

Riesgo de incendios en cosechadoras de cereal

Condiciones para el inicio de un incendio en una cosechadora y formas de evitarlo

J. Val, M. Videgain, P. Martín, M. Vidal, A. Boné, F.J. García-Ramos.

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Zaragoza – Campus Huesca.



Cosechadora de cereal trabajando en parcela.

La cosechadora de cereal es la máquina reina de las explotaciones cerealistas e integra numerosas tecnologías (mecánica, neumática, oleohidráulica, eléctrica, electrónica, etc.) necesarias para realizar de forma eficiente los procesos de siega, trilla, limpieza, almacenamiento y descarga del grano. En el caso de cereales que se cosechan en verano, como trigo y cebada, todas estas tecnologías conviven con temperaturas exteriores elevadas y humedades relativas bajas. Estos condicionantes suponen un riesgo para la transmisión a la parcela y al monte colindante de aquellos incendios que pudieran tener su origen en la propia máquina.

Conversar con usuarios de cosechadoras que han tenido experiencias con incendios en sus máquinas nos permite conocer casos concretos que orientan sobre la causa inicial del incendio. Comentarios como “una chispa en la barra de corte”, “olor a quemado en la zona del motor”, etc., son habituales y, aunque aportan información útil, en muchos casos generan también incertidumbre ante la falta de concreción y de identificación de la causa real que originó el problema. Y este hecho no debería ser asumido como natural cuando hablamos de máquinas con un coste de adquisición elevado y que, además, pueden derivar, en caso de incendio forestal, en daños ambientales muy graves.

Por ello debemos centrar el problema y analizar las causas. En este sentido, la causa más habitual de inicio de incendio en una cosechadora es el contacto durante un tiempo prolongado de materiales combustibles (restos de cereal) con zonas de la máquina que se encuentran a alta temperatura (salida de gases del motor, cojinetes en mal estado, transmisiones defectuosas, barras de corte con rozamientos mecánicos, etc.).

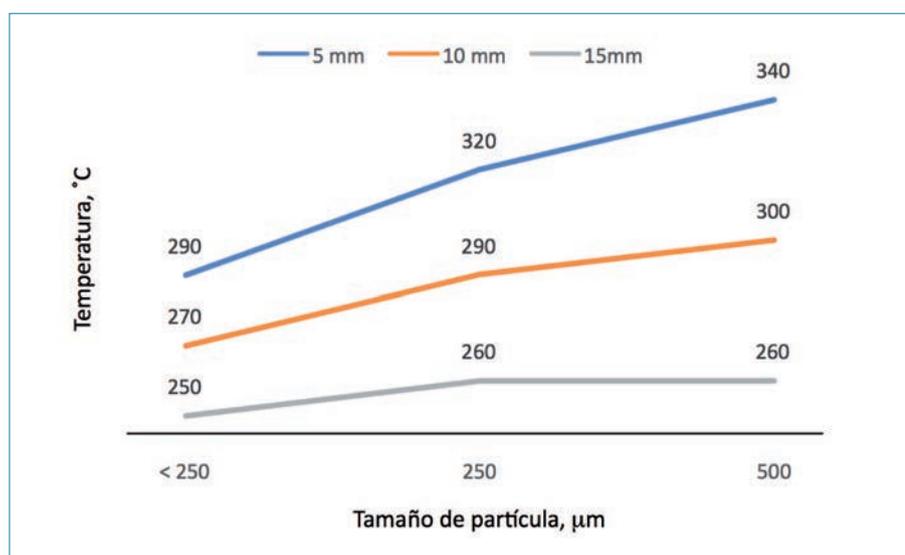
¿Dónde se origina el incendio?

Para responder a esta pregunta, nos centraremos en los resultados del proyecto realizado recientemente (2017-2019) por

CUADRO I. ZONAS DE ORIGEN DE INCENDIOS EN COSECHADORAS SEGÚN DIFERENTES ESTUDIOS.

Zona	Estudio Universidad Zaragoza	Compañía aseguradora (estudio UZ)	Quick, 2010	Shutske & Field, 1988	Shutske J. M. et al., 1990
Barra de corte	30,7%	11,1%	6,4%	-	3%
Causas eléctricas	8,7%	25,9%	12,9%	34%	14%
Zona del motor	31,8%	33,3%	45,4%	40%	33%
Otras zonas	10,9%	7,4%	12,9%	8%	28%
Cojinetes y correas	17,5%	22,2%	22,1%	18%	22%

FIG 1. Temperatura de ignición en función del tamaño de partícula (residuo de trigo) para tres espesores de muestra.



el Laboratorio de Maquinaria Agrícola (Lamagri, <http://lamagri.unizar.es/>) de la Escuela Politécnica Superior-campus Huesca de la Universidad de Zaragoza. El estudio, donde se han analizado los riesgos de incendio en cosechadoras de cereales, ha estado financiado por el Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2014-2020, del Gobierno de Aragón, en el que los socios beneficiarios ha sido Asaja-Huesca, Agpme-Itaga, la Escuela Politécnica Superior (Universidad de Zaragoza), Ansemat, Agracon, la Soc. Coop. Campo Santa Leticia y una agricultora a título personal. Los principales resultados de este proyecto se encuentran publicados en un Trabajo Fin de Máster de la Universidad de Zaragoza (autor Jesús Val) y en una publicación científica

en la revista *Agronomy*. En este proyecto se incluyeron 221 cosechadoras de las que 74 tuvieron casos de inicio de incendio. Se obtuvo información relativa al punto de origen del incendio, la potencia de la máquina, la antigüedad y el número de hectáreas cosechadas por año, entre otros parámetros. La única variable que mostró un efecto significativo con el riesgo de incendio fue el número de hectáreas acumuladas, de forma que a mayor número de hectáreas acumuladas las máquinas presentaban un riesgo más alto. En relación con los puntos de origen del incendio, el **cuadro I** muestra los resultados obtenidos y su comparación con otras informaciones recogidas de estudios similares y también con datos apor-



Foto 1. Ensayo de laboratorio para determinar la temperatura de ignición del residuo.

tados por una compañía de seguros dentro del citado proyecto. El punto más problemático fue la zona del motor (32% de los casos) seguido por la barra de corte (31%) y cojinetes y transmisiones (18%). Estos datos son bastante concordantes con otros estudios mostrados en el **cuadro I** si exceptuamos el caso de la barra de corte donde se aprecian diferencias más llamativas.

¿Cómo valorar el riesgo de incendio?

La temperatura de ignición de los residuos de cereal varía en función de su granulometría y del espesor de producto acumulado. La **figura 1** muestra los resultados de diferentes ensayos de laboratorio realizados por el Lamagri (**foto 1**).

CUADRO II. TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LAS CAMPAÑAS DE 2018 Y 2019 EN NUEVE COSECHADORAS MONITORIZADAS EN CONDICIONES DE CAMPO. LAS TEMPERATURAS AMBIENTES MÁXIMAS Y LA HUMEDAD RELATIVA ASOCIADA (RH) TAMBIÉN SE MUESTRAN A EFECTOS DE COMPARACIÓN.

Máquina	Localización de la sonda	N	Cosechadora		Condiciones ambientales	
			T _{med} (°C)	T _{max} (°C)	T _{max} (°C)	HR (%)
Máquina #1	Colector de escape	2.448	190,2	305,4	42,2	29,9
	SCR	2.448	97,3	142,1		
	Caja de cambios	2.448	52,2	105,7		
	Salida de transmisión del motor	2.448	69,1	89,1		
Máquina #2	Filtro de partículas	1.418	109,7	154,2	43,8	20,5
	Caja de cambios	1.418	52,5	97,1		
	Bloque del motor	1.418	56,2	69,2		
	Salida de transmisión del motor	1.418	81,1	95,1		
Máquina #3	Colector de escape	608	118,2	159,9	42,6	22,6
	Bloque del motor	1.121	77,6	87,9		
	Salida de transmisión del motor	1.121	69,4	87,7		
Máquina #4	Colector de escape	968	216,7	289,9	44,8	15,8
	Bloque del motor	968	72,5	82,3		
	Salida de transmisión del motor	968	55,8	70,4		
	Salida del sistema hidrostático	968	54,9	69,5		
Máquina #5	Colector de escape	963	155,8	222,7	44,9	16,4
	Bloque del motor	963	78,3	93,1		
	Salida del sistema hidrostático	963	51,4	67,8		
	Culata del motor	963	70,2	78,8		
Máquina #6	Colector de escape	1.665	82,5	105,8	47,9	11,2
	Bloque del motor	866	70,1	85,9		
	Salida de transmisión del motor	1.665	60,3	80,4		
Máquina #7	Colector de escape	1.036	110,6	156,4	-	-
	Bloque del motor	1.036	71,4	87,7		
	Salida de transmisión del motor	1.036	65,2	80,1		
Máquina #8	Colector de escape	773	163,3	230,3	-	-
	Bloque del motor	773	73,7	84,9		
	Salida de transmisión del motor	773	39,6	70,6		
	Colector de escape	574	132,8	243,2		
Máquina #9	Bloque del motor	574	69,3	78,8	42,8	21,2
	Salida de transmisión del motor	574	70,8	94,2		

T_{med} significa temperatura media y T_{max} significa temperatura máxima registrada. SCR significa reducción catalítica selectiva.



Foto 2. Termopar para medir temperatura en salida de gases de escape del motor de una cosechadora.

Se puede apreciar cómo temperaturas por encima de 250°C 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.

Conociendo la temperatura de ignición de los residuos, si disponemos de 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. En este sentido, el **cuadro II** muestra datos de temperatura (**foto 2**) recogidos por Lamagrú durante 2018 y 2019 en nueve cosechadoras de diferentes tipologías en Aragón. Cabe destacar que las temperaturas más altas se registraron en el colector de escape para todas las máquinas, con temperaturas máximas superiores a 200°C en cinco de las máquinas y, en dos casos (máquinas #1 y #4), con tem-

peraturas superiores a 250°C, que alcanzaron hasta 305°C en la máquina #1 mostrando un importante riesgo de ignición de residuos. Esto corroboraría que la zona del motor (colector de escape) sería una zona clave, en la que se pueden alcanzar temperaturas superiores a la temperatura mínima de ignición del residuo del cultivo. Este hecho debe estar ligado a evitar, en la medida de lo posible, la presencia de residuos (**foto 3**) que puedan combustionar en dichas zonas. Por lo tanto, un aspecto clave para reducir el riesgo de incendio es la limpieza de las máquinas de forma diaria (**foto 4**) y la eliminación de residuos, principalmente aquellos de menor tamaño.

Es importante tener en cuenta que el riesgo de propagación de incendios originados en las cosechadoras aumenta cuando las condiciones climáticas son adversas, existiendo estudios (Venem & Shutske, 2002) que muestran que el 48,5% de los incendios coincidieron con las horas de temperaturas más altas (2:00 PM-4:00 PM). En el **cuadro II** se puede observar que las temperaturas ambientales en el entorno de la máquina alcanzaron valores extremos coincidiendo

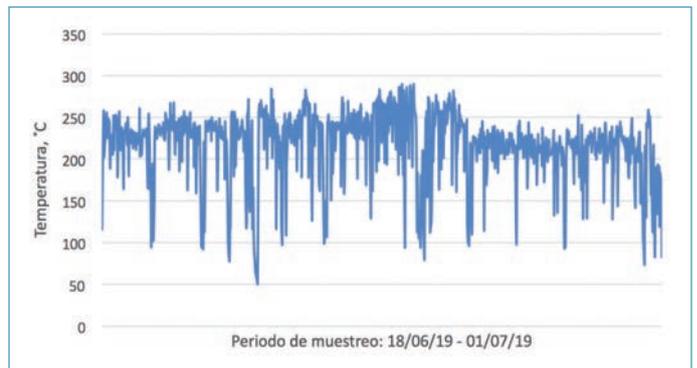
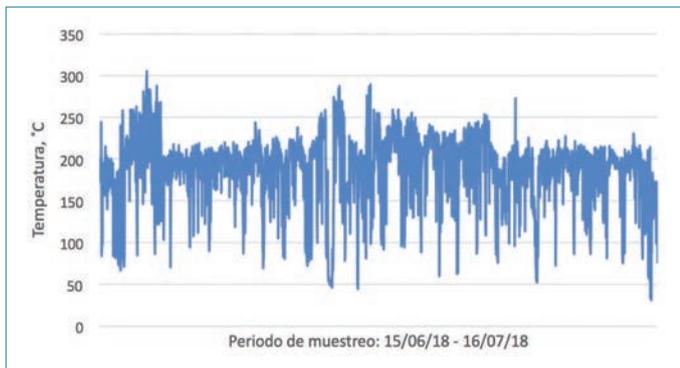


Foto 3. Presencia de residuos en zona lateral de cosechadora.



Foto 4. Limpieza de cosechadora mediante soplado.

FIG. 2 Evolución de la temperatura en el colector de escape (azul). Izquierda: Máquina 1, Derecha: Máquina 4. No se muestran los periodos en los que las máquinas estaban inactivas (por ejemplo, noches).



con temperaturas superiores a 250°C en el colector de escape de algunas máquinas lo que constituye situaciones de alto riesgo de incendio. Como ejemplo de la evolución de la temperatura con el tiempo, considerando una temperatura de ignición del residuo de trigo de aproximadamente 250°C, la **figura 2** muestra las temperaturas registradas durante un periodo de toma de datos en el colector de escape de las máquinas #1 y #4. En el caso de la máquina #1, se puede observar que este umbral (250°C) se superó ocasionalmente (específicamente, el 3,51% del tiempo de trabajo),

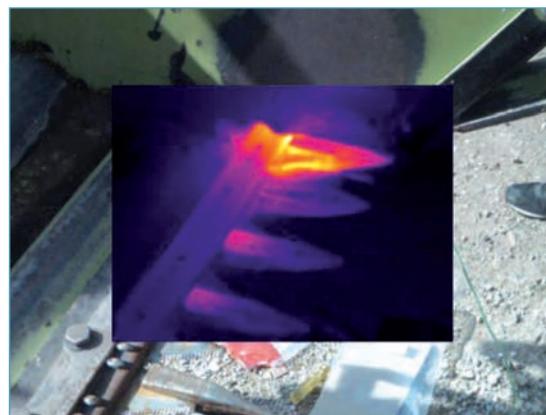
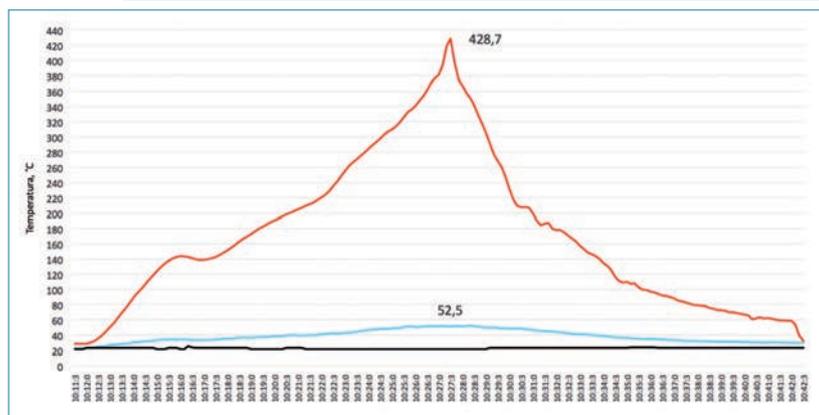
mientras que en la máquina #4 el umbral se superó durante un 16,63% del tiempo de trabajo, generando así un alto riesgo de ignición del residuo y, en consecuencia, de incendio.

La problemática de la barra de corte

Según los datos de nuestra encuesta, la barra de corte constituye la segunda causa más importante de incendio. Por este motivo, se realizaron diferentes pruebas para analizar la temperatura en una barra de corte defectuosa con una zona de

cuchillas sometida a fricción debido a un golpe de la barra de corte durante la fase de trabajo. La **figura 3** muestra la evolución de la temperatura en una zona de la barra donde las cuchillas funcionan en condiciones normales frente a una zona con una cuchilla sometida a fricción. Se observó que 10-15 minutos después de que comenzara el movimiento de la cuchilla de corte, la zona friccionada había alcanzado 428°C (en comparación con una temperatura máxima de 52°C para una cuchilla que funcionaba en condiciones normales). En la imagen térmica, la diferencia de temperatura entre la zona

FIG. 3 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.



de la barra sometida a fricción (entre cuchilla y dedo fijo) y las otras cuchillas que trabajan en condiciones normales se hace evidente. Un mantenimiento deficiente, en este caso de la barra de corte, puede provocar temperaturas anormales y generación de zonas con alta temperatura, que en presencia de residuos agrícolas pueden provocar fácilmente un incendio.

¿Qué podemos hacer para reducir el riesgo?

A continuación aparecen los párrafos finales de la reflexión que publicó uno de los coautores del presente artículo en 2019 en el portal web RICA (Red de intercambio de conocimiento agroalimentario) en relación con las medidas a adoptar para reducir el riesgo de incendio en una cosechadora, agrupadas en cuatro niveles:

- **Nivel 1.** Podemos considerar que este nivel es responsabilidad del fabricante y está ligado al diseño adecuado de la cosechadora 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

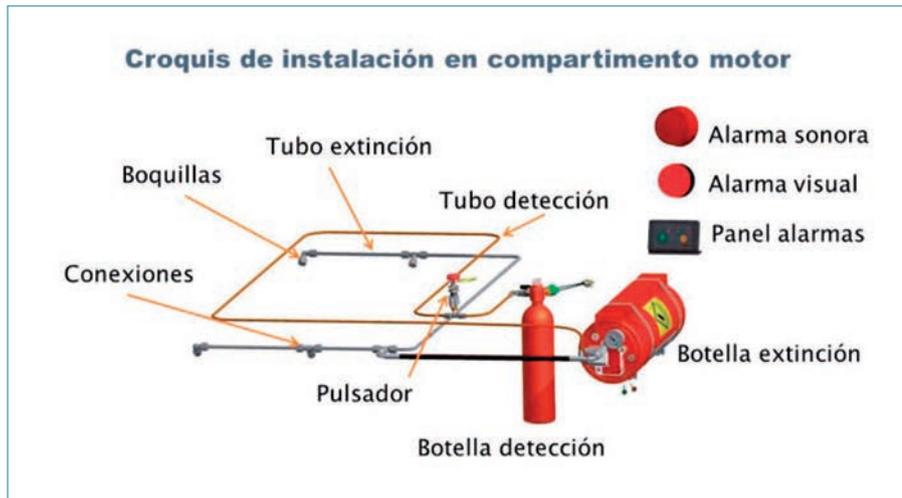


Foto 5. Taller con cosechadoras en fase de mantenimiento.

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 (foto 5); cambiar cojinetes y elementos de transmisión cuando cumplan el número de horas estipulado; "soplar" el residuo

FIG. 4 Componentes del sistema de autoextinción Fogmaker (<https://www.montajesmecanicos.com/fogmaker/>).



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 cosechadora 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 cosechadora). En el futuro, también se podrían



El lector debe ser consciente de que el riesgo cero no existe en ninguna actividad pero que con tecnología adecuada, sistemas de monitorización y un buen mantenimiento, las cosechadoras son máquinas seguras

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, además de los clásicos extintores de uso manual, pueden ser equipadas con sistemas activos de autoextinción (**figura 4**) cuyo uso no está extendido todavía en España (aunque ya se comercializan)

pero que son más habituales 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, presión 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.

Reflexión final

Las cosechadoras de cereales, en el caso de cultivos como cebada y trigo, tienen que realizar su trabajo en verano, siendo las condiciones ambientales de altas temperaturas y baja humedad relativa inevitables en esta época del año, condiciones que difícilmente se van a tornar más benévolas. En este sentido, y pensando en nuestros legisladores, lo lógico es exigir a estas máquinas medidas técnicas y de mantenimiento como las descritas con anterioridad que reduzcan al máximo el riesgo de incendio antes que adoptar la medida fácil de dejar las máquinas paradas en la nave, medida que, por otro lado, produciría importantes pérdidas económicas. El lector debe ser consciente de que el riesgo cero no existe en ninguna actividad pero que con tecnología adecuada, sistemas de monitorización y un buen mantenimiento, las cosechadoras son máquinas seguras. ■

BIBLIOGRAFÍA

Los autores del trabajo disponen de la información relativa a las referencias bibliográficas citadas en el documento que pueden poner a disposición de los interesados.