en un 9% un equipo de aplicación de productos fitosanitarios, etc. Cuando el tractor vuelca con un equipo remolcado (13%), en el 86% de los casos es un remolque, en el 10% una cisterna, y ya en un 1% una empacadora, una grada de discos, un rodillo o un equipo de aplicación de productos fitosanitarios arrastrado, normalmente un atomizador.

Figura 21. Distribución de los siniestros mortales según el vehículo implicado en el vuelco (2010-2023).



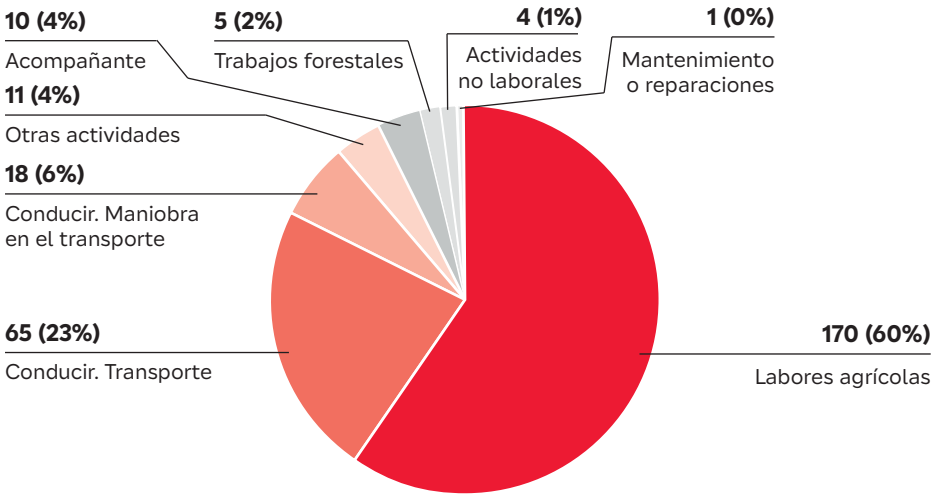
En 284 reseñas de siniestros mortales por vuelco se indica la labor que se estaba realizando en el momento del incidente (Figura 22). Esta vuelve a ser, en primer lugar, labores agrícolas (60%), labores de transporte (23%) y maniobras de conducción (6%). Destacar que el 4% de las personas fallecidas estaban acompañando a un trabajador o trabajadora, un 2% estaban realizando trabajos forestales, un 1% no realizaba labores agrícolas y el resto realizaba labores de mantenimiento u otras actividades diversas.

De ese 60% que estaban realizando labores agrícolas en el momento del vuelco, el 51% ocurren mientras se está realizando el laboreo del suelo. Que aparezca este alto porcentaje de vuelcos realizando esta labor es normal ya que es el tipo de labores en las que más tiempo se emplea el tractor, y en las que éste se acerca más a las lindes de las parcelas con sus

desniveles. A destacar también la labor de desbroce, siega y recolección de forraje (21, 4 y 3% respectivamente). En esta labor también suele estar presente el factor pendiente, principalmente en la siega de pastos de montaña en parcelas con mucha pendiente que, además, pueden estar resbaladizas por la presencia de hierba húmeda en el suelo. Por lo tanto, en los desbroces de esos pastos o de lindes de parcelas, tenemos el factor pendiente y el factor desnivel ya que, al realizar la labor, el personal se acerca a la linde de la parcela con el tractor. En un 9% de los casos estaban aplicando productos fitosanitarios, en un 6% realizando labores de recolección, abonado (3%), empacado (1%) y otras.

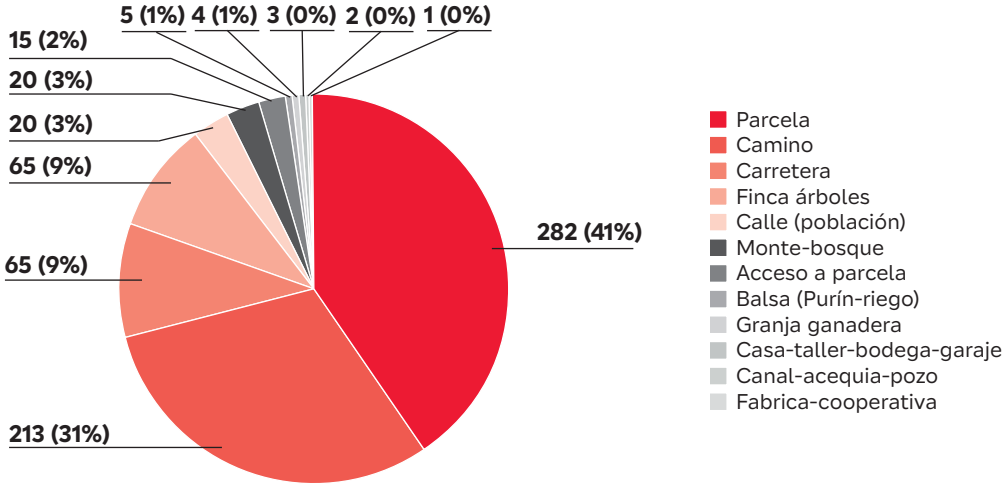
Del 23% que vuelca mientras conducía, el 70% estaba realizado labores de transporte, el 20% alguna maniobra, el 6% de los accidentes fueron *in itinere,* y el 3% estaba realizando labores de transporte, pero con el tractor sin remolque.

Figura 22. Trabajo que se estaba realizando cuando se produce el vuelco de tractor (2010-2023).



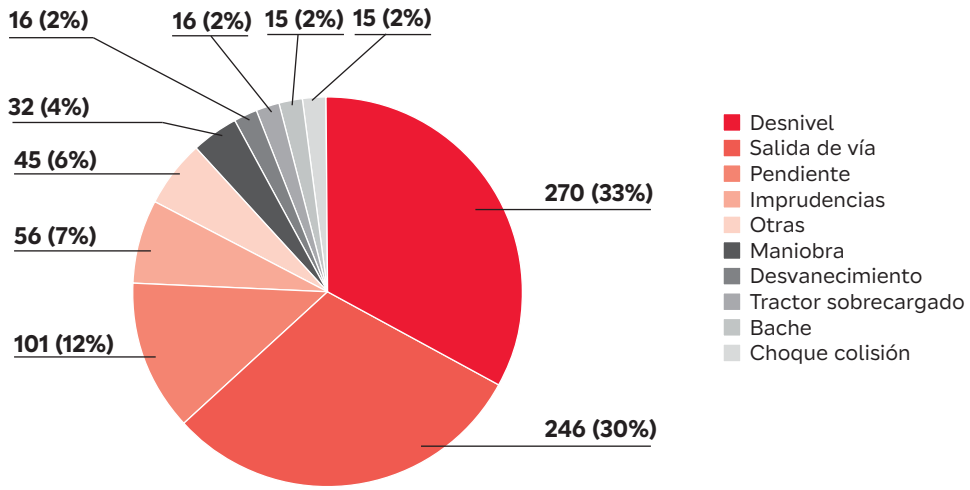
Respecto al lugar en el que se encontraba el tractor en el momento del vuelco, solo se especifica en 695 casos. La Figura 23 muestra que las víctimas de los vuelcos del tractor en las parcelas (41%) son algo más frecuentes que las de vuelcos de tractor en caminos (31%) y carreteras (9%). Le siguen en importancia en fincas de árboles (9%), en la calle de un núcleo urbano (3%) y ya en menor proporción en el monte o bosque, en el acceso a la parcela, en una balsa, etc.

Figura 23. Distribución porcentual de los siniestros mortales según el lugar donde se produce el vuelco (2010-2023).



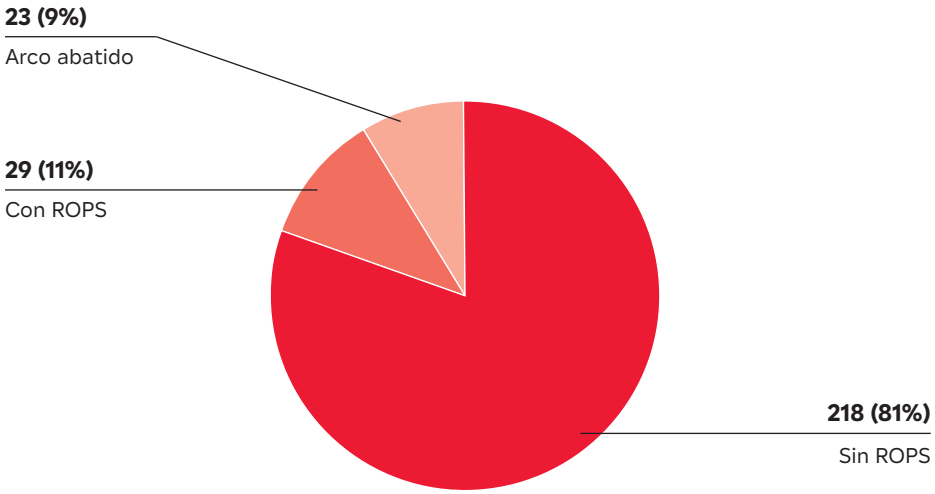
En la Figura 24 se representan el número de siniestros y su porcentaje de acuerdo con la causa principal que ha influido en el vuelco. La mayoría de las veces el vuelco del tractor no es consecuencia de un solo factor de riesgo, sino que es el resultado de la combinación de varios factores. Se observa de nuevo cómo el factor predominante es la presencia de un desnivel con un 33%, lo que confirma la elevada peligrosidad de estos. El segundo factor, con un porcentaje muy similar (30%) es la salida de vía, estrechamente relacionada con la circulación por caminos rurales estrechos, firmes deteriorados o márgenes sin protección, donde una pérdida de control suele derivar en el vuelco del vehículo. La pendiente representa el 12% de los siniestros, reforzando la importancia de la topografía en la estabilidad del conjunto tractor-remolque o tractor-apero, sobre todo durante desplazamientos cuesta abajo o en maniobras transversales. Las imprudencias del operador suponen un 7%, incluyendo prácticas inseguras como maniobras inadecuadas, la falta de uso del cinturón de seguridad o trabajos realizados sin adoptar las medidas básicas de seguridad. El grupo de otras causas (6%) recoge situaciones diversas que, aunque menos frecuentes, contribuyen al riesgo global. Las maniobras (4%) y los desvanecimientos (2%) ponen de relieve tanto la complejidad de determinadas operaciones como la influencia de factores personales del tractorista, especialmente en edades avanzadas. Finalmente, factores más específicos como el tractor sobrecargado, la presencia de baches o el choque o colisión, con porcentajes bajos (en torno al 2%), actúan como elementos desencadenantes que, en combinación con los anteriores, favorecen la pérdida de estabilidad y el vuelco. En conjunto, la Figura 24 pone de manifiesto que los vuelcos de tractor responden mayoritariamente a una interacción entre condiciones del terreno, circulación y comportamiento del operador, subrayando la necesidad de actuar de forma preventiva sobre todos estos ámbitos. La prevención de estos accidentes requiere un enfoque multifactorial, que abarque la formación, el mantenimiento del equipo, el cumplimiento de las normativas de carga y una atención especial a las condiciones del terreno y climáticas.

Figura 24. Factores de riesgos principales, en porcentaje, presentes en los siniestros por vuelco de tractor (2010-2023).



Para terminar de estudiar los vuelcos de tractor, en 270 accidentes por vuelco se especifica si el tractor disponía de estructura de protección al vuelco (ROPS). En la Figura 25, podemos observar que el 90% de los fallecidos iba en un tractor sin ROPS (81%) o con el arco abatido (9%). De las noticas con víctimas mortales en vuelcos de tractor con ROPS, solo hay constancia de dos siniestros en el que la estructura ha colapsado atrapando al tractorista; en 8 siniestros mortales con ROPS la víctima mortal ha salido despedida y en 6 se indica que no llevaba el cinturón de seguridad.

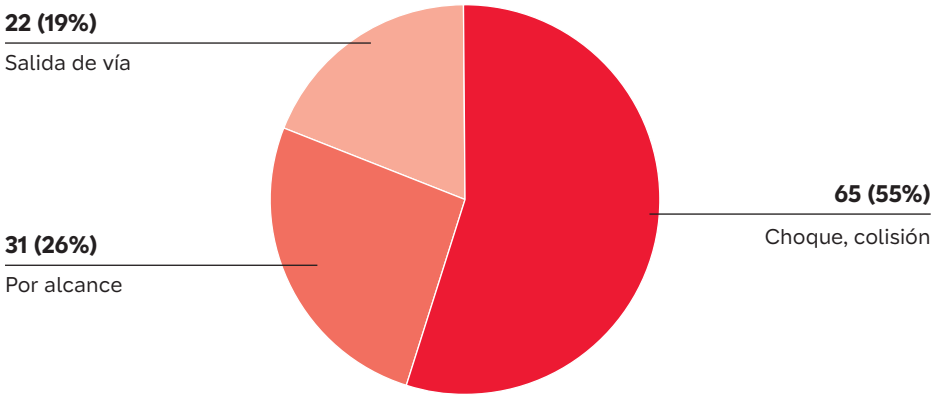
Figura 25. Presencia de ROPS en los siniestros mortales con vuelcos del tractor.



1.3.9. Siniestros de circulación con maquinaria agrícola

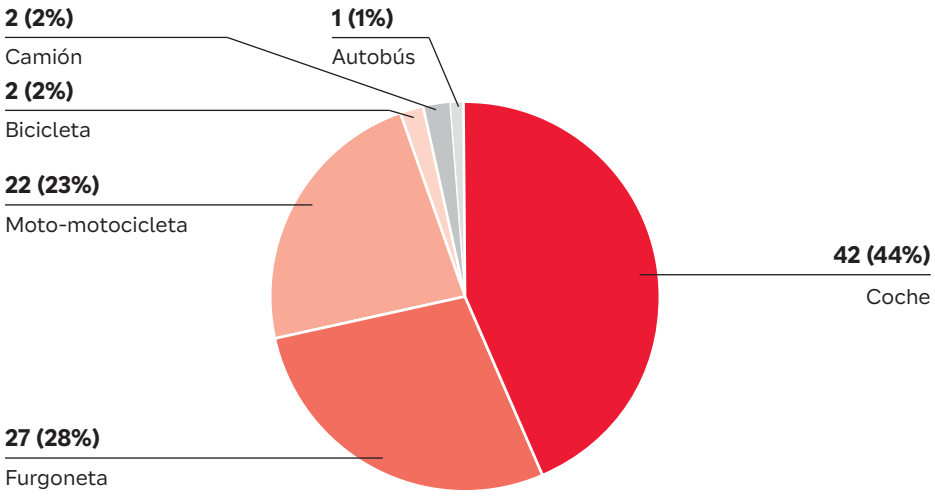
Por último, se han separado del total de siniestros con maquinaria agrícola aquellos ocurridos en carreteras (Figura 26). En total, han fallecido en accidentes de circulación un total de 133 personas. Un 55% fallecieron por un choque con colisión; un 26%, en choque por alcance, generalmente de otro vehículo al tractor o al remolque que circula a menor velocidad; y un 19%, por salida de vía.

Figura 26. Fallecidos en accidentes de circulación.



En la Figura 27 se representan el número de accidentes mortales según el vehículo en que viajaba la víctima, cuando ese vehículo no era un vehículo agrícola. De las 96 víctimas mortales, el grupo más numeroso de personas fallecidas es el de ocupantes de un coche (44%) seguido de las furgonetas (28%) y las motos o motocicletas (23%). Ya en menor proporción estarían las bicicletas (2%), los camiones (2%) y los autobuses (1%). En estos casos, el accidente ha podido ser por choque o alcance en el que se ven involucrados dos vehículos o por salida de vía, en el que solo está involucrado uno. En este último caso, suelen ser accidentes *in itinere*.

Figura 27. Vehículo en el que viajaba la víctima en el momento de la colisión mortal (2010-2023).

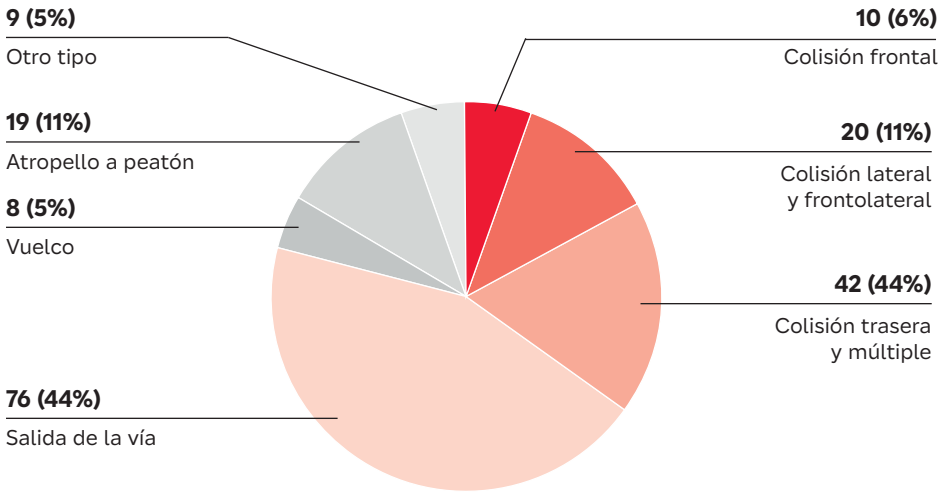


Si se analiza la evolución de la tasa de accidentes[1] de los últimos 10 años, cuyos datos ofrece datos la Dirección General de Tráfico (DGT), del 2004 al 2013, se observa que, mientras la tasa general desciende de un valor aproximado de 35,57 a 28,95, la tasa en los tractores agrícolas se mantiene o sube ligeramente (de 2,66 a 3,04). En el caso de la tasa de víctimas mortales[2], el descenso que se produce en los tractores es mucho menos acusado que en la tasa gene-ral y, si al principio del decenio había una diferencia de 1,30 puntos entre ambas, al final del mismo esa diferencia se ha reducido a 0,36 puntos debido, sobre todo, al descenso de la tasa general.

En el año 2014, la DGT modifico en sus publicaciones anuales la reagrupación que se hace de los datos que proporciona de accidentes de tráfico y unifico en una sola categoría a las "máquinas de obras y agrícolas y tractores agrícolas", con lo que ya no es posible extraer información desagregada de los siniestros en los que interviene alguna máquina o tractor agrícola de dichos anuarios (Arnal, 2017). Para poder continuar con los análisis indicados en el párrafo, anterior, sería conveniente que la DGT reconsiderara esta agrupación y se pudiera visibilizar en sus informes periódicos la problemática de las maquinas agrícolas y los tractores en las carreteras y así poder tomar las medidas oportunas para que la tasa de siniestros y la de mortalidad con este grupo de vehículos también se vaya reduciendo.

Por otro lado, el Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la Dirección General de Tráfico, respondiendo a una solicitud de datos realizada en el marco del presente informe, ha ofrecido información actualizada relativa a las condiciones en las que han producido en España fallecidos en siniestros de circulación con implicación de vehículos de maquinaria agrícola y para el periodo 2019-2025[3]. Así, la Figura 28 muestra la distribución en función del tipo de siniestro de las 173 personas fallecidas en siniestros de circulación en España con implicación de maquinaria agrícola (tractores, remolques, etc.) en el periodo 2019-2025.

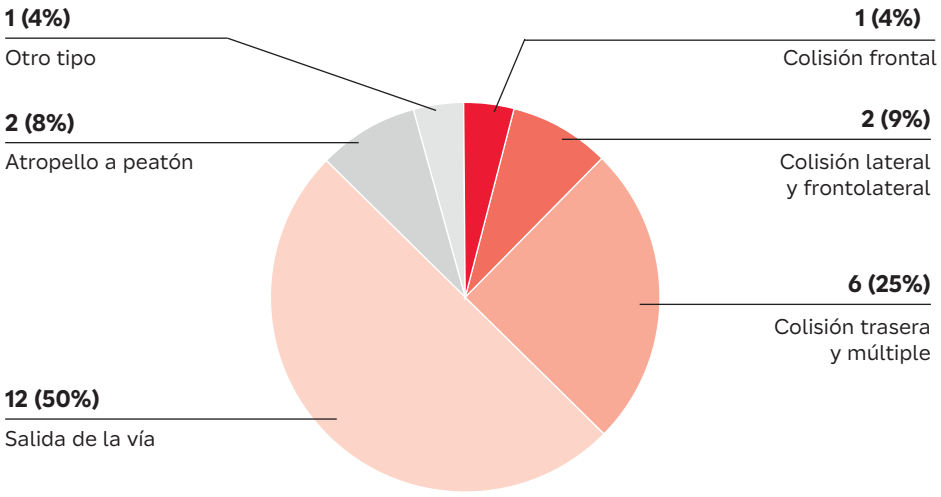
Figura 28. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según tipo de siniestro (2019-2025).



1 Tasa de accidente: accidentes por cada 10 000 vehículos.
2 Tasa de víctimas mortales: fallecidos por cada 10 000 vehículos.
3 Datos correspondientes a las 24 horas posteriores al siniestro; datos de 2025 aún provisionales.

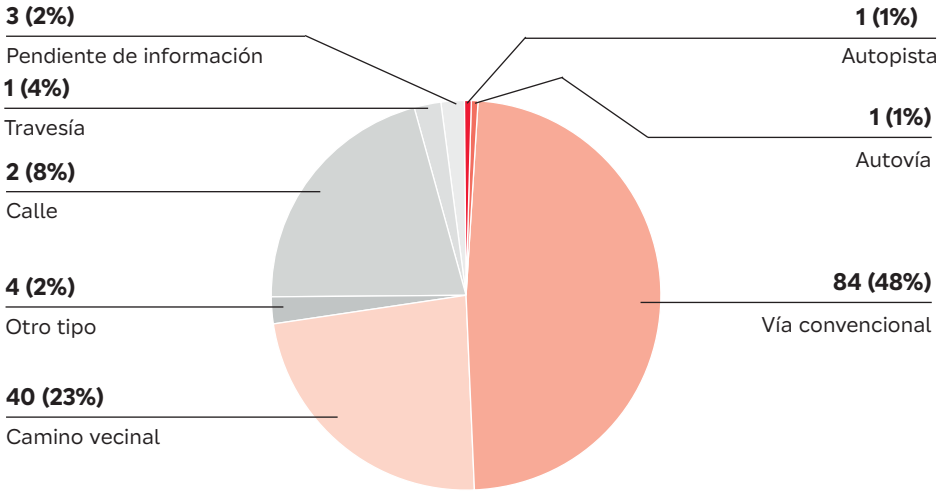
En la figura 29 se repite, pero para el año 2025 (último año para el que se dispone de datos).

Figura 29. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según tipo de siniestro (2025).



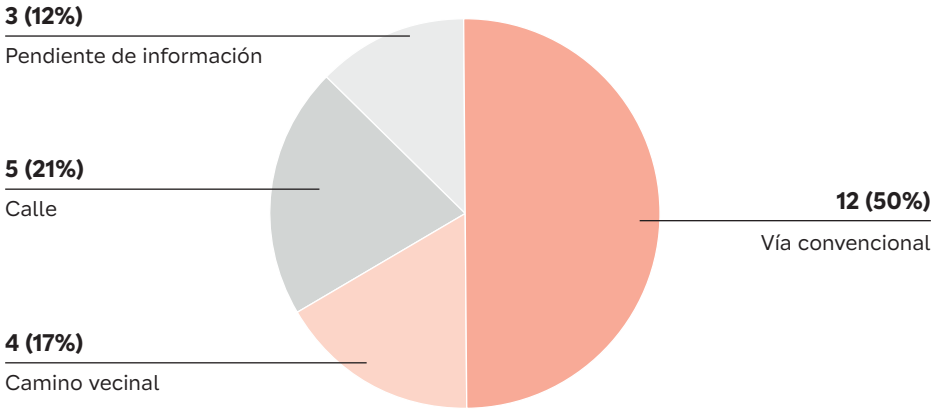
La distribución de personas fallecidas en el periodo 2019-2025 en función del tipo de vía se muestra en la Figura 30.

Figura 30. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según tipo de vía (2019-2025).



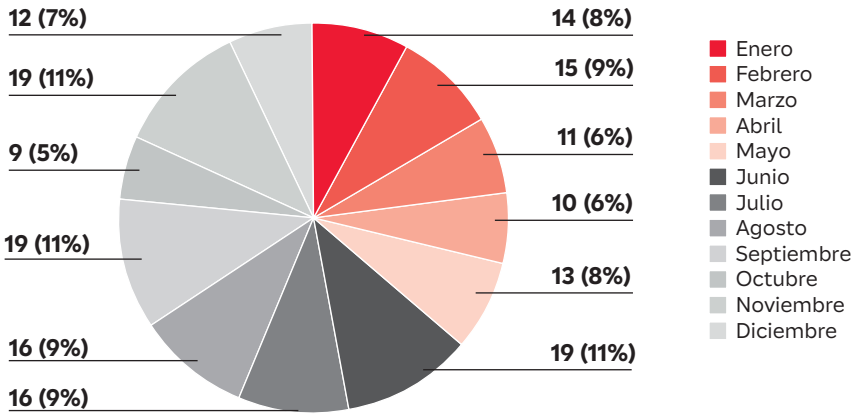
Y para el año 2025 (último año para el que se dispone de esta información), la distribución de fallecidos en función del tipo de vía se muestra en la Figura 31.

Figura 31. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según tipo de vía (2025).



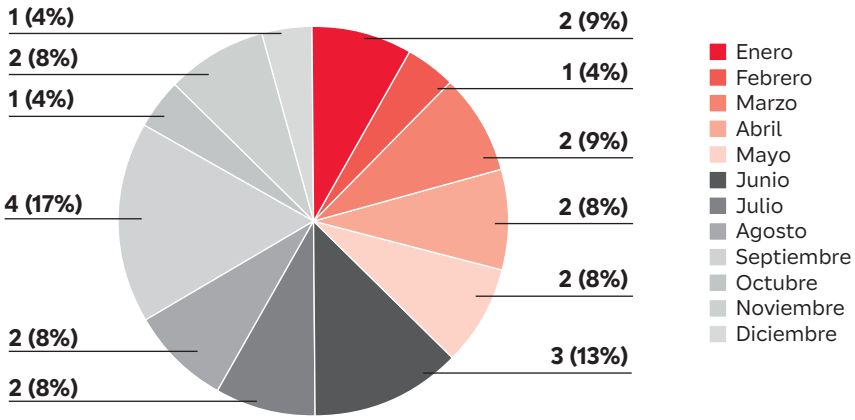
En cuanto al mes de ocurrencia del siniestro a lo largo del periodo 2019-2025, la Figura 32 muestra la distribución de las personas fallecidas.

Figura 32. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según mes (2019-2025).



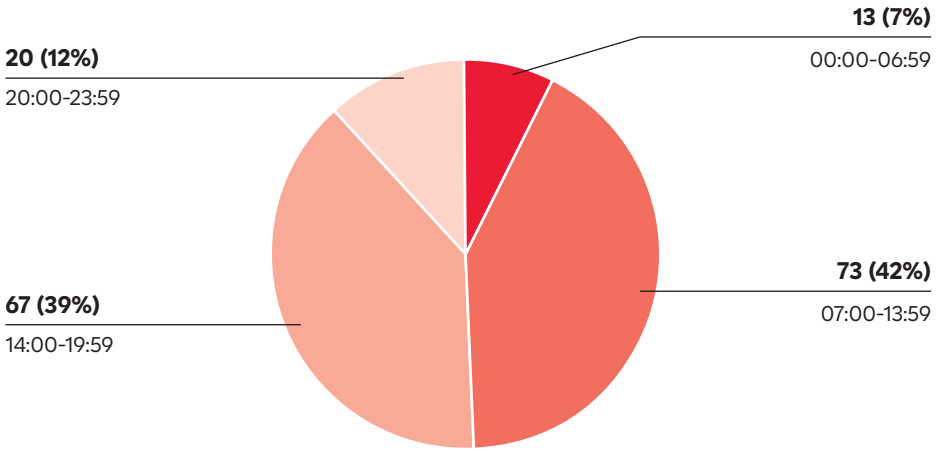
Y, en el caso del año 2025, la Figura 33 muestra la distribución de las personas fallecidas en función del mes de ocurrencia del siniestro.

Figura 33. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según mes (2025).



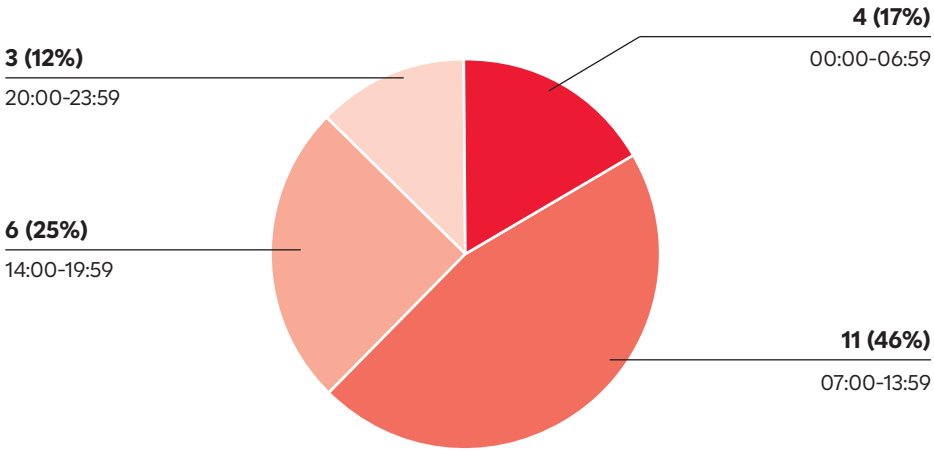
En cuanto a la franja horaria de ocurrencia del siniestro a lo largo del periodo 2019-2025, la Figura 34 muestra la distribución de las personas fallecidas.

Figura 34. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según franja horaria (2019-2025).



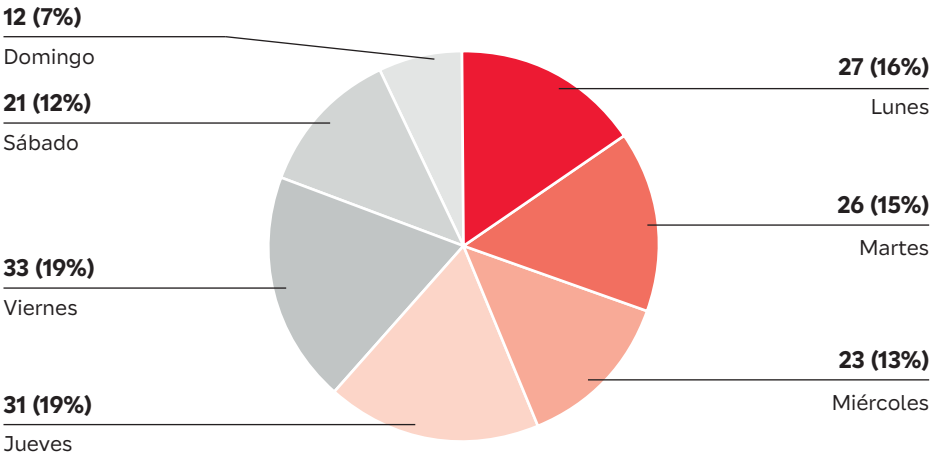
Y, en el caso del año 2025, la Figura 35 muestra la distribución de las personas fallecidas en función de la franja horaria de ocurrencia del siniestro.

Figura 35. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según franja horaria (2025).



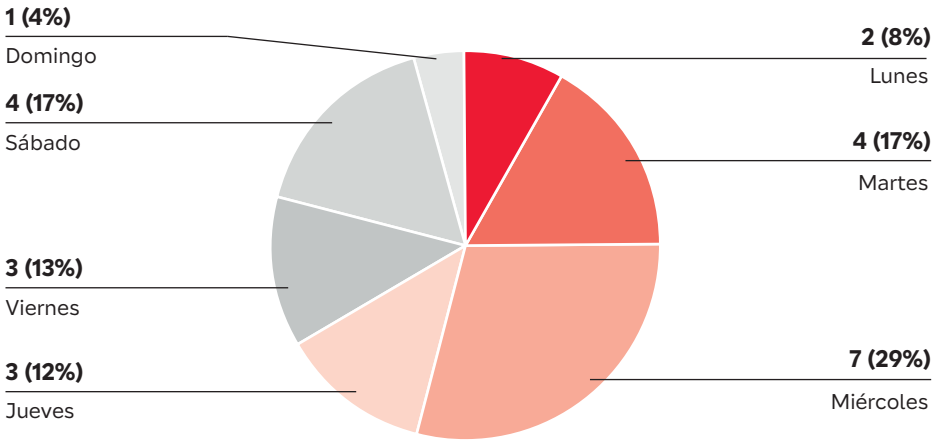
En cuanto al día de la semana en que ocurre el siniestro a lo largo del periodo 2019-2025, la Figura 36 muestra la distribución de las personas fallecidas.

Figura 36. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según día de la semana (2019-2025).



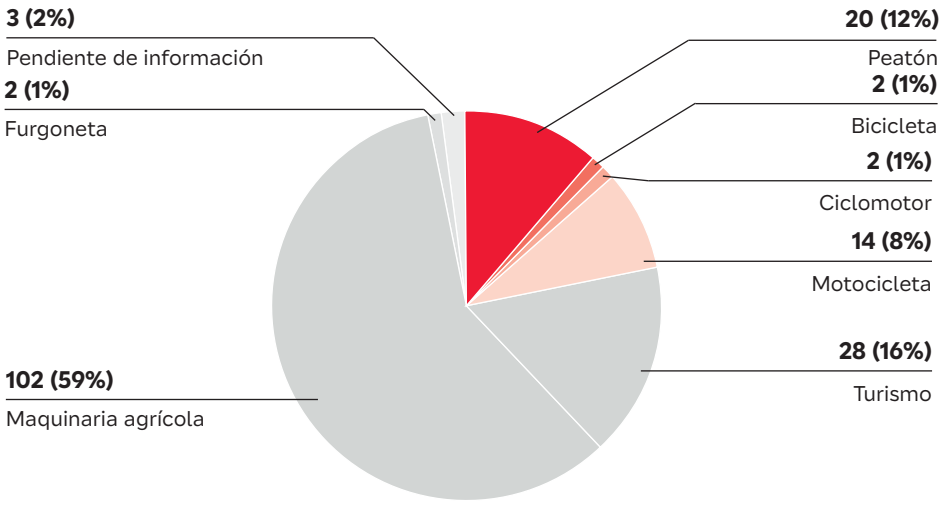
Y, en el caso del año 2025, la Figura 37 muestra la distribución de las personas fallecidas en función del día de la semana en que ocurre el siniestro.

Figura 37. Fallecidos con implicación de maquinaria agrícola según día de la semana (2025).



La Figura 38 muestra la distribución en función de su modo de desplazamiento de las 173 personas fallecidas en siniestros de circulación en España con implicación de maquinaria agrícola en el periodo 2019-2025.

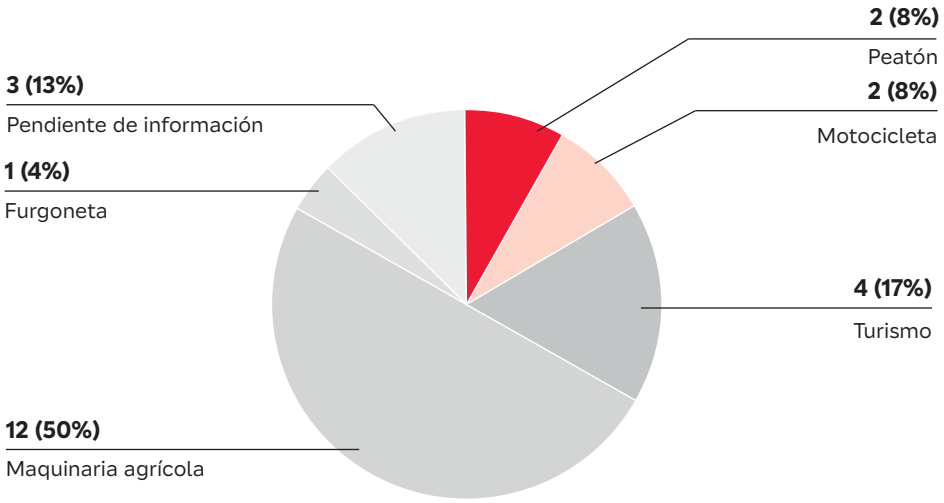
Figura 38. Fallecidos con implicación de vehículos maquinaria agrícola según modo de desplazamiento (2019-2025).



Como es lógico, la mayoría de las personas fallecidas en siniestros con implicación de maquinaria agrícola en el periodo 2019-2025 en España son ocupantes de la propia maquinaria agrícola. El 16% eran ocupantes de automóviles de turismo; el 8%, usuarios de motocicletas; el 12%, peatones, etc.

Y, en el caso del año 2025, la Figura 39 muestra la distribución de las personas fallecidas en función de su modo de desplazamiento.

Figura 39. Fallecidos con implicación de vehículos maquinaria agrícola según modo de desplazamiento (2025).



2

RIESGOS DE INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS

2.1. LA MAQUINARIA AGRÍCOLA COMO ORIGEN DE INCENDIOS

2.1.1. Causas de incendio

En España, según los últimos datos oficiales publicados como avances informativos por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2026), en el periodo 2016-2025, se han producido una media cada año de 6 155 conatos (incendios de superficie < 1 ha) y 2 851 incendios (incendios de superficie ≥ 1 ha), afectando cada año como promedio a 43 110 ha de superficie arbolada y 111 442 ha de superficie forestal (en la que se incluye el arbolado).

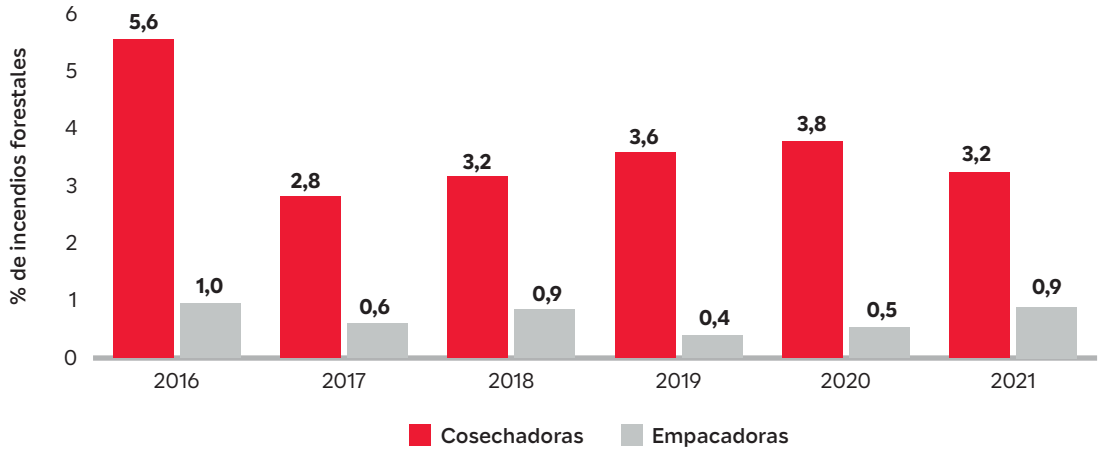
Las causas de los incendios forestales varían en su origen. De manera general, se pueden clasificar en cinco grupos principales: negligencia y accidentes, intencionados, naturales (causados por rayos), desconocidos y reproducción de incendios. Dentro del grupo de negligencia y accidentes se incluyen actividades como quemas agrícolas, motores y máquinas, líneas eléctricas y hogueras. Es en este grupo (negligencia y accidentes) donde se enmarcan los incendios forestales causados por maquinaria agrícola. Los incendios originados por la maquinaria agrícola pueden producir daños vitales, materiales y medioambientales, ya que pueden constituir el inicio de incendios forestales. En este sentido, son de gran relevancia los daños medioambientales.

En relación con la causalidad del incendio, teniendo en cuenta los últimos datos oficiales publicados como datos estadísticos definitivos en la web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico correspondientes al decenio 2006-2015 (MAPA, 2019), el 53% de los incendios han sido intencionados, el 28% han correspondido a negligencias y accidentes, el 12% han sido de causa desconocida, el 5% causados por rayos y el 2% por reproducción de otros incendios. Analizando las causas de negligencia/accidente, se

aprecia que la mayoría de los incendios son debidos a la quema agrícola y a motores y máquinas. Estos últimos representan el 11,72% de este grupo (3,28% de los incendios totales) siendo un 2,93% los producidos por cosechadoras o empacadoras, cuya incidencia es especialmente representativa durante el verano en territorios de Castilla y León, Castilla La Mancha y Aragón.

El propio MAPA tiene publicados datos analíticos interactivos relativos a las causas de incendios forestales para el periodo 2016-2021 en los que se desglosa el número total de siniestros y su porcentaje respecto al total, en función de la causa. La Figura 1 presenta la evolución temporal de los incendios forestales atribuidos al uso de cosechadoras y empacadoras durante dicho periodo, expresada en términos porcentuales sobre el total de incendios registrados. El promedio anual de incendios forestales originados por cosechadoras y empacadoras durante 2016-2021 ha sido de 92 y 17 siniestros, respectivamente.

Figura 1. Porcentaje de incendios forestales atribuidos a cosechadoras y empacadoras en España. Fuente: MAPA.



Hasta la fecha, hay pocos estudios rigurosos sobre las causas y riesgos de incendios en maquinaria agrícola, específicamente en cosechadoras de cereal (Val-Aguasca *et al*., 2019) y empacadoras (Videgain-Marco *et al*., 2025) que son los dos tipos de equipos con mayores incidencias en nuestro parque de maquinaria agrícola. En este sentido, el equipo del Laboratorio de Maquinaria Agrícola e Industrial (LAMAGRI, http://lamagri.unizar.es/) de la Escuela Politécnica Superior - campus Huesca de la Universidad de Zaragoza ha estado trabajando desde 2017 en diversos proyectos de investigación aplicada relacionados con el riesgo de incendios en maquinaria agrícola, inicialmente con cosechadoras de cereal y más recientemente con empacadoras.

La causa más común de inicio de incendios es el contacto prolongado de materiales combustibles (restos de cereal) con zonas de la máquina que alcanzan altas temperaturas: salida de gases del motor en cosechadoras, cojinetes en mal estado, transmisiones defectuosas, barras de corte con rozamientos mecánicos, entre otros. Además, hay otras causas como fallos en los circuitos eléctricos o hidráulicos.

Existen diversas medidas para reducir el riesgo de incendios en maquinaria agrícola, que se pueden agrupar en cuatro niveles: 1. Diseño de la máquina adecuado; 2. Mantenimiento y uso correcto de la máquina: revisiones en talleres homologados y limpieza diaria de residuos; 3. Utilización de sistemas de monitorización que alerten sobre altas temperaturas y funcionamiento incorrecto de componentes; 4. Implementación de sistemas de detección y extinción. Actualmente, los fabricantes de equipos no suelen ofrecer estos últimos sistemas como opción de equipamiento, pero existen empresas especializadas que pueden implementarlos de manera complementaria.

2.1.2. Factores ambientales

Es importante tener en cuenta que el riesgo de incendios originados en la maquinaria agrícola aumenta cuando las condiciones climáticas son adversas (Shutske *et al*., 1990). Venem y Shutske (2002) concluyeron que el 48,5% de los incendios coincidieron con las horas de temperaturas más altas (2:00-4:00 PM). Dado que el número anual de días de alta temperatura (HTD, es decir, días con temperaturas medias superiores a 20,0, 22,5 y 25,0 ºC) está aumentando en el sur de Europa, como lo demuestran Cardil *et al*. (2014), para los datos de temperatura en el periodo de junio a septiembre de 1978 a 2012 en el sur de Francia, el interior de España y el noroeste de la Península Ibérica, se espera que la probabilidad de situaciones de alto riesgo de incendio continúe aumentando.

Principalmente son cuatro los factores que condicionan la propagación del incendio: la humedad relativa, la temperatura ambiente, la velocidad del viento, y el tipo y condición de cultivo. La temperatura ambiente, según diferentes estudios se puede considerar la más influyente (Quick, 2010; Cardil *et al*., 2014).

Es común la utilización de diferentes índices de riesgo de incendio en función de las condiciones ambientales. Mediante estos índices se pretende tener una pauta preventiva basada en los factores ambientales de cara a la propagación de los incendios. En España se utiliza el sistema canadiense FWI (Fire Weather Index). El FWI valora el riesgo de inicio de incendio y su posible comportamiento a partir de la temperatura, el viento y la humedad de los combustibles. Dicho índice es una variable derivada obtenida a partir de los análisis en superficie de un modelo numérico de predicción del tiempo. Las variables de entrada para su cálculo son: la temperatura del aire seco a 2 metros (expresada en ºC), la humedad relativa del aire a 2 metros (expresada en %), la velocidad del viento a 10 metros (expresada en km/h) y la precipitación registrada en las últimas 24 horas expresada en mm. Los datos del análisis se refieren a las 12 UTC (tiempo universal coordinado), con el fin de obtener el valor de máximo riesgo diario, lo que sucede en torno al mediodía, si bien su valor tiene validez desde varias horas antes hasta varias horas después de las 12 UTC. La página web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) publica diariamente el índice de riesgo de incendio para toda España. El índice FWI se determina en una escala de 0 a 100 que luego es transferida a una escala cualitativa de 5 categorías (bajo, moderado, alto, muy alto y extremo).

2.2. FUENTES DE DATOS

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico publica avances informativos en los que se incluye información sobre el número de incendios y las superficies forestales afectadas (arbolada/no arbolada), así como informes decenales donde también se analiza la causalidad del incendio, siendo el último informe decenal publicado el correspondiente al periodo 2006-2015. Adicionalmente, el MAPA publica en su página web datos estadísticos anuales que recogen las causas de incendios, llegando al detalle específico de números de incendios atribuidos a cosechadoras y empacadoras.

El Laboratorio de Maquinaria Agrícola e Industrial de la Escuela Politécnica Superior de Huesca – Universidad de Zaragoza ha liderado, desde el año 2017 tres estudios relacionados con el riesgo de incendios en maquinaria agrícola:

- 2017-2019. "Grupo de Cooperación para Análisis de Riesgos de Incendios en Cosechadoras de Cereales (ICO)" aprobado dentro del Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2014-2020. Como consecuencia del trabajo realizado por el grupo de la UZ, dentro del marco del proyecto, se ha elaborado un informe resumen del proyecto, un trabajo fin de máster (Val-Aguasca, 2019) y una publicación científica indexada (Val-Aguasca *et al*., 2019).
- 2019-2022. "Mejora de la seguridad en empacadoras (SEFE)". Este proyecto se enmarca en el Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2014-2020. Los principales resultados conseguidos hasta la fecha se encuentran publicados en un trabajo fin de máster (Ayudán, 2021) y una publicación científica indexada (Videgain-Marco *et al*., 2025).
- 2024-2026. "Agricultura 4.0 para la seguridad de las cosechadoras frente a incendios (FÉNIX)". Proyecto financiado en la convocatoria del Gobierno de Aragón para el desarrollo de proyectos de I+D+i en líneas prioritarias y de carácter multidisciplinar para el período 2024-2026.

Las fuentes citadas con anterioridad, junto con otros datos obtenidos del Registro Oficial de Maquinaria Agrícola (ROMA) disponibles en la web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) así como de bibliografía científica y técnica, constituyen la base de la información utilizada en este informe, que se describe de forma detallada en el apartado de Referencias Bibliográficas.

2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MÁQUINAS

2.3.1. Máquinas inscritas en el Registro Oficial de Maquinaria Agrícola

A partir de la base de datos de cosechadoras de cereales y empacadoras procedente del Registro Oficial de Maquinaria Agrícola se han analizado las inscripciones de cosechadoras y empacadoras en España desde el año 2010 hasta el año 2025. Dicha base de datos

contiene información de inscripciones de maquinaria agrícola desglosadas por provincias, comunidades autónomas y fabricantes.

En este sentido, se analizan de forma individual los datos correspondientes a cosechadoras de cereal (Figura 2) y a los dos principales tipos de empacadoras en sus diferentes tipologías: empacadoras de grandes pacas prismáticas (macroempacadoras, Figura 3), empacadoras de pacas cilíndricas (rotoempacadoras, Figura 4) y empacadoras convencionales de pequeñas pacas prismáticas (Figura 5).

Figura 2. Cosechadora de cereal.



Figura 3. Macroempacadora.



Figura 4. Rotoempacadora.



Figura 5. Empacadora convencional.



Las cosechadoras de cereal trabajan habitualmente en condiciones ambientales de riesgo, con altas temperaturas y baja humedad relativa, y disponen de componentes como motores de combustión, transmisiones mecánicas, sistemas de corte, circuitos eléctricos, etc. que suponen puntos críticos de riesgo de incendio.

En el caso de las empacadoras, las empacadoras de grandes pacas prismáticas conocidas como macroempacadoras se utilizan habitualmente también en condiciones ambientales de riesgo para recoger los restos de biomasa procedentes de la cosecha. Aunque no tienen motores de combustión, equipan numerosos sistemas mecánicos, hidráulicos y eléctricos que también suponen puntos críticos de riesgo de incendio.

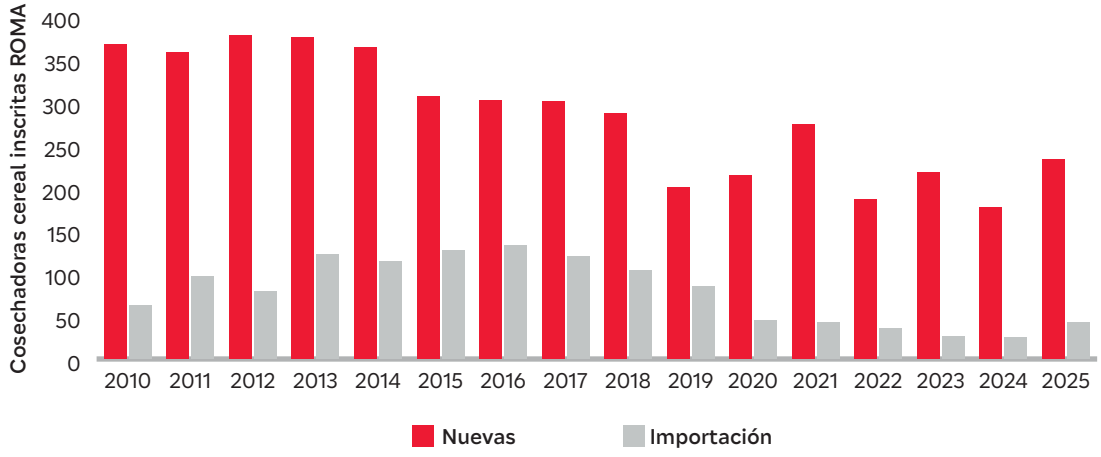
2.3.1.1. Cosechadoras de cereal

El sistema de trilla y separación es actualmente la tecnología en base a la cual se diferencia la tipología de cosechadora. De este modo, podemos encontrar las siguientes tipologías: a) sistema de trilla convencional con uno o varios cilindros desgranadores transversales y limpieza posterior mediante sacudidores; b) sistema híbrido con cilindro desgranador transversal y sistema de separación por rotores longitudinales; c) sistema de trilla y separación único basado en uno o dos rotores longitudinales.

La cifra del número de unidades de cosechadoras de cereal nuevas, sin considerar cambio de titularidad, en el Registro Oficial de Maquinaria Agrícola en España, ha evolucionado de forma descendente durante los últimos años, ligada en parte a la incorporación de máquinas de mayor potencia y mayor capacidad de trabajo. La Figura 6 muestra el registro de cosechadoras de cereales nuevas e importadas durante el periodo 2010-2025. Castilla y León, Castilla La Mancha y Aragón son las comunidades con mayor número de cosechadoras. En España las marcas con mayor cuota de mercado son Claas, New Holland y John Deere. Concretamente, analizando el porcentaje de máquinas nuevas inscritas anualmente durante el periodo 2010-2025, Claas representa el 34%, New Holland el 30% y John Deere el 24%.

A fecha 31 de diciembre de 2025 el número total de cosechadoras registradas asciende a 7 948. Hay que tener en cuenta que no todas estas máquinas están trabajando realmente, pero esos son los datos oficiales recogidos en el registro del MAPA.

Figura 6. Inscripciones de cosechadoras de cereales nuevas en el Registro de Maquinaria Agrícola. Fuente: MAPA.



2.3.1.2. Empacadoras

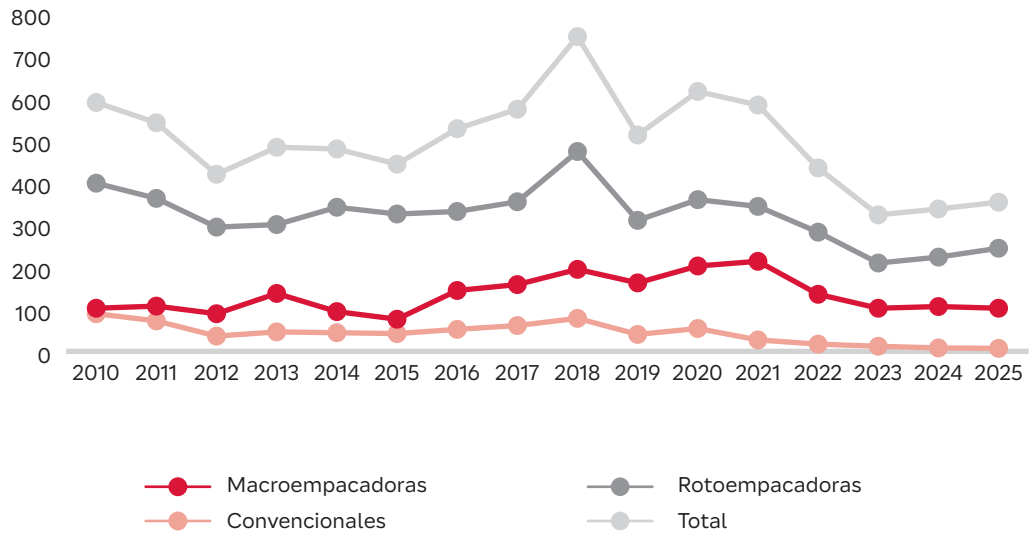
Los fabricantes de empacadoras basan su oferta en tres tipologías de máquinas: empacadoras de grandes pacas prismáticas (macroempacadoras), empacadoras de pacas cilíndricas (rotoempacadoras) y empacadoras convencionales de pequeñas pacas prismáticas.

La tendencia de la evolución de las ventas es parecida en los diferentes tipos de máquinas siendo las rotoempacadoras las máquinas más vendidas, seguidas de las macroempacadoras y finalmente las empacadoras convencionales (Figura 7). Tomando el dato promediado de la serie de años 2010-2025, el 65% de las máquinas vendidas fueron rotoempacadoras, el 27% macroempacadoras y el 8% empacadoras convencionales. Este hecho es lógico dada la mayor utilización de las rotoempacadoras en explotaciones ganaderas que producen, además del empacado de paja, empacado de forraje en formato ensilado (60-75% de humedad) y henificado (15-20% humedad), lo que requiere un mayor número de máquinas pertenecientes a las explotaciones, frente a las macroempacadoras, más utilizadas en grandes explotaciones cerealistas y por empresas de servicios.

El censo total de máquinas dadas de alta a fecha 31 de diciembre de 2025 es de 17 920 rotoempacadoras, 7 803 macroempacadoras y 11 763 empacadoras convencionales. Hay que tener en cuenta que no todas estas máquinas están en uso y trabajando de forma real, pero no existen medios fiables para determinar cuántas de ellas no trabajan a no ser que se den de baja del Registro.

Las comunidades autónomas con mayor número de empacadoras son Castilla y León, Galicia y Aragón. En relación con los fabricantes, considerando el periodo 2010-2025, en el caso de macroempacadoras, New Holland (36%), Krone (18%) y Case (16%) son los mayoritarios. Para el caso de rotoempacadoras destacan Krone (19%), Claas (18%) y John Deere (13%). Y, en el caso de empacadoras convencionales, Walger (51%), John Deere (18%) y Massey Fergusson (12%).

Figura 7. Inscripciones de empacadoras nuevas por tipologías en el Registro de Maquinaria Agrícola. Fuente: MAPA.



2.4. TEMPERATURA DE IGNICIÓN DE LOS RESIDUOS

2.4.1. Influencia de las características del residuo

La temperatura de ignición de los residuos de cereal que quedan depositados en las máquinas agrícolas se puede determinar siguiendo la norma UNE-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016. "Atmósferas explosivas. Parte 20-2: Características del material. Métodos de ensayo de polvos inflamables".

En este sentido, el grupo **LAMAGRI** ha realizado diferentes ensayos para determinar la temperatura de ignición de residuos recogidos en maquinaria agrícola en función de su granulometría (tamaño de las partículas que componen la muestra residuo) y el espesor de producto (altura de la capa de residuo), utilizando una placa calefactora monitorizada de acuerdo a la citada norma UNE.

Los resultados de las pruebas de autoignición en placa caliente se muestran en la Tabla 1 y la Figura 8. Se produce una disminución en la temperatura de ignición cuando el tamaño de partícula del residuo es menor, de acuerdo con los hallazgos de Polin *et al*. (2013), para muestras tomadas en campo de residuo tamaño polvo de girasol en cosechadoras. Del mismo modo, para el mismo tamaño de partícula, la temperatura de ignición disminuye a medida que aumenta el espesor de la muestra.

La temperatura mínima de ignición fue de 250 ºC, asociada con el residuo de 250 µm y un espesor de 15 mm. Temperaturas por encima de 250 ºC pueden ser peligrosas en función de la granulometría y el espesor del material. Para espesores pequeños (5 mm) los tiempos de ignición se sitúan entre 3 y 5 minutos, para espesores medios (10 mm) entre 5 y 10 minutos y para espesores más elevados (15 mm) entre 10 y 28 minutos. Estos resultados son concordantes con los obtenidos por Fernández-Anez y García-Torrent (2019), que obtuvieron un valor de 250 ºC para un espesor de residuo de 50 mm.

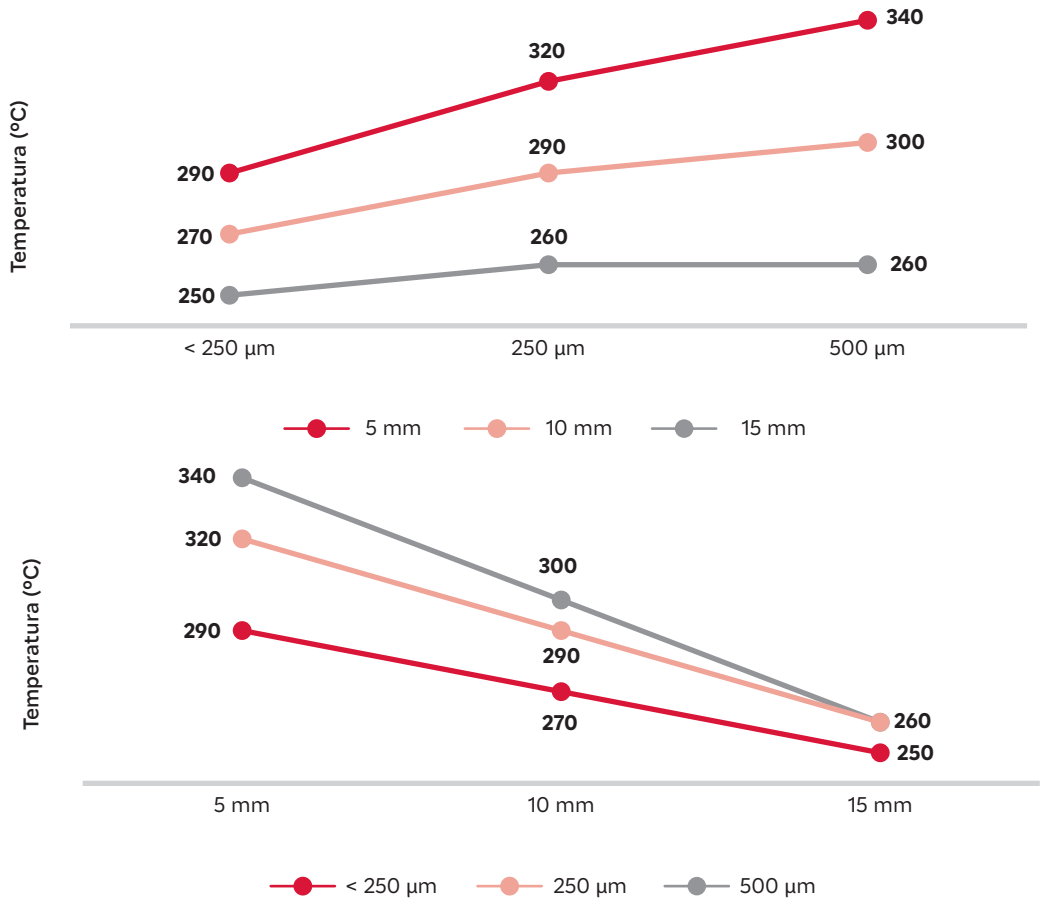
Debe tenerse en cuenta que en las cosechadoras las partículas de residuos muestran una distribución granulométrica en la que los tamaños pequeños constituyen un alto porcentaje de peso. En el residuo presentado en este trabajo, el 66% de las partículas de residuos recogidas de las cosechadoras fueron inferiores a 1 mm. Para el caso de empacadoras, en los ensayos realizados, el 62% de los residuos recogidos sobre diferentes zonas de la máquina tuvieron granulometría inferior a 1 mm.

Conociendo la temperatura de ignición de los residuos, y conociendo la información relativa a la evolución temporal de la temperatura en los puntos críticos de la cosechadora, dispondríamos de una herramienta útil y práctica para detectar riesgos potenciales de inicio de incendio.

Tabla 1. Resultados de las pruebas de autoinflamación de placas calientes de capas de residuo de trigo según UNE-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016. (1 µm = 1 micrómetro = 10^{-6} m).

Espesor	Tamaño	Temperatura de la superficie (ºC)	Resultado de la prueba	Tiempo de ignición (min)
5 mm	< 250 µm	290	Ignición	5
		280	Sin ignición	30
		280	Sin ignición	30
	250 µm	320	Ignición	3
		310	Sin ignición	30
	500 µm	340	Ignición	3
		330	Sin ignición	30
	1 mm	360	Ignición	2
		350	Sin ignición	30
10 mm	< 250 µm	280	Ignición	7
		270	Ignición	10
		260	Sin ignición	45
	250 µm	300	Ignición	5
		290	Ignición	6
		280	Sin ignición	45
	500 µm	320	Ignición	3
		310	Ignición	5
		300	Ignición	6
		290	Sin ignición	45
15 mm	< 250 µm	260	Ignición	13
		250	Ignición	28
		240	Sin ignición	120
	250 µm	280	Ignición	11
		270	Ignición	12
		260	Ignición	17
		250	Sin ignición	60
	500 µm	290	Ignición	10
		280	Ignición	12
		270	Ignición	16
		260	Ignición	20
		250	Sin ignición	90

Figura 8. Representación de la temperatura de ignición en función del tamaño de muestra para tres espesores de muestra (superior) y del espesor de la muestra para tres tamaños de partícula (inferior).



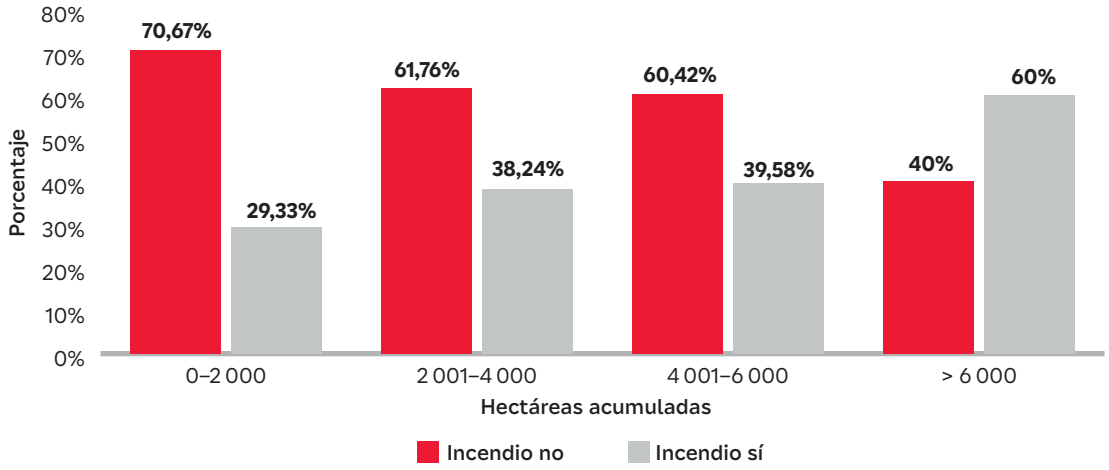
2.5. RIESGO DE INCENDIO EN COSECHADORAS DE CEREAL

2.5.1. Características de las máquinas con mayor riesgo de incendio

Durante el periodo 2017-2019 el grupo LAMAGRI realizó un cuestionario entre 275 propietarios de cosechadoras en toda España dirigido a la identificación de puntos críticos de la maquinaria y a la caracterización del perfil de las máquinas con mayor riesgo de incendios (potencia, antigüedad y hectáreas cosechadas).

La variable que mostró una mayor correlación con los incendios fue las hectáreas totales acumuladas por la cosechadora. En la Figura 9 se observan porcentajes de conatos de incendio muy similares para las máquinas que han trabajado hasta 6 000 ha (entre el 30 y el 40%), pero, una vez superado este umbral, el porcentaje de incendio sería más elevado (60%).

Figura 9. Probabilidad de incendio en función de las hectáreas acumuladas.

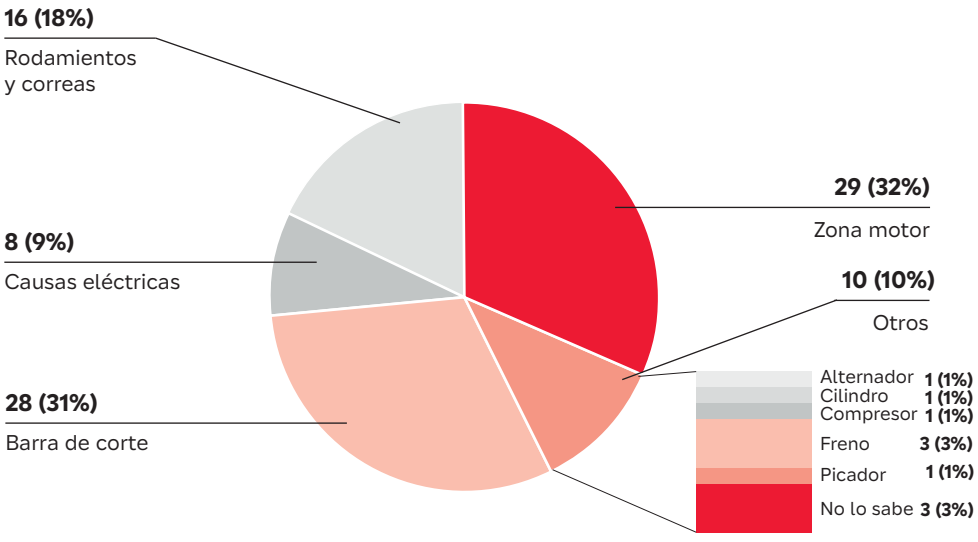


El perfil de máquinas con más de 6 000 ha acumuladas y que presentan una mayor probabilidad de incendio correspondería a máquinas con una potencia media de 286 CV, una antigüedad media de 15 años y que trabajan una media de 548 ha/año. En España, este perfil de máquinas equivale, aproximadamente, al 11% del parque de cosechadoras estimadas en uso.

2.5.2. Zonas de origen de incendio

En la Figura 10 se muestran las zonas de origen de incendio según los datos del cuestionario realizado por LAMAGRI. La zona donde más incendios se originan es el motor y la salida de gases (32%), seguido de la barra de corte (31%). Otras zonas destacables en el origen de incendios son los rodamientos y correas (18%) y causas eléctricas (9%). El 10% restante pertenecen a otras zonas de la máquina (alternador, frenos, picador, etc.).

Figura 10. Zonas de origen de incendios a través de los datos obtenidos del cuestionario LAMAGRI.



En la Tabla 2. Principales zonas de origen de incendios en cosechadoras, se muestran los datos facilitados por Mapfre correspondientes a siniestros en cosechadoras a nivel nacional para la anualidad 2017, así como otros datos procedentes de diferentes referencias bibliográficas. En todos los casos, incluido el cuestionario LAMAGRI, se observa que la zona donde más incendios se originan es la del motor, aunque las cifras difieren entre las distintas citas bibliográficas (~33% hasta ~45%). Las causas eléctricas representan la segunda causa más importante de incendio en dos fuentes bibliográficas, siendo en la restante los rodamientos y correas. Los rodamientos y correas (~22%) representan un porcentaje muy similar entre el cuestionario y las fuentes bibliográficas. Con respecto a la barra de corte, según la bibliografía revisada, tiene poca importancia en el origen de incendio (~9%), difiriendo en el resultado del cuestionario realizado por LAMAGRI, ya que, en este caso, es la segunda causa más importante con un 31%.

Tabla 2. Principales zonas de origen de incendios en cosechadoras.

Zona	Universidad Zaragoza	Compañía aseguradora	Quick, 2010	Shutske & Field, 1988	Shutske J. M. *et al.*, 1990
Barra de corte	30,77%	11,11%	6,49%	-	3,00%
Causas eléctricas	8,79%	25,93%	12,99%	34,00%	14,00%
Zona del motor	31,87%	33,33%	45,45%	40,00%	33,00%
Otras zonas	10,99%	7,41%	12,97%	8,00%	28,00%
Rodamientos - correas	17,58%	22,22%	22,10%	18,00%	22,00%

Los datos anteriores, procedentes de diversos estudios y países, muestran una notable coincidencia en la zona del motor, existiendo variaciones en el resto. Los motivos de dichas variaciones no son evidentes, si bien se puede apuntar que, mientras las dos primeras columnas reflejan investigaciones en España, las tres últimas columnas corresponden a países con diferentes condiciones climáticas y de producción como Estados Unidos.

2.5.3. Cuantificación del riesgo de incendio

2.5.3.1. Temperatura alcanzada en la máquina

Por otro lado, y como se ha indicado, se ha analizado en laboratorio la temperatura de ignición de residuos de cereal en función de su granulometría. La temperatura mínima de ignición obtenida en el estudio llevado a cabo por LAMAGRI fue de 250 ºC, asociada a residuo de tamaño 250 µm y un espesor de 15 mm, características muy habituales de los residuos acumulados en las zonas del motor de las cosechadoras. Estos resultados son concordantes con los obtenidos por Fernández-Anez y García-Torrent (2019), que obtuvieron un valor de 250 ºC para un espesor de residuo de 50 mm.

Se monitorizaron 9 máquinas equipadas con diferentes tecnologías en las campañas de recolección de 2018 y 2019, analizando la temperatura alcanzada en diferentes zonas (motor, salida de gases de combustión, etc.). Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Cosechadoras monitorizadas por LAMAGRI en las campañas 2018 y 2019.

Máquinas	Potencia (CV/kW)	Antigüedad (años)	Anchura de corte (m)	ha/año	Características técnicas*
Máquina #1	435/320	0	7,7	>500	SCR + EGR sin filtro
Máquina #2	435/320	2	7,7	>500	EGR DPF
Máquina #3	160/119	16	5,1	200	Escape sin tratamiento
Máquina #4	250/184	8	6,1	>500	Escape sin tratamiento
Máquina #5	180/132	16	5,2	>500	Escape sin tratamiento
Máquina #6	275/202	3	6,7	>500	EGR + DPF
Máquina #7	220/164	10	6,0	350	EGR sin filtro
Máquina #8	400/294	0	7,0	>500	SCR + EGR + DPF
Máquina #9	420/309	13	7,0	>500	Escape sin tratamiento

* SCR: sistema de reducción catalítica selectiva; EGR: recirculación de gases de escape; DPF: filtro de partículas diésel.

Los datos de temperatura recogidos en las nueve máquinas supervisadas en condiciones de campo se resumen en la Tabla 4. Temperaturas medias (T_{op}) y máxima ($T_{máx}$) registradas durante las campañas de 2018 y 20219 en las nueve cosechadoras monitorizadas en condiciones de campo. Las condiciones ambientales se refieren a la temperatura máxima ambiental y la humedad relativa en ese instante. Las temperaturas más altas se registraron en el colector de escape para todas las máquinas, con temperaturas máximas superiores a 200 ºC en 5 de las máquinas y, en dos casos (máquinas #1 y #4), con temperaturas superiores a 250 ºC.

Tabla 4. Temperaturas medias (T_{op}) y máxima ($T_{máx}$) registradas durante las campañas de 2018 y 20219 en las nueve cosechadoras monitorizadas en condiciones de campo. Las condiciones ambientales se refieren a la temperatura máxima ambiental y la humedad relativa en ese instante.

Máquina	Localización de la sonda	N	Cosechadora		Condiciones ambientales	
			T_{op} (ºC)	$T_{máx}$ (ºC)	$T_{máx}$ (ºC)	HR(%)
Máquina #1	Colector de escape	2 448	190,2 ± 42,3	305,4	42,2	29,9
	SCR*	2 448	97,3 ± 19,2	142,1		
	Caja de cambios	2 448	52,2 ± 11,3	105,7		
	Salida de transmisión del motor	2 448	69,1 ± 11,4	89,1		

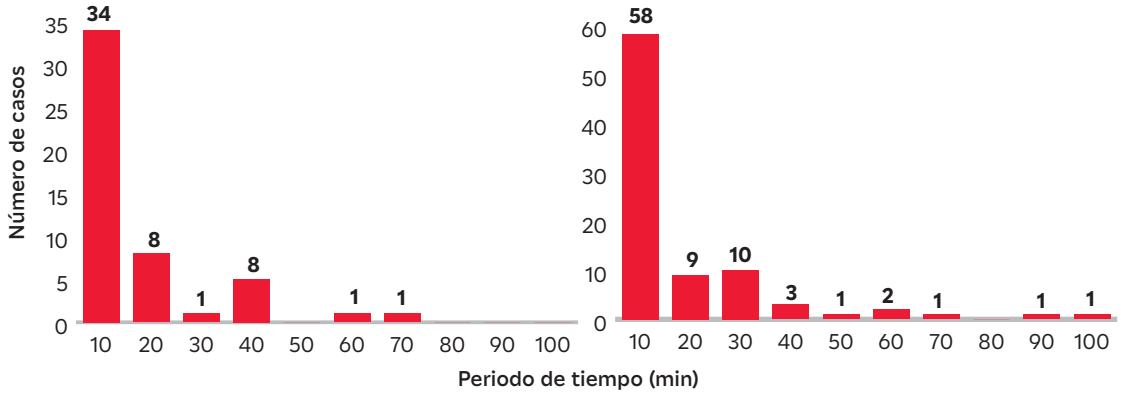
Máquina	Localización de la sonda	N	Cosechadora		Condiciones ambientales	
			T_{op} (ºC)	$T_{máx}$ (ºC)	$T_{máx}$ (ºC)	HR(%)
Máquina #2	Filtro de partículas	1 418	109,7 ± 16,2	154,2	43,8	20,5
	Caja de cambios	1 418	52,5 ± 9,9	97,1		
	Bloque del motor	1 418	56,2 ± 5,2	69,2		
	Salida de transmisión del motor	1 418	81,1 ± 8,6	95,1		
Máquina #3	Colector de escape	608	118,2 ± 27,3	159,9	42,6	22,6
	Bloque del motor	1 121	77,6 ± 9,7	87,9		
	Salida de transmisión del motor	1 121	69,4 ± 11,7	87,7		
Máquina #4	Colector de escape	968	216,7 ± 42,5	289,9	44,8	15,8
	Bloque del motor	968	72,5 ± 6,2	82,3		
	Salida de transmisión del motor	968	55,8 ± 7,6	70,4		
	Salida del sistema hidrostático	968	54,9 ± 7,4	69,5		
Máquina #5	Colector de escape	963	155,8 ± 21,2	222,7	44,9	16,4
	Bloque del motor	963	78,3 ± 8,5	93,1		
	Salida del sistema hidrostático	963	51,4 ± 5,9	67,8		
	Culata del motor	963	70,2 ± 4,5	78,8		
Máquina #6	Colector de escape	1 665	82,5 ± 13,1	105,8	47,9	11,2
	Bloque del motor	866	70,1 ± 8,1	85,9		
	Salida de transmisión del motor	1 665	60,3 ± 8,7	80,4		
Máquina #7	Colector de escape	1 036	110,6 ± 21,8	156,4	-	-
	Bloque del motor	1 036	71,4 ± 7,7	87,7		
	Salida de transmisión del motor	1 036	65,2 ± 9,3	80,1		
Máquina #8	Colector de escape	773	163,3 ± 35,0	230,3	-	-
	Bloque del motor	773	73,7 ± 6,2	84,9		
	Salida de transmisión del motor	773	39,6 ± 12,3	70,6		
Máquina #9	Colector de escape	574	132,8 ± 46,9	243,2	42,8	21,2
	Bloque del motor	574	69,3 ± 4,6	78,8		
	Salida de transmisión del motor	574	70,8 ± 10,6	94,2		

SCR: reducción catalítica selectiva.

En dos de las nueve máquinas analizadas en el estudio las temperaturas superaron de forma recurrente los 250 ºC en algunas de las zonas. La Figura 11 muestra el histograma de los períodos de tiempo en los que la temperatura superó 250 ºC en las máquinas #1 y #4. Por ejemplo, analizando el colector de escape, se registraron temperaturas superiores a 250 ºC en 34 ocasiones en la máquina #1 y en 58 ocasiones en la máquina #4. Aunque en la mayoría de los casos, la duración de estas altas temperaturas fue cercana a los 10 minutos, se registró un período de 100 minutos consecutivos con temperaturas superiores a 250 ºC en

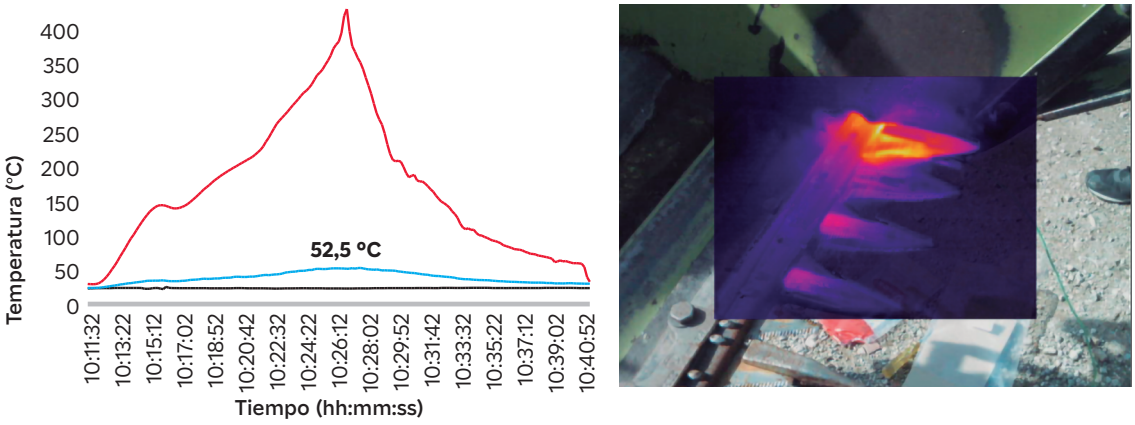
la máquina #4, y se registró un período de 70 minutos para la máquina #1. Este hecho, refuerza la conclusión sobre el alto riesgo de incendio en el colector de escape de las máquinas #1 y #4. Por otro lado, con la información disponible no se puede aventurar ninguna característica de diseño específica que pueda estar relacionda con dichos aumentos significativos y rápidos de la temperatura.

Figura 11. Histograma de periodos de tiempo en los que se alcanzaron temperaturas superiores a 250 ºC en el colector de escape. Izquierda: máquina #1; Derecha: máquina #4.



En relación con la barra de corte, analizando una barra con mal mantenimiento en la que se produce fricción entre cuchilla y contracuchilla, se observó que tras 10-15 minutos de trabajo la cuchilla friccionada había alcanzado 428 ºC (en comparación con una temperatura máxima de 52 ºC para una cuchilla que funcionaba en condiciones normales). La Figura 12 muestra la diferencia de temperatura entre la zona de la barra sometida a fricción y las otras cuchillas que trabajan en condiciones normales.

Figura 12. Izquierda: Evolución de la temperatura en la barra de corte para una cuchilla en buenas condiciones (azul) y para una cuchilla sometida a fricción (rojo). La temperatura ambiente se muestra en negro. Derecha: Imagen térmica de la cuchilla sometida a fricción.

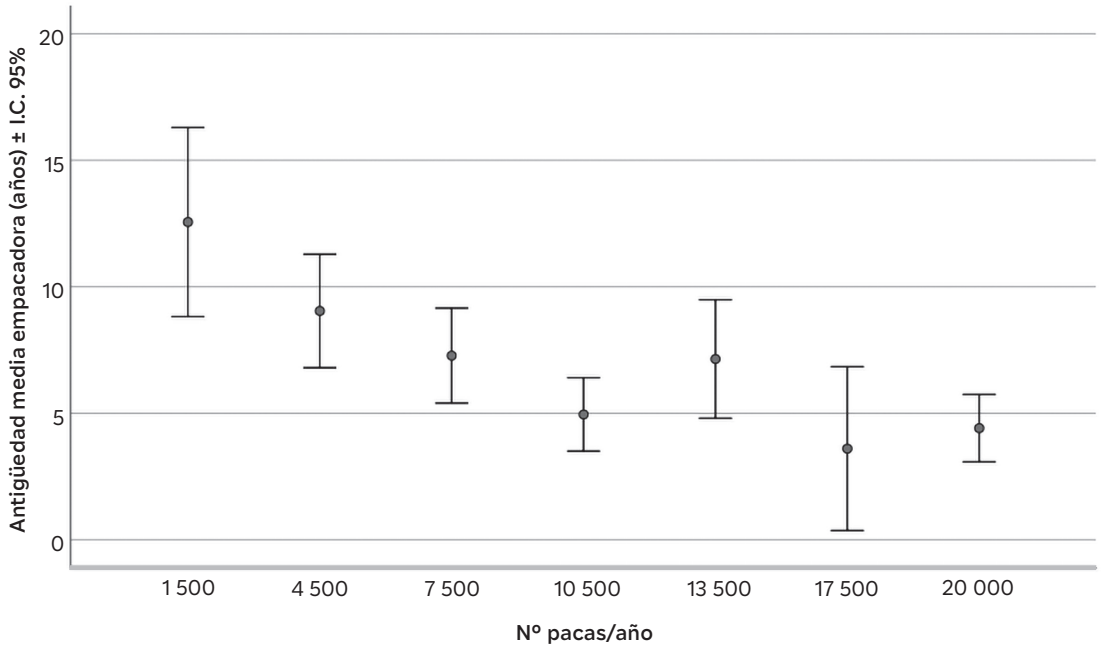


2.6. RIESGO DE INCENDIO EN EMPACADORAS

2.6.1. Características de las máquinas con mayor riesgo de incendio

Durante el periodo 2019-2022, el grupo LAMAGRI, en el marco del proyecto de investigación SEFE (Mejora de la seguridad en empacadoras), realizó un cuestionario dirigido a usuarios de macroempacadoras de Aragón con el objetivo de conocer su experiencia con los incendios en máquinas y de determinar el perfil real de las máquinas que habitualmente trabajan en el empacado de la paja de cereal en la época estival. El cuestionario recogió datos de 144 máquinas, con una antigüedad media de 7,3 años. La Figura 13 refleja el número de pacas/año realizado por las máquinas en función de su antigüedad, observándose una mayor utilización de las máquinas más modernas, mostrando aquellas que realizan más de 15 000 pacas al año una antigüedad menor de 5 años. Debe tenerse en cuenta que la capacidad máxima de trabajo de una macroempacadora oscila entre 25 000 y 30 000 pacas al año.

Figura 13. Antigüedad media de la empacadora (años) e intervalo de confianza 95% en función del número de pacas realizadas al año. Datos del cuestionario LAMAGRI a 144 máquinas en Aragón.



La Tabla 5 refleja el número de máquinas encuestadas con y sin incendio en función de las pacas/año realizadas por cada máquina y también en función del número de pacas totales acumuladas. De forma general, no se observó un patrón claro entre el número de pacas realizadas anualmente y la proporción de máquinas con incendio. Sin embargo, en el caso de pacas acumuladas, se observó un ligero incremento en el número de máquinas con

incendio a medida que aumentaba el número total de pacas realizadas a lo largo de la vida útil de las máquinas.

Teniendo en cuenta que las máquinas de menor antigüedad son las que más pacas/año realizan, el parámetro principal para valorar el riesgo de incendio no sería la antigüedad de la máquina sino su trabajo anual y acumulado cuantificado como número de pacas. Este hecho podría deberse al mayor número de horas que la empacadora se encuentra expuesta al riesgo de incendio, por realizar mayor cantidad de pacas y al mayor desgaste de sus componentes por la mayor carga de trabajo.

Tabla 5. Frecuencias para las variables pacas/año y pacas acumuladas. Datos del cuestionario LAMAGRI a 144 máquinas en Aragón.

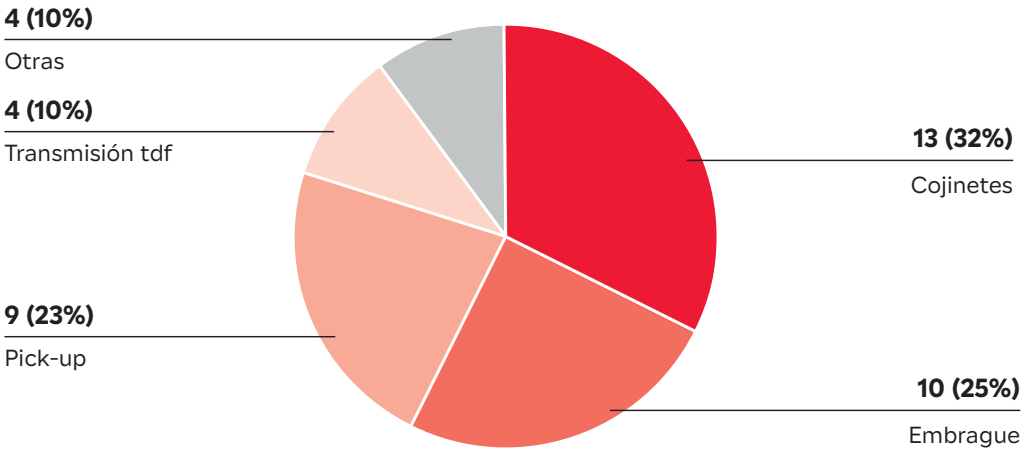
	pacas/año ≤ 4 500	4 500 < pacas/año ≤ 7 500	7 500 < pacas/año ≤ 10 500	10 500 < pacas/año	pacas acumuladas < 19 500	19 500 ≤ pacas acumuladas < 40 500	40 500 ≤ pacas acumuladas
Máquinas sin incendio	33	20	19	32	16	34	49
Porcentaje	73%	62,5%	79%	74,5%	76%	71%	65%
Máquinas con incendio	12	12	5	11	6	14	20
Porcentaje	27%	37,5%	21%	25,5%	24%	29%	35%
Número total de máquinas	45	32	24	43	21	48	75

De las 144 empacadoras analizadas, el 28% (40 máquinas) sufrieron un incendio o conato de incendio durante su vida útil. En la tabla 5 puede observarse un incremento, lógico, del porcentaje de máquinas con incendios a medida que aumenta el número de pacas acumuladas.

2.6.2. Zonas de origen de incendio

Las principales zonas de origen de incendio, en base a los resultados del cuestionario (Figura 14) fueron los cojinetes (32,5%) seguida del embrague (25%). Otras zonas destacables en el origen de incendio son el pick-up (22,5%) y la transmisión de la toma de fuerza (10%). El 10% restante pertenece a otras zonas de la máquina (cableados de sistemas eléctricos, etc.).

Figura 14. Zonas de origen de incendio registradas en el cuestionario (zona, número de máquinas, % respecto al total de máquinas con incendio). Datos del cuestionario LAMAGRI a 144 máquinas en Aragón.



Las empacadoras, a diferencia de las cosechadoras, no disponen de motores de combustión y por lo tanto no tienen zonas específicas de altas temperaturas. En este sentido, los puntos de mayor riesgo los constituyen los rodamientos y embragues, es decir, elementos sometidos a cargas y fricciones. Por lo tanto, en este tipo de máquinas es fundamental un correcto mantenimiento de sus componentes, así como la limpieza diaria de los residuos presentes en las mismas.

El análisis estadístico posterior de los datos del cuestionario, desarrollado en el estudio de Videgain-Marco *et al*. (2025), permitió profundizar en la identificación de factores asociados a la aparición de incendios. En este sentido, el uso de rastrillo para el hilerado previo al empacado fue la única variable que mostró una asociación estadísticamente significativa con la ocurrencia de incendios, incrementando aproximadamente 3,4 veces la probabilidad de incidencia en las empacadoras que trabajaban sobre cordones previamente rastrillados.

Este resultado sugiere que, además de la presencia de elementos sometidos a fricción, las condiciones de trabajo y el manejo del material en campo pueden influir en la generación de situaciones propicias para la ignición, posiblemente mediante el aumento del flujo de material y la acumulación de residuos en determinadas zonas de la máquina.

2.6.3. Cuantificación del riesgo de incendio

2.6.3.1. Temperatura alcanzada en la máquina

Se realizaron medidas experimentales de temperatura en 6 empacadoras de grandes pacas prismáticas durante las campañas de empacado de paja de cereal (cebada y trigo) en 2020 y 2021. Para ello se seleccionaron empacadoras con características variables en lo relativo

a: diseño, tipo de usuario (particular, empresa de servicio), antigüedad, pacas realizadas al año y pacas acumuladas. Las características de las máquinas monitorizadas se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de las empacadoras monitorizadas en la campaña 2020 y 2021.

Empacadora	Marca	Rastrillo	Nº pacas inicio	Nº pacas final	Periodo monitorización (dd/mm/aa)
#1	A	Sí	40	18 020	02/07/20-04/08/20
#2	C	Sí	8 100	19 000	09/07/20-22/09/20
#3	B	No	8 900	17 000	06/07/20-27/07/20
#4	B	Sí	84 970	87 954	22/07/20-18/08/20
#5	B	Sí	5 033	8 580	29/07/20-02/09/20
#6	A	Sí	146 000	157 898	23/06/21-07/09/21
#2	C	Sí	26 200	40 950	21/06/21-08/10/21
#5	B	Sí	11 000	18 200	23/06/21-16/09/21

Las sondas de temperatura se colocaron en puntos seleccionados en función de las zonas de riesgo detectadas en el cuestionario inicial, y de la viabilidad de colocar las sondas dependiendo de la tipología del chasis de los diferentes modelos. En la Tabla 7 se detallan los puntos de sondeo seleccionados en cada máquina, así como los valores de temperatura media, incluida la desviación estándar y el valor de temperatura máxima. También se incluye las condiciones ambientales en el momento de registro de la temperatura máxima.

Tabla 7. Temperaturas medias (Top) y máxima (Tmáx) registradas durante las campañas de 2020 y 2021 en las empacadoras monitorizadas en condiciones de campo. Las condiciones ambientales se refieren a la temperatura máxima ambiental y la humedad relativa en ese instante.

Máquina	Localización de la sonda	Temperatura empacadora		Condiciones ambientales	
		T_{op} (ºC)	$T_{máx}$ (ºC)	T (ºC)	HR (%)
Empacadora #1	Canal compresión	33,9 ± 6,8	47,3	40,3	16,2
	Rodamiento pick-up	37,1 ± 8,1	55,4	41,4	15,9
	Bomba hidráulica	47,1 ± 16,6	95,9	32,9	38,8
	Rodamiento ventilador	37,8 ± 10,2	64,5	32,5	28,4
	Transmisión fuerza pick-up	44,0 ± 10,3	58,4	41,4	17,8
	Grupo mecánico	40,7 ± 8,1	58,6	40,2	20,0

Máquina	Localización de la sonda	Temperatura empacadora		Condiciones ambientales	
		T_{op} (ºC)	$T_{máx}$ (ºC)	T (ºC)	HR (%)
Empacadora #2	Canal compresión	33,4 ± 7,1	51,5	38,4	33,7
	Bomba hidráulica	58,4 ± 14,5	86,2	33,0	36,8
	Freno horquilla	83,1 ± 42,3	190,6	30,4	38,8
	Rodamiento eje pick-up	32,3 ± 5,8	46,7	36,4	31,0
	Rodamiento izq eje pick-up	31,2 ± 6,0	45,6	37,7	32,1
Empacadora #3	Canal compresión	37,7 ± 7,9	58,3	41,0	19,7
	Bomba hidráulica	47,2 ± 12,9	75,5	33,9	37,1
	Freno horquilla	63,9 ± 26,1	113,7	37,0	37,1
	Rodamiento eje pick-up	36,8 ± 7,8	54,7	41,4	20,5
Empacadora #4	Rodamiento eje ventilador	34,0 ± 5,6	51,8	41,6	18,8
	Rodamiento cardan tdf	37,6 ± 5,8	52,4	39,7	21,5
	Freno horquilla	55,2 ± 13,3	79,1	23,2	39,2
	Rodamiento eje pick-up	34,3 ± 5,0	47,3	33,7	20,9
Empacadora #5	Canal compresión	36,7 ± 10,6	62,1	41,9	19,1
	Freno rueda	31,4 ± 4,4	44,2	42,0	18,8
	Freno horquilla	40,9 ± 13,2	95,1	34,2	29,4
	Grupo mecánico	45,8 ± 13,0	97,7	35,3	30,1
	Multiplicador tdf	39,3 ± 11,2	73,1	39,8	29,0
Empacadora #6	Canal compresión	34,3 ± 5,2	46,7	35,7	31,1
	Bomba hidráulica	66,3 ± 29,6	128,7	35,5	41,8
	Freno rueda	32,2 ± 5,1	43,8	42,8	19,6
	Transmisión fuerza pick-up	40,1 ± 5,1	58,2	40,3	18,7

La temperatura más elevada se registró en el freno de la horquilla, alcanzando los 190,6 ºC. Este mecanismo junto con la bomba hidráulica, fueron los puntos más calientes de las empacadoras, con mayor riesgo de incendio. Ambos mecanismos muestran diferentes temperaturas según el modelo de empacadora. De este modo, las temperaturas son variables en función de la metodología de trabajo que cada usuario de empacadora desarrolla, las condiciones climáticas de la situación geográfica donde la empacadora trabaja u otras posibles razones como el mantenimiento o la supervisión de los mecanismos.

No obstante, ninguna de las temperaturas registradas superó el umbral de ignición establecido para los residuos finos de paja (250 ºC), detallado en el apartado anterior, lo que sugiere que el calentamiento mecánico por sí solo difícilmente constituye el origen directo del incendio, aunque puede contribuir a su propagación en condiciones favorables

2.7. MEDIDAS CORRECTORAS

2.7.1. Aspectos normativos

Los fabricantes de maquinaria agrícola deben cumplir diferentes normativas relacionadas con la seguridad de la máquina. Concretamente, la normativa común referente a todas las máquinas:

- Reglamento UE 2023/1230 de 14 de junio de 2023, relativo a máquinas.

El Reglamento UE 2023/1230 tiene el doble objetivo de armonizar los requisitos de salud y seguridad que se aplican a las máquinas sobre la base de un nivel elevado de protección de la salud y de la seguridad y, al mismo tiempo facilitar la libre circulación de maquinaria dentro del mercado interior. El riesgo de incendio está cubierto por el citado Reglamento en las secciones 1.5.6, donde se especifica: "Las máquinas o los productos relacionados se diseñarán y fabricarán de manera que se evite cualquier riesgo de incendio o de sobrecalentamiento provocado por ellos o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias producidas o utilizadas por ellos", y 3.5.2: " En función de los peligros previstos por el fabricante, y cuando sus dimensiones así lo permitan, la máquina deberá: a) permitir la instalación de extintores fácilmente accesibles, o b) ir provista de sistemas de extinción que formen parte integrante de la máquina".

Adicionalmente, la norma UNE-EN ISO 4254 relativa a Maquinaria agrícola. Seguridad, consta de diferentes partes relacionadas de forma específica con cosechadoras y empacadoras:

- Cosechadoras: Norma UNE-EN ISO 4254-7:2017. Maquinaria agrícola. Seguridad. Parte 7: Cosechadoras de cereales, de forraje, de algodón y de caña de azúcar.
- Empacadoras: Norma UNE-EN ISO 4254-11:2010. Maquinaria agrícola. Seguridad. Parte 11: Empacadoras.

La Norma UNE-EN ISO 4254-7 especifica los requisitos de seguridad y su verificación para el diseño y fabricación de cosechadoras de cereales, picadoras de forraje, cosechadoras de algodón y cosechadoras de caña de azúcar. Describe los métodos para la eliminación o reducción de riesgos derivados del uso previsto y del mal uso razonablemente previsto de estas máquinas por una persona en el curso de las labores normales de trabajo y reparación. Adicionalmente, especifica el tipo de información relativa a las prácticas de trabajo seguras que debe suministrar el fabricante.

El apartado 4.10 titulado "peligro de incendio" de la norma refleja lo siguiente:

- "Se debe prever la colocación de extintores de incendios en la proximidad del puesto de trabajo del operador".
- "El fabricante debe de incluir en el manual del operador recomendaciones acerca del número, tipo y localización de los extintores de incendios. Si sólo se especifica que haya

un extintor, entonces este deberá estar situado próximo al puesto de trabajo del operador y contendrá 6 kg (en seco) o 9,5 l (líquido) de material de extinción".

La Norma UNE-EN ISO 4254-11, relativa a empacadoras, en el apartado 7.1. correspondiente al Manual del operador, especifica que se debe incluir la siguiente información:

- "la importancia que tiene el mantenimiento periódico de la empacadora y la limpieza del material vegetal enrollado o del material de atado para reducir el riesgo de incendio".

Podemos observar que la legislación, en referencia a los incendios en máquinas es muy simple, la única obligación, incluida en la Directiva europea de Máquinas y con aplicación en ambos tipos de máquinas (cosechadoras y empacadoras), es la colocación de extintores, sin ningún tipo de especificidad ni regulación al respecto.

Adicionalmente a la normativa nacional y europea, las comunidades autónomas regulan a nivel regional los medios de extinción obligatorios a bordo de las máquinas cosechadoras y empacadoras, ligados al índice de riesgo de incendio existente. En este sentido, además de las restricciones de trabajo ligadas a franjas horarias en función de las condiciones ambientales, es habitual la exigencia de diferentes medios de extinción como: extintores, mochila portátil con agua, batefuegos, cuba de agua o tractor con grada.

2.7.2. Criterios de diseño

Durante la fabricación de cosechadoras se llevan a cabo una serie de medidas por parte de los fabricantes con el objetivo de minimizar los riesgos de incendio. En las siguientes líneas se muestra la información al respecto facilitada por la Asociación Nacional de Maquinaria Agropecuaria, Forestal y de Espacios Verdes, ANSEMAT, (obtenida de los principales fabricantes de cosechadoras):

- Diseño de la máquina pensado en minimizar torsiones.
- Materiales especiales en las partes de la máquina sometidas a fricción, especialmente en el corte, en las partes en contacto directo con el suelo.
- Aislamiento de elementos sometidos a altas temperaturas. El tubo de escape está aislado térmicamente.
- Diseño de deflectores, cajones y chapas laterales inclinados para reducir la acumulación de residuo. Además, se diseñan las esquinas del compartimento del motor en ángulo para reducir la acumulación de residuo.
- Pantallas que garantizan la entrada de aire totalmente limpio al radiador y al motor. Superficies de protección del motor completamente lisas.
- Filtros de aire adicionales para optimizar la refrigeración y evitar sobrecalentamiento del motor.
- Separación de componentes del motor para minimizar el riesgo de acumulación de residuos.
- Sistema de engrasado automático de las partes sometidas a rozamiento continuo.
- Diseño de las cribas de aluminio para reducir el peso y esfuerzo en los rodamientos.

2.7.3. Posibles medidas a implementar

Después de este análisis la pregunta clave es: **¿qué medidas prácticas podemos llevar a cabo para minimizar el riesgo de incendios originado por las cosechadoras y empacadoras?**

Las medidas técnicas son variadas y pueden agruparse en cuatro niveles.

- **Nivel 1.** Podemos considerar que este nivel es responsabilidad del fabricante y está ligado al diseño adecuado de la máquina para reducir el riesgo de incendio. Actualmente, se basa en aspectos como: aislamiento térmico de los tubos de salida de gases de escape del motor; utilización de materiales especiales en zonas sometidas a fricción como la base de la barra de corte; diseño de deflectores inclinados para reducir la acumulación de residuo; instalación de sistemas de ventilación y filtrado de aire en la zona del motor para evitar la acumulación de residuos; carenado del motor para evitar la acumulación de residuos; diseño de cribas de aluminio para reducir el peso y esfuerzo en los rodamientos; etc.
- **Nivel 2.** La responsabilidad de estas medidas recaería principalmente en el usuario de la máquina. Este nivel representa las medidas por todos conocidas, ligadas a un correcto mantenimiento y uso de la máquina: realizar revisiones periódicas de las máquinas en taller homologado; cambiar rodamientos y cadenas de transmisión cuando cumplan el número de horas estipulado; ”soplar” el residuo presente en la máquina todas las mañanas antes del inicio de la jornada; revisar el correcto funcionamiento de la barra de corte y siempre parar y revisar la barra ante cualquier golpe con un obstáculo; no añadir a la base de la barra de corte aceros de alta dureza; utilizar como recambios piezas originales o avaladas por el fabricante; asegurarse de que los extintores manuales están en correcto estado; etc.
- **Nivel 3.** Estaría constituido por la implementación de sistemas de monitorización que avisen del riesgo de incendio de manera objetiva mediante la medida en continuo de la temperatura de la superficie de las zonas de riesgo de la máquina, ligada a la medida en continuo de parámetros ambientales (temperatura, humedad relativa y viento). Este tipo de sensores representan un coste muy reducido respecto al precio de la máquina y permitirían, de una forma práctica, establecer avisos para la toma de decisiones del maquinista (reducción de las revoluciones de la máquina, incremento máximo de la vigilancia e incluso parada temporal de la máquina). Como ejemplo, a fecha febrero de 2026, el precio medio de una cosechadora de cereal incluyendo el cabezal y con un equipamiento standard varía entre 290 000 € para potencias en torno a 275 CV y 650 000 € para potencias en torno a 610 CV. Un sistema de monitorización podría tener un coste de implementación en torno a los 4 000 €. En el futuro, también se podrían implementar otros tipos de sensores para la medida, por ejemplo, de vibraciones que indirectamente indiquen un incorrecto funcionamiento de transmisiones, rodamientos o partes de la máquina en movimiento.
- **Nivel 4.** Como paso más avanzado las cosechadoras y empacadoras pueden ser equipadas con sistemas activos (hasta ahora hemos hablado de sistemas pasivos) de autoextinción cuyo uso no está extendido todavía en España, pero que ya se comercializan de forma habitual en América del Sur, Estados Unidos y Australia. Se trata de sistemas de extinción que aplican productos específicos para la extinción de incendios a través de

una instalación fija con boquillas colocadas en diferentes zonas de la máquina, que se alimentan mediante un sistema de tuberías desde botellas/depósitos con producto antiincendios (polvo seco, líquido, duales). En base a información recopilada por sensores de temperatura u ópticos ubicados en las zonas clave de la máquina, capaces de detectar el origen del incendio, el sistema se activa automáticamente extinguiendo el mismo y evitando su propagación.

2.7.4. Sistemas de autoextinción

Los sistemas de detección y extinción (García Ramos *et al*., 2022) están constituidos por uno o varios depósitos de agente extintor del que parte un circuito de conductos que finaliza en un conjunto de boquillas o toberas que aplican el agente extintor cuando se detecta una elevada temperatura en una zona de la máquina. Las boquillas se distribuyen en aquellas zonas de la máquina más susceptibles de sufrir un inicio de incendio. En paralelo, el sistema dispone de componentes específicos para detectar dicho incremento de temperatura de forma que dichos componentes actúan sobre las válvulas que abren el circuito que transporta el agente extintor a las boquillas de extinción. Es habitual también que existan elementos de aviso en cabina o en otras zonas de la máquina (ópticos y/o acústicos) así como la opción de activar voluntariamente el sistema con pulsadores manuales. Todo el sistema se gestiona por una centralita de control ubicada normalmente en la cabina de la máquina o tractor. Las Figuras 15 y 16 ilustran sobre el funcionamiento del sistema.

Figura 15 Sistema de detección Georgia GVS. Inicio de incendio. C: centralita de control; P: pulsador manual; D: sistema de detección. E: sistema de extinción. Documentación: Tecni Total S.A.

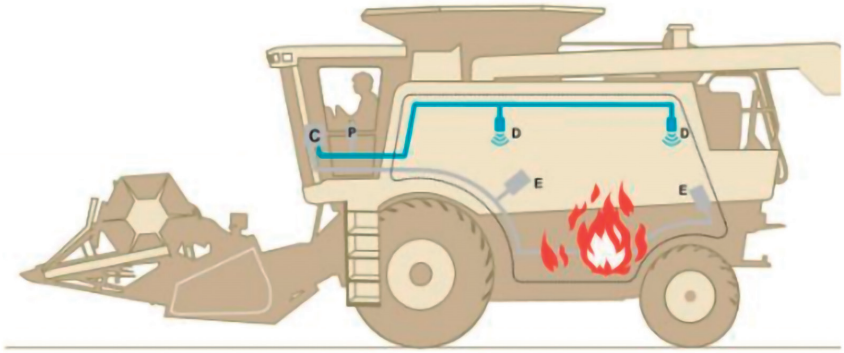
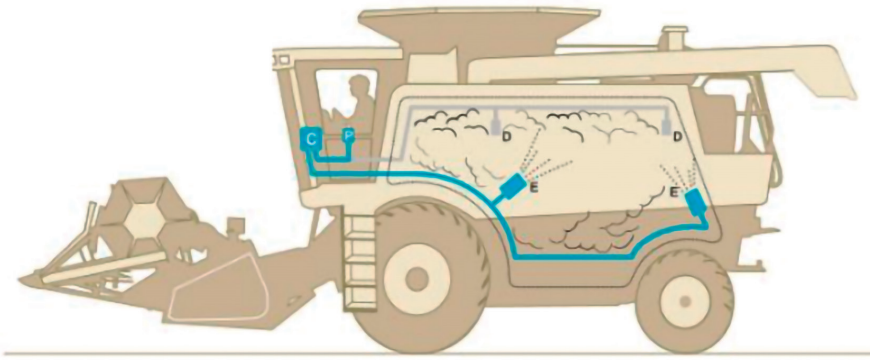
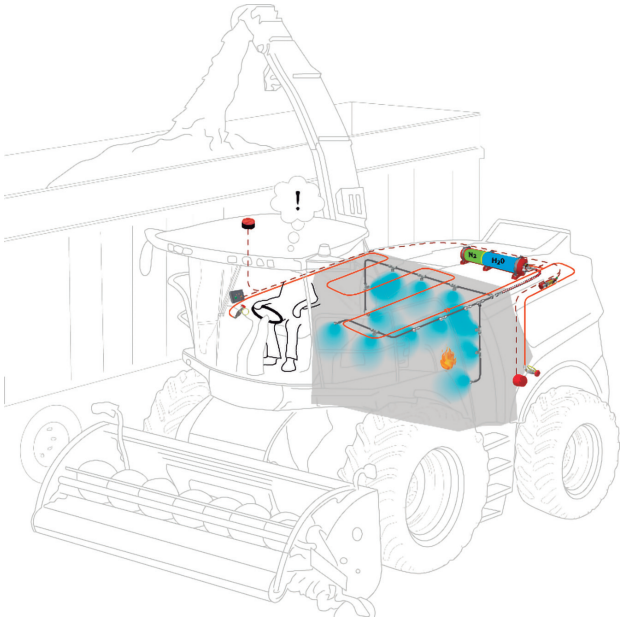


Figura 16 Sistema de detección Georgia GVS. Extinción del incendio. C: centralita de control; P: pulsador manual; D: sistema de detección. E: sistema de extinción. Documentación: Tecni Total S.A.



Existen diferentes fabricantes que comercializan esta tecnología, con pequeñas diferencias centradas básicamente en el modo de detección del incremento de temperatura en las zonas de la máquina que son monitorizadas y en el agente extintor utilizado. Dicha tecnología es modular y se puede equipar en máquinas ya en uso como un kit específico adicional. Su precio es variable según las zonas de riesgo a cubrir situándose en cifras orientativas en torno a los 7 000 €. En este sentido, básicamente hay dos sistemas de detección: a) tuberías presurizadas (Figura 17) que, ante la rotura localizada de sus paredes, debido a un incremento de temperatura, activan el sistema por bajada de presión; y b) sistemas de señal eléctrica: cables detectores o sensores de temperatura (Figuras 15 y 16) que captan la elevación de la temperatura y envían una señal a la central eléctrica que activa el sistema. Los sistemas de detección permiten diferentes valores de temperaturas para la activación del circuito de agente extintor, oscilando desde valores cercanos a los 100 ºC hasta valores cercanos a los 300 ºC.

Figura 17. Sistema de detección y extinción Fogmaker. Documentación: DIMM.



3

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. SINIESTRALIDAD DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

- Los siniestros en el sector agrario son mucho más numerosos que lo reflejado en las estadísticas de siniestros laborales.
- Los siniestros mortales afectan en su gran mayoría a hombres con una edad bastante elevada, alcanzando casi los 60 años de media (59,8).
- Las épocas con mayor incidencia de siniestros son la primavera, el principio del verano y el mes de octubre.
- Es necesario que los y las trabajadoras del sector, estén o no dados de alta como tales, apliquen las medidas de prevención y protección adecuadas. Para ello deben tomar conciencia de los riesgos que corren en el desarrollo de su actividad, prestando especial atención en los desplazamientos con el tractor por caminos y carreteras, más aún si van con remolque.
- Los siniestros son tan variados como el número de tareas diferentes que se desempeñan, sin embargo, el tractor es el vehículo implicado en más del 70% de los accidentes mortales.
- El vuelco de tractor resulta el siniestro mortal más repetido y la causa más frecuente de estos son los trabajos en parcela, seguido por las salidas de vía en carreteras y caminos.
- La casi totalidad de vuelcos mortales son con tractores sin ROPS o con el arco de protección abatido.
- Dado que es imposible eliminar totalmente el riesgo de vuelco de tractor, se deben limitar sus consecuencias mediante el uso conjunto de una ROPS y del cinturón de seguridad. En el caso de que el tractor no lleve ROPS de serie, se le debería instalar una ROPS homologada (Mangado, 2006). En caso de no existir una estructura homologada, la mejor opción sería renovar el tractor y, en todo caso, instalar una diseñada por un método contrastado. Para ello se puede utilizar el programa ESTREMA diseñado específicamente para este fin (https://www.unavarra.es/mecatronica-agraria/transferencia-tecnologica?languageId=100000).

- Evidentemente si el tractor dispone de arco de protección, éste debe ir siempre en posición elevada, y haciendo uso siempre del cinturón de seguridad.
- El envejecimiento del parque de tractores en España es un hecho. Más de un tercio del total de los tractores (unas 900 000 unidades) dados de alta en el ROMA superan los 40 años de antigüedad y un 40% tienen entre 20 y 40 años (MAPA, 2024). Estos tractores antiguos suelen carecer de sistemas de seguridad activa y pasiva actualmente disponibles, como estructuras ROPS eficaces, cinturones de seguridad, mejoras en la estabilidad, en los sistemas de frenado avanzados o ayudas electrónicas a la conducción. Por el contrario, los tractores de nueva generación incorporan esos sistemas y otras tecnologías que mejoran directa o indirectamente la seguridad laboral, como la gestión electrónica de la transmisión, el control de estabilidad, la monitorización de pendientes o los sistemas de alerta al operador, lo que refuerza la necesidad de fomentar la renovación del parque como una medida clave para reducir la mortalidad en el sector agrario.
- La DGT debería facilitar la información desagregada de los siniestros de circulación en los que hay implicados tractores o máquinas agrícolas y tomar medidas específicas para reducir las tasas de siniestros y de mortalidad con este grupo de vehículos.
- Se debe incrementar y facilitar la formación y la información sobre prevención de riesgos laborales en el sector agrario para revertir la alta siniestralidad del mismo.

3.2. RIESGOS DE INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS

Las máquinas agrícolas utilizadas habitualmente en la campaña estival de recolección del cereal (cosechadoras y empacadoras) conllevan un riesgo inherente a la generación de incendios dado que trabajan en épocas de altas temperaturas y baja humedad relativa, y, adicionalmente, están constituidas por tecnología basada en transmisiones mecánicas, circuitos oleohidráulicos y circuitos eléctricos, que pueden ser objeto de averías, deterioros, mal mantenimiento etc.

Como en cualquier tipo de máquina, el riesgo cero no se puede garantizar, pero actualmente las máquinas comercializadas están dotadas de una alta seguridad. Si, adicionalmente, se implementan protocolos de mantenimiento adecuados y tecnología de apoyo a la detección y extinción de incendios, la seguridad de trabajo de estas máquinas es muy elevada. Por lo tanto, no son máquinas que deban ser demonizadas, sino al contrario, deben ser utilizadas con total normalidad, dotándolas de seguridad, para lo cual se requiere un buen mantenimiento e implementación de tecnología de apoyo para la detección de zonas con altas temperaturas en la máquina.

4

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4.1. SINIESTRALIDAD DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

Arana, I., Mangado, J., Arnal, P., Arazuri, S., Alfaro, J.R., y Jarén, C. (2010). *Evaluation of risk factors in fatal accidents in agriculture*. Spanish Journal of Agricultural Research. 8(3): 592-598.

Arazuri S., Mangado T., Arnal P., López-Maestresalas A., Jarén C. *Seguridad es vida: 5. Remolques (Parte 1).* Agrotécnica 2024, XXVII, 10, 62-65.

Arazuri S., Mangado T., Arnal P, López-Maestresalas A, Jarén C. *Seguridad es vida: 5. Remolques (Parte 2).* Agrotécnica 2024, XXVII, 11, 62-68.

Arazuri S., Mangado T., Arnal P, López-Maestresalas A, Jarén C. *Seguridad es vida: 5. Remolques (Parte 3).* Agrotécnica 2024, XXVII, 12, 64-69.

Arnal Atarés, Pedro. (2017). *Análisis de la información sobre siniestros en el sector agrario recogida en los medios de comunicación en el decenio 2004 a 2013*. Tesis doctoral. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

Arnal, P., Jarén, C., López-Maestresalas, A., Arazuri S. (2017). *Los tractores agrícolas y los siniestros de tráfico (2004-2013)*. Agrotécnica. Año XX, nº 4, p. 71-76.

Arnal P., Mangado T., Jarén C., Arazuri S., López-Maestresalas A. *Seguridad es vida: 3. Atrapamiento por la toma de fuerza.* Agrotécnica 2024, XXVII, 8, 54-63.

BOE (1995). Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269.

BOE (2015). Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. BOE nº 261.

Cardil, A., Salis, M., Spano, D., Delogu, G., Molina Terrén, D. (2014). *Large wildland fires and extreme temperatures in Sardinia (Italy).* iForest - Biogeosciences and Forestry, 162-169.

INSHT (2026). *Diagnóstico de situación del sector agrario. Estudio de las condiciones de trabajo en el sector a partir del análisis de la siniestralidad.* NIPO: 272-16-052-9

INSST (2022). *Plan Nacional de Sensibilización en Seguridad y Salud en el Trabajo en el Sector Agrario*. Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. Grupo de Trabajo Sector Agrario.

Fernández-Anez, N., García-Torrent, J. (2019). Influence of Particle Size and Density on the Hot Surface Ignition of Solid Fuel Layers. Fire Technology, 55, 175-191.

Fundación MAFRE (2020). Siniestralidad, mortalidad agrícola, vuelcos de tractores e incendios en cosechadoras 2010–2019. https://noticias.fundacionmapfre.org/wp-content/uploads/2020/02/INFORME-SINIESTRALIDAD-AGRICOLA-2010-2019.pdf

Jarén, C., Arazuri, S., Arnal, P., López Maestresalas, A., Mangado Ederra, J.M. (2018). *Siniestralidad agraria en España (2004 a 2013).* Tierras de Castilla y León, núm. 260, pp. 36 – 41.

Jarén C., Mangado T., Arnal P., Arazuri S., López A. *Seguridad es vida: 1. El atropello o autoatropello con vehículos agrícolas.* Agrotécnica 2024, XXVII, 6, 62-71.

Lecca, E. R., Guevara, L. R., & Boza, O. C. (2013). Riesgos psicosociales. Industrial Data, 16(1), 070-079.

López Gallego, X.M. (2017). *Condiciones de trabajo, riesgos y siniestralidad en las explotaciones agropecuarias de Galicia. Análisis de situación y propuestas de mejora.* Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. España.

López-Maestresalas, A., Mangado, T., Jarén, C., Arnal, P. & Arazuri, S. *Seguridad es vida: 4. Motocultores.* Agrotécnica 2024, XXVII, 9, 56-68.

Mangado, J. (2006). *Diseño, cálculo, construcción y ensayos de estructuras de protección al vuelco para tractores de ruedas.* Tesis Doctoral. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

Mangado, J.M., Arnal, P., López-Maestresalas, A., Arazuri, Jarén, C. (2019). *Siniestros mortales en el sector agrario en los últimos 15 años.* X Congreso Ibérico de Agroingeniería. Huesca, España.

Mangado T., Jarén C., Arnal P., Arazuri S., López-Maestresalas A. *Seguridad es vida: 2. El vuelco del tractor.* Agrotécnica 2024, XXVII, 7, 56-69.

MAPA (2024) https://www.elmundo.es/economia/macroeconomia/2024/12/30/677165dcfdddff5bb78b4572.html

Mayrhofer *et al.,* (2013). *Occupational incidents with self-propelled machinery in Austrian agriculture.* Journal of Agromedicine. 18(4): 359-367.

MITES (2025). Ministerio de Trabajo y Economía Social. *Estadísticas de accidentes de trabajo.* https://www.mites.gob.es/es/estadisticas/condiciones_ trabajo_relac_laborales/EAT/welcome.htm

4.2. RIESGOS DE INCENDIOS EN COSECHADORAS Y EMPACADORAS

Ayudán C. (2021). *Estudio del riesgo de incendio en empacadoras agrícolas*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Zaragoza.

Ayudán C., Videgain M., Vidal M., Boné A., García Ramos F.J. (2022). *Análisis del riesgo de incendios en empacadoras*. Vida Rural – MAQ, 514, 46-50.

Cardil A., Salis M., Spano D., Delogu G., Molina Terrén, D. (2014). *Large wildland fires and extreme temperatures in Sardinia (Italy).* iForest - Biogeosciences and Forestry, 162-169.

Fernández-Anez N.,García-Torrent J. (2019). *Influence of Particle Size and Density on the Hot Surface Ignition of Solid Fuel Layers*. Fire Technology, 55, 175-191.

Fundación Mapfre (2020). Siniestralidad, mortalidad agrícola, vuelcos de tractores e incendios en cosechadoras 2010-2019.

García Ramos F.J., Videgain M., Val J. (2022). *Sistemas de detección y extinción de incendios en cosechadoras de cereal*. Vida Rural – MAQ, 517, 54-58.

MAPA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2019) *Los incendios forestales en España. Decenio 2006-2015*. Madrid, 2019.

MITECO. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2026) *Incendios Forestales.* Avances informativos. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/estadisticas-avances.html. A fecha 16 de febrero de 2026.

Polin J. P., Gu Z., Humburg D., Dalsted K. (2013). *Sunflower dust properties that contribute to increased fire risk during harvest and biorefinery operations*. Industrial Crops and Products 50, 227-231.

Quick G. R. (2010). *An investigation into combine harvester fires*. Grains Research and Development Corporation: Australia, 20.

Shutske J.; Field W.E. (1998). *An Integrated Loss Control Strategy for Grain Combine Fires*. In 1988 International. Winter Meeting of the American Society of Agricultural Engineers; American Society of Agricultural Engineers: Chicago, IL, US.

Shutske J. M., Field W. E., Gaultney L. D., Parsons S. D. (1990). *Agricultural Machinery Fire Losses: A Preventative Approach*. Applied Engineering in Agriculture 6, 575-581.

Val-Aguasca J. (2019). *Análisis de riesgos de incendios en cosechadoras de cereales en Aragón*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Zaragoza.

Val-Aguasca J., Videgain M., Martín-Ramos P., Vidal M., Boné A., García-Ramos F.J. (2019). *Fire Risks Associated with Combine Harvesters: Analysis of Machinery Critical Points*. Agronomy 2019, 9, 877; doi:10.3390/agronomy9120877.

Val-Aguasca J., Videgain M., Martín P., Vidal M., Boné A., García Ramos F.J. (2021). *Riesgo de incendio en cosechadoras de cereal*. Vida Rural – MAQ, 501, 46-52.

Venem, M., Shutske, J. (2002). *Combine fire prevention and control summit*. CIGR XVth World Congress; American Society of Agricultural and Biological Engineers, (pág. 028017). Chicago, IL, USA.

Videgain-Marco, M.; Ayudán-Ibarz, C.; Vidal-Cortés, M.; Boné Garasa, A.; García-Ramos, F.J. Assessing fire risk in agricultural balers: a comprehensive study. Agriculture 2025, 15, 908.

Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas. Disponible el 17 de abril de 2026 en https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-81063.

ANEXO

Figura A.1. Distribución por provincias del número de personas fallecidas en siniestro en 2023.

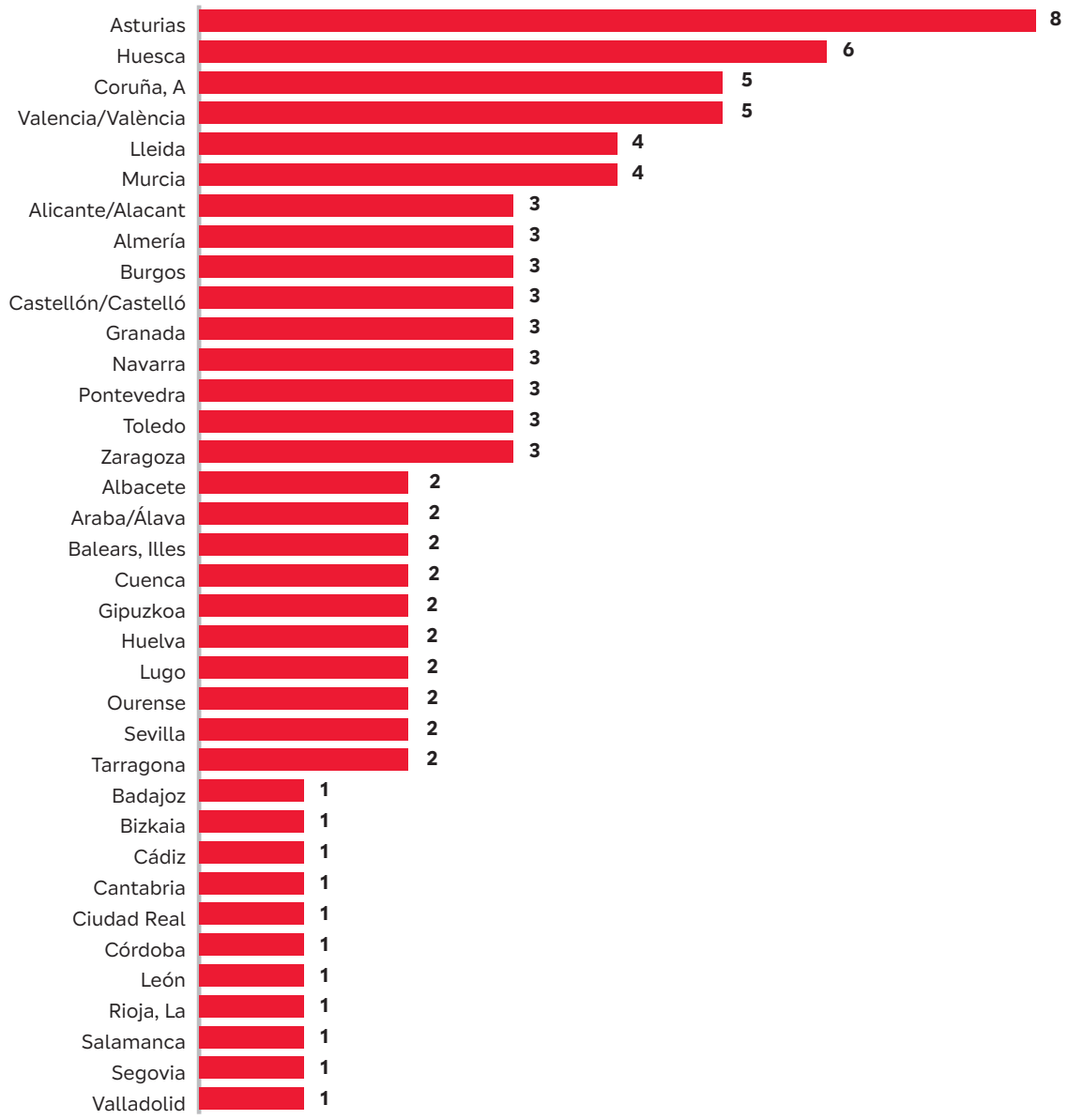
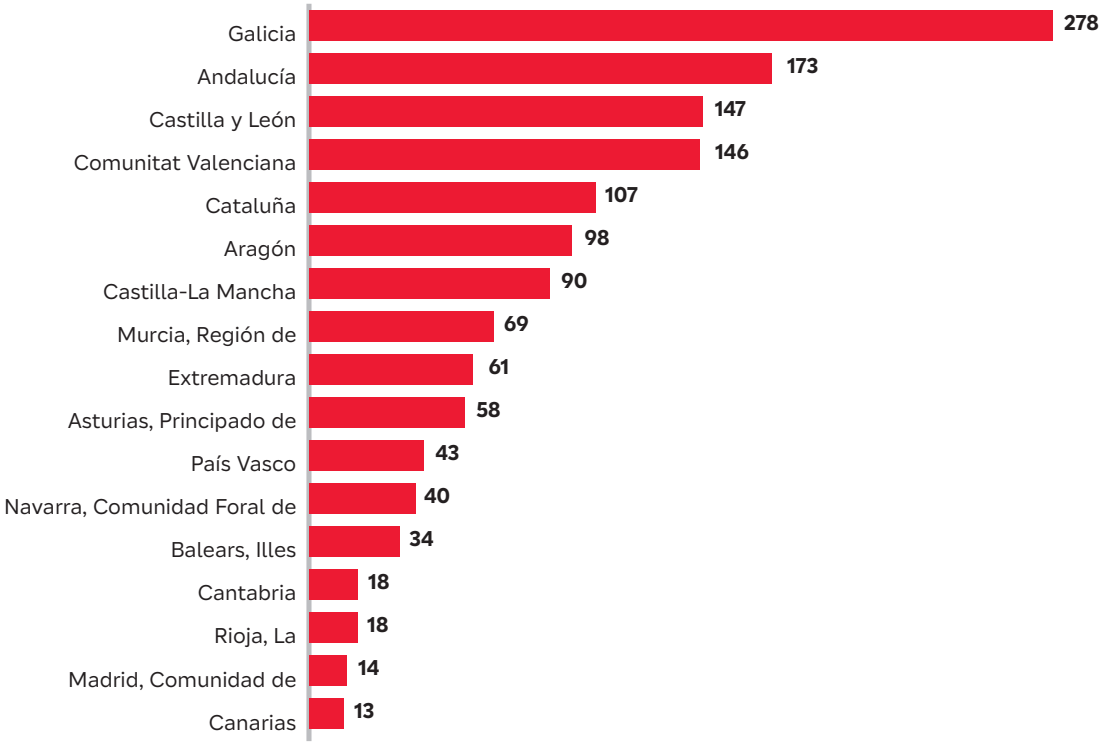


Figura A.2. Distribución por Comunidades Autónomas del número de personas fallecidas en siniestro (2010-2023).



Fundación mapfre

www.fundacionmapfre.org
P.º Recoletos, 23
28004 Madrid