



INFORME

MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO CON EL USO DE
MAQUINARIA AGRÍCOLA DE BAJAS EMISIONES. ESTADO DEL
ARTE.



INFORME. MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO CON EL USO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA DE BAJAS EMISIONES. ESTADO DEL ARTE.

© FUNDACIÓN ACODEA 2017 (algunos derechos reservados)

Las opiniones en esta publicación no representan necesariamente las de la Fundación Acodea

Los datos sobre las maquinarias indicadas han sido facilitados por los fabricantes y no han sido comprobados directamente por la Fundación Acodea

Esta publicación puede ser reproducida con fines no comerciales sin permiso expreso de la Fundación Acodea siempre y cuando se cite la fuente (Cita: “Informe. Mitigar el cambio climático con el uso de maquinaria agrícola de bajas emisiones. Estado del arte. – Fundación ACODEA – 2017”)

CREDITOS IMÁGENES:

Portada: “Los Reyes en los pueblos” - Fotodiagramas

Página 14: FENDT (Imágenes y gráficos equipos MARS)

Página 16: “Young Shoots” – Pierre Prestat

Resto con créditos indicados en la propia imagen



INFORME

MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO CON EL USO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA DE BAJAS EMISIONES. ESTADO DEL ARTE.

Con la invención de la primera maquinaria agrícola motorizada a principios del siglo XIX, en base a motores de vapor y que inicialmente se trataba de maquinaria no móvil, se comenzó el uso masivo de combustibles fósiles. Los primeros tractores llegarían algo más tarde, en 1868. Las máquinas de vapor, aunque podían funcionar con madera, eran más eficientes con carbón fósil, lo que comenzó la era de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero debidas a la actividad humana. Los primeros tractores a gasolina aparecerían un par de décadas más tarde, en 1889

A partir del siglo XIX, la agricultura revolucionó la sociedad, con la innovación en maquinaria y nuevos sistemas productivos que cambiaron para siempre el perfil rural, urbano e industrial. Pero esto conllevó el uso de combustibles fósiles, de forma cada vez más masiva, llevándonos a la situación de Cambio Climático a la que nos enfrentamos ahora en el siglo XXI, 150 años después.

La innovación presente en la agricultura desde el siglo XIX no ha dejado de existir, pero ahora los usuarios y fabricantes de maquinaria agrícola son conscientes de las repercusiones sobre la economía y el medio ambiente que tiene su fabricación y uso. Así, muchos de los esfuerzos dedicados por estos fabricantes a la innovación están orientados a la reducción de emisiones, bien a través de la eficiencia de los motores, a la utilización de energías alternativas, o a otros procedimientos como tecnologías para la agricultura de precisión.

En este informe se destacan las más recientes innovaciones en este sentido llevadas a cabo por los principales fabricantes. No pretende ser un estudio exhaustivo, pero sí representativo de la orientación en la innovación que está siguiendo el sector.

A la hora de explicar las características de los nuevos desarrollos se ha contado principalmente con la información facilitada por los fabricantes y centros de investigación. Donde ha sido posible, la información se ha comprobado por distintas fuentes, donde esto no ha sido posible, se ha considerado que la información aportada por los fabricantes es correcta.

EL FUTURO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

“El sector de la energía cumple un rol muy importante frente al cambio climático; la eliminación del carbón, y por supuesto de todos los combustibles fósiles como una fuente de energía, es una de las prioridades para lograr una economía baja en carbono. Todavía hay un buen componente energético que proviene de combustibles fósiles.”

Patricia Espinosa

Secretaria Ejecutiva de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

AFECCIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN EL CAMBIO CLIMÁTICO

La causa antropogénica del cambio climático, lo que denominamos Calentamiento Global, es sin ningún género de dudas debida a las emisiones a la atmósfera de Gases de Efecto Invernadero (principalmente dióxido de carbono, metano y óxido de nitrógeno, aunque no son los únicos). Estas emisiones, se deben en gran parte a los gases producidos en la quema de combustibles fósiles, como el carbón, la gasolina, el gasóleo, etc. El calentamiento global se ha ido produciendo desde la revolución industrial, al comenzarse a utilizar maquinarias, hornos, etc. que precisaban combustibles para funcionar, distintos de la madera y otros combustibles no fósiles.

¿Cuál es la diferencia entre utilizar combustibles fósiles y no fósiles? La diferencia estriba en que, aunque en los dos casos se emite dióxido de carbono a la atmósfera, el emitido por los combustibles no fósiles, como la madera, ha sido previamente absorbido por la planta en su crecimiento por lo que el balance entre lo emitido y lo absorbido es básicamente cero, mientras que al quemar un combustible fósil, se libera a la atmósfera un CO₂ que proviene de un carbono

que llevaba millones de años fuera de la atmósfera, por lo que se produce una emisión neta de dióxido de carbono, que antes (en los últimos millones de años) no estaba allí, produciéndose el desequilibrio.

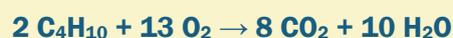
La maquinaria agrícola no es ajena a estos procesos, y utiliza mayoritariamente combustibles fósiles para funcionar, principalmente gasóleo. Dependiendo de las características del combustible, las emisiones directas de CO₂ a la atmósfera son diferentes. Es lo que se denomina “factor de emisión”.

La combinación de este “factor de emisión” con el rendimiento de la maquinaria produce unas emisiones por hora, trabajo o distancia recorrida, que nos permite conocer qué maquinaria es “menos emisora” para condiciones de trabajo similares.

Así por ejemplo, aunque a priori el gasóleo tiene un factor de emisión por litro más alto que la gasolina, el consumo en un vehículo suele ser menor en motores de gasóleo que en motores de gasolina, por lo que es muy probable que las emisiones de CO₂ de un vehículo diésel sean

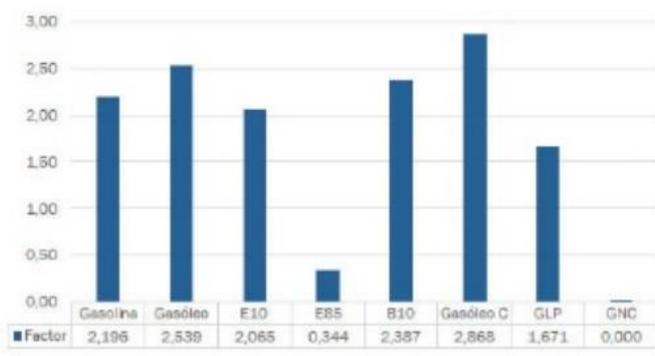
Al quemar un combustible (por lo general un hidrocarburo en los motores) se produce una reacción química que en condiciones ideales produce dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). En estas mismas condiciones ideales, es fácil estimar cuánto CO₂ se emite a la atmósfera al quemar cualquier combustible, puesto que cada átomo de carbono disponible en el combustible formará una molécula de CO₂.

La siguiente reacción representa la combustión del butano (C₄H₁₀)



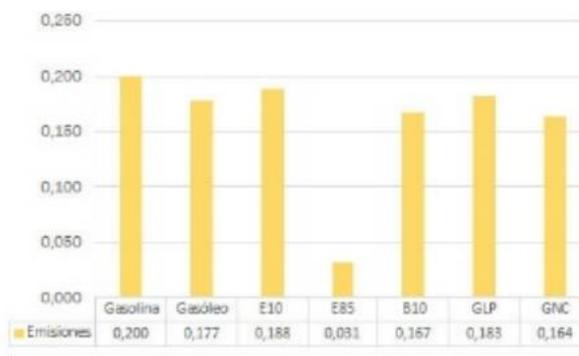
Vemos que por cada dos moléculas de butano obtenemos 8 moléculas de dióxido de carbono. Traducido a masa, esto quiere decir que, en condiciones ideales, por cada kg de butano quemado se emiten 3,03 kg de dióxido de carbono a la atmósfera.

Emisiones de GEI de distintos combustibles expresadas en kg de CO₂e por litro.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE DATOS DE LA OECC (MAPAMA) PARA EL AÑO 2016

Emisiones de GEI de un vehículo de pasajeros promedio expresadas en kg de CO₂e por km.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE DATOS DE LA OECC (MAPAMA) Y DEFRA (REINO UNIDO) PARA EL AÑO 2016

menores que las de un vehículo de gasolina si comparamos las emisiones cada 100 kilómetros, no por cada litro de combustible recorrido.

De la misma manera, en la maquinaria agrícola, tan importante es el tipo de combustible utilizado como el rendimiento de la máquina en su labor.

El CO₂ equivalente, o CO₂e (a veces CO₂eq), es la cantidad total de los diferentes Gases de Efecto Invernadero que emite un proceso. Para obtenerla, se suma la cantidad total de los distintos GEI emitidos, aplicando a cada uno de ellos su Potencial de Calentamiento Global (PCG), que representa su capacidad de afectar al cambio climático comparada con el CO₂. Así, según el último informe del IPCC, el PCG del CO₂ es 1, el del CH₄ es 28 y el del NO₂ es 265, entre otros.

Nota: Los valores de GWP indicados se refieren a un alcance de 100 años. Unidad adimensional

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como se ha explicado, se producen **de forma directa** en la quema de los combustibles utilizados en la maquinaria agrícola, pero existen otras emisiones, denominadas **indirectas**, que se producen en el resto de las fases del ciclo de vida de la producción, por ejemplo en la fabricación de los combustibles, de la propia maquinaria, o debidas a los elementos necesarios para el mantenimiento de la misma. Aunque por lo general menores, estas emisiones indirectas también deben ser consideradas a la hora de evaluar las emisiones totales del uso de la

maquinaria. Así por ejemplo, no debemos olvidar que en España, para el año 2016, se emiten de promedio 0,36 kg de CO₂ equivalente por cada kWh de electricidad consumida.

Las emisiones indirectas son emisiones directas para otros procesos aguas arriba o aguas abajo, debidas principalmente a los consumos de combustibles fósiles necesarios para generar energía eléctrica, fabricar y transportar insumos, reciclar o recuperar material, o incluso emisiones directas de gases de efecto invernadero debidas a reacciones químicas en plantas de fabricación o producción de energía o en procesos biológicos.

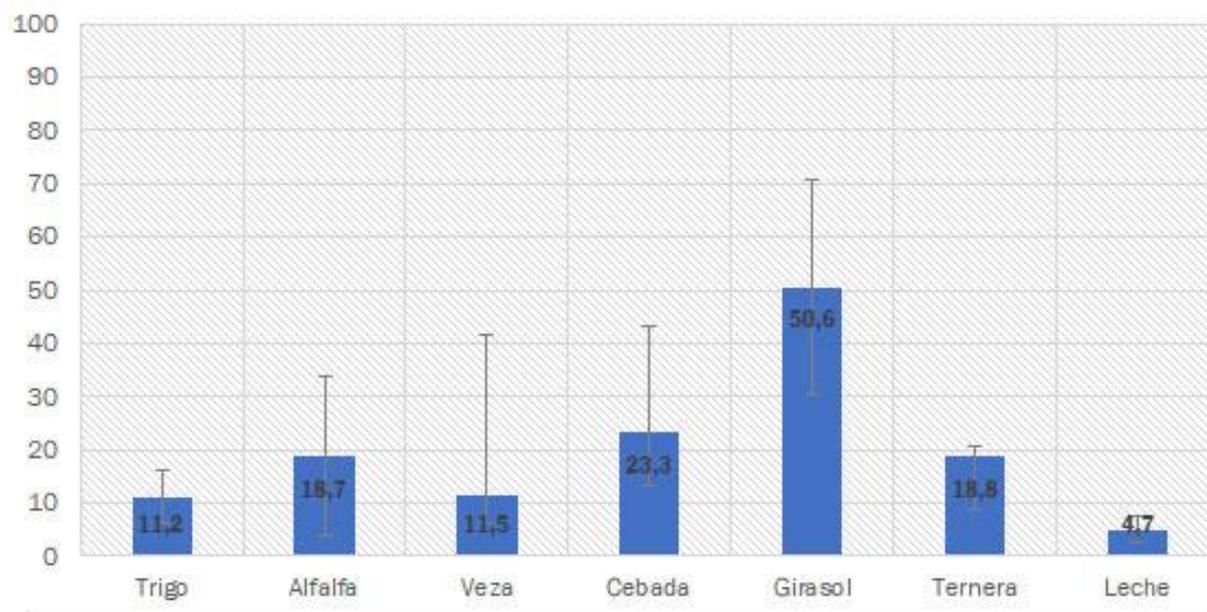
INFLUENCIA DE LA MAQUINARIA DENTRO DEL CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Para conocer las emisiones de un producto o servicio, es necesario realizar un análisis de ciclo de vida completo de la producción. Esto incluye evaluar los impactos ambientales desde la fabricación de los insumos, hasta el uso y fin de vida del producto, pasando por todas las fases de producción y distribución.

La Fundación Acodea lleva desde 2015 realizando análisis de ciclo de vida de productos agroalimentarios, en los que se evalúan múltiples impactos ambientales, entre los que se encuentra el cambio climático, lo que a veces se denomina **huella de carbono** del producto.

A partir de los análisis realizados por la Fundación, y las múltiples experiencias sobre

Contribución del uso de la maquinaria agrícola en la huella de carbono de productos agrícolas y ganaderos (en porcentaje sobre el total)



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE LA U.P.A. Y FUNDACIÓN ACODEA (EMISIONES ANALIZADAS DE LA CUNA A LA PUERTA)

huella de carbono en productos agroalimentarios en España, podemos realizar una aproximación inicial de la influencia del uso de la maquinaria agrícola en la huella de carbono de las producciones.

Así, a partir de los datos del proyecto “La huella de carbono y su mitigación”, desarrollado por la Unión de Pequeños Agricultores y datos de los análisis realizados por la Fundación Acodea, podemos estimar que, en producción convencional, para los cultivos cerealistas de secano en España, las emisiones debidas al uso de maquinaria agrícola suponen un promedio del 11% de las emisiones del ciclo “de la cuna a la puerta”, con variaciones de $\pm 8\%$. En estos estudios se han analizado explotaciones con porcentajes mucho más altos o mucho más bajos dependiendo de alguna particularidad de la explotación, o en el caso de los cultivos ecológicos al reducirse las emisiones por uso de fertilizantes y fitosanitarios, la proporción de las emisiones debidas a la maquinaria es mayor comparada con la de las explotaciones convencionales.

En otro tipo de explotaciones, como las de productos de origen animal como la carne de ternera o la leche de vaca o de oveja, los valores obtenidos en estos estudios para las emisiones debidas a la maquinaria son mucho más estables, con unas variaciones del $\pm 4\%$, arrojando un valor promedio del 19%. Una de las principales causas de esa menor variación es que la producción es menos dependiente de factores externos, como los climáticos, ambientales, etc, que provocan que en los productos agrícolas se utilicen distintos métodos e insumos, que hacen el ciclo de vida más variable entre unos productos y otros aún siendo de la misma tipología.

A niveles nacionales, según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, el conjunto de los consumos de energía totales de las actividades agrícolas en España supone aproximadamente un 3,5% de la energía consumida en todo el territorio español (datos de 2010). De este 3,5%, aproximadamente el 70% corresponde al uso de maquinaria agrícola y sistemas para regadío.

Este consumo energético se realiza con los siguientes tipos de energía:

Tipo de energía	Porcentaje
Gasóleo y fuelóleo	75%
Gas natural y GLP	6%
Electricidad	19%

Fuente: IDAE 2010

Como vemos, la principal fuente energética son los combustibles fósiles, utilizados por la maquinaria agrícola.

De nuevo según IDAE, las previsiones de evolución del consumo energético en el sector estiman un crecimiento del 9% en 10 años. Ante este escenario, el ahorro de energía se consigue promoviendo en mayor grado las técnicas de mínimo laboreo por siembra directa, así como la mejora de la eficiencia energética de los tractores que van siendo renovados tanto de forma natural como la incentivada por la administración.

CONSUMOS DE LA MAQUINARIA

Se han realizado diversos estudios para determinar de forma aproximada el consumo de

combustible para las labores agrícolas. Según la Plataforma Tecnológica de Agricultura Sostenible y el Instituto para el Ahorro y Diversificación de la Energía, el consumo promedio de maquinaria en laboreo convencional para cultivos de secano es de 62 litros por hectárea, y para cultivos de regadío de 88 litros por hectárea. Cambiando el sistema de trabajo por sistemas de siembra directa los consumos casi se reducen a la mitad, estimándose un consumo de 31 l/ha para cultivos de secano y 55 l/ha para cultivos de regadío. A partir de estos datos podemos realizar una estimación básica de las emisiones de CO2 equivalente por hectárea trabajada según los distintos sistemas:

Sistema	Secano	Regadío
Convencional	157 kg CO ₂ e/ha	223 kg CO ₂ e/ha
Siembra directa	78 kg CO ₂ e/ha	139 kg CO ₂ e/ha

Tanto la maquinaria como el sistema de trabajo son elementos fundamentales de las emisiones de las labores agrícolas.

TIPOS DE COMBUSTIBLES DISPONIBLES

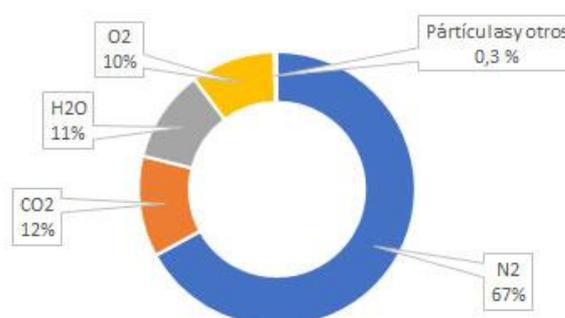
A continuación, comentaremos brevemente las características generales de los tipos de combustibles y fuentes de energía disponibles para el uso de la maquinaria agrícola.

GASÓLEO

En agricultura, al hablar de gasóleo nos referimos generalmente al gasóleo tipo B. Este tipo de gasóleo tradicionalmente ha tenido unas especificaciones técnicas ligeramente inferiores a las del gasóleo A, con un número de cetano mínimo ligeramente inferior, lo que le hacía algo menos eficiente. Actualmente, principalmente por razones comerciales y de producción de los fabricantes, en la práctica no hay diferencia entre el gasóleo A y el gasóleo B, ya que suelen ser el mismo producto con distinto colorante, aunque hay fabricantes que producen gasóleo B más optimizado para maquinaria agrícola, pero sin

influencia en el rendimiento final, puesto que las mejoras son en general para la conservación y mantenimiento del motor.

Composición habitual de los gases de combustión en motores diesel



Las emisiones de CO₂ de la combustión del gasóleo son aproximadamente 2,54 kg de CO₂e por litro de combustible.

El segundo elemento a considerar respecto al medio ambiente son las emisiones de partículas y de NO_x. Las partículas proceden de restos del carbono que no se ha quemado completamente, y otros componentes como aceites y otros elementos absorbidos por el combustible y son perjudiciales para la salud. El NO_x se debe a las altas temperaturas necesarias para que funcione un motor diesel, que hacen reaccionar al oxígeno y nitrógeno del aire, y son también perjudiciales para la salud, con el problema de que el aumento de la eficacia de los motores suele ser a costa de incrementar la temperatura y presión de combustión, por lo que se producen más emisiones de NO_x, que es necesario eliminar mediante filtros y otros sistemas. Estas emisiones, NO_x y partículas, son mucho menores en los motores de gasolina, y aunque perjudiciales para la salud y el medio ambiente, no afectan al cambio climático, por lo que quedan fuera de este estudio.

Las cantidades de NO_x, CO, Partículas, y otros gases de escape están limitados en tractores por el Reglamento (UE) n ° 167/2013

FUELÓLEO

El fuelóleo es un combustible más denso que el gasóleo y se utiliza principalmente en hornos y calderas, y para generación de electricidad. Su uso en agricultura es muy limitado, y no se utiliza en maquinaria agrícola convencional (tractores, cosechadoras, etc.)

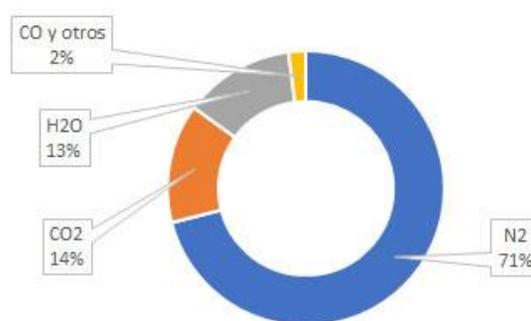
GASOLINA

La gasolina, a pesar de ser muy utilizado en los vehículos, su uso en agricultura es escaso. Es menos denso y menos energético que el gasóleo, por lo que es necesario un consumo mayor para generar la misma energía.

Las emisiones de CO₂ de la combustión de la gasolina son aproximadamente 2,2 kg de CO₂e por litro de combustible.

Además de CO₂, los motores de gasolina emiten principalmente monóxido de carbono (CO), por una combustión incompleta, y NO_x. El CO es altamente tóxico, y en concentraciones altas es mortal.

Composición habitual de los gases de combustión en motores gasolina



GAS NATURAL Y GAS LICUADO

El gas natural, en forma de Gas Natural Comprimido o GNC, es un combustible que no procede directamente del petróleo aunque comparte su origen fósil, y su composición principal es el metano.

Las emisiones de CO₂ de la combustión del GNC son aproximadamente 0,2 kg de CO₂e por kWh de energía.

La combustión de gas natural es considerablemente más limpia que la del gasóleo o la gasolina. No se emiten partículas (o una cantidad mínima), y las cantidades de NO_x y SO₂ son también muy bajas. El principal problema en las emisiones se puede deber al monóxido de carbono que pueda provenir de una mala combustión.

El GLP, o gas licuado de petróleo, es una mezcla de butano y propano.

Las emisiones de CO₂ de la combustión del GLP son aproximadamente 1,7 kg de CO₂e por litro.

Actualmente existen prototipos de tractores que funcionan con GNC, como el presentado por DEUTZ-FAHR en 2015, o el New Holland T6.140 con motor GNC, pero aún no hay soluciones comerciales viables.

EL centro tecnológico ENERGYLAB, la Axencia Galega de Innovación y Gas Natural Fenosa están actualmente (2017) llevando a cabo un proyecto de análisis, diseño, optimización y desarrollo de nuevos procesos, sistemas y servicios tecnológicos relacionados con el uso de gas natural y biometano para aplicaciones de movilidad marítima y agrícola.

BIOGAS Y BIODIESEL

El biogás y el biodiesel son unos combustibles que presentan unas características similares al gas natural y al gasóleo respectivamente, pero generada de forma natural, es decir, no son combustibles fósiles.

El biogás está compuesto principalmente de metano y dióxido de carbono, y se obtiene generalmente de los residuos ganaderos y los lodos de depuradora. Respecto al cambio climático, tiene la ventaja de que aprovecha el metano generado por las explotaciones ganaderas y los lodos, por lo que evita su emisión a la atmósfera, transformándolo durante la combustión en dióxido de carbono que, como hemos visto anteriormente, tiene un potencial de calentamiento global (PCG) 28 veces menor que el del metano.

El biodiesel se obtiene principalmente a través del procesado de aceites vegetales, y se comercializa mezclado con gasóleo en distintas proporciones. Así, el biodiesel B100 contiene un 100% de biodiesel, el B30 contiene un 30% de biodiesel y un 70% de gasóleo, etc. Los principales cultivos para la obtención del biodiesel son la colza, la soja, la jatropha, el lino, la palma y el girasol.

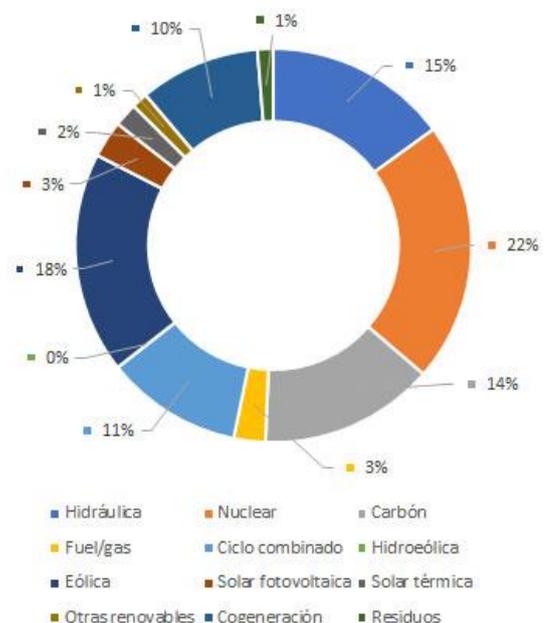
ELECTRICIDAD Y BATERÍAS

La electricidad suministrada en cada punto de carga depende del mix energético del sistema que lo abastece. Por ello, las emisiones debidas

al uso de electricidad cambian por cada territorio o incluso por cada suministrador. Estas emisiones dependen de la combinación de tipos de centrales generadoras de la electricidad que alimentan al sistema eléctrico. Así, un sistema eléctrico con una alta dependencia de centrales de carbón tendrá unas emisiones de gases de efecto invernadero mucho más altas que un sistema eléctrico basado en centrales que no utilizan combustibles fósiles, como las eólicas o hidroeléctricas, y también las nucleares. Los efectos para el medio ambiente de las centrales nucleares quedan fuera del cambio climático (sus emisiones de gases de efecto invernadero son prácticamente nulas), por eso los mixes energéticos de países con una alta generación nuclear se ven favorecidos de cara a unas bajas emisiones.

En España, para el año 2016, el promedio de emisiones de CO₂ del uso de electricidad son de aproximadamente 0,36 kg de CO₂e por kWh.

Mix eléctrico español durante el año 2016



FUENTE: Informe del Sistema Eléctrico Español 2016 Red Eléctrica de España. Incluye península e islas.

El cálculo de emisiones de la maquinaria agrícola se realiza aplicando el factor eléctrico a la carga de batería necesaria para realizar las labores agrícolas.

NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES

Los fabricantes de maquinaria y centros tecnológicos tienen dos alicientes a la hora de desarrollar nuevas tecnologías que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero.

La primera es la mitigación del cambio climático en sí. El consumidor final cada vez es más consciente del problema del cambio climático y empieza a demandar productos más sostenibles, aunque en España esta demanda no es tan importante como en el resto de Europa. Esta demanda se extiende a lo largo de toda la cadena de valor, de tal manera que si un fabricante de un producto como el pan quiere ofrecer a sus clientes un producto con menores emisiones, a su vez debe solicitar a la harinera que le suministre una harina con menores emisiones, por lo que será necesario que el agricultor reduzca las emisiones de sus cultivos, mejorando la productividad, reduciendo el uso de fertilizantes y fitosanitarios, y utilizando maquinaria agrícola más eficiente, con emisiones reducidas o incluso nulas.

La segunda motivación para el desarrollo de nuevas tecnologías para maquinaria agrícola de bajas emisiones es la económica. Un tractor que consuma menos combustible, o una energía más barata como la eléctrica, permite al agricultor

reducir uno de sus principales gastos de producción.

A continuación se describen las principales propuestas actuales en este sentido.

MOTORES DIESEL DE BAJAS EMISIONES

Las directivas europeas y su reglamentación en España, están impulsando a todos los fabricantes de maquinaria agrícola, a diseñar motores y sistemas cada vez más eficientes y con menos emisiones.

Según esta regulación, que reduce el máximo de emisiones permitidas para la maquinaria (básicamente tractores agrícolas) de nueva fabricación, nos encontramos en la última fase de implantación hasta ahora, denominada FASE IV, y que comenzó en 2014, siendo la más restrictiva.

Los principales fabricantes, de cara a cumplir con la FASE IV, se centran en la reducción de NOx. Como hemos visto, este gas no afecta directamente al cambio climático, pero sí al consumo general de combustible. Al desarrollar motores con menos emisiones de NOx tecnológicamente sería más sencillo aumentar el consumo. Para evitar esto, se utilizan



principalmente las tecnologías de **Reducción Catalítica Selectiva** (SCR). Esta tecnología consiste en utilizar un agente generalmente basado en amoníaco, que transforma las moléculas de NOx en moléculas inocuas. El nombre comercial más conocido de este aditivo es el AdBlue®.

La utilización de este aditivo es la principal solución adoptada por prácticamente la totalidad de fabricantes para reducir las emisiones sin afectar al consumo.

Entre otros, el fabricante **CASE IH**, instala la tecnología denominada **Hi-eSCR**, que busca reducir las emisiones sin aumentar el consumo ni disminuir la potencia.

Otra opción tecnológica es la **Recirculación de Gases de Escape** (EGR). Con este sistema, el hollín contenido en los gases de escape se captura en un filtro de partículas diésel y luego se quema en un proceso llamado *regeneración*. El objetivo de esta regeneración es aumentar las temperaturas de los gases de escape lo suficiente como para convertir el hollín recolectado en cenizas y dióxido de carbono. A medida que aumentan las velocidades del motor, hay más gases de escape para calentar y, por lo tanto, el consumo de combustible aumenta. A medida que aumenta la carga del motor, las temperaturas del gas de escape de la combustión son más altas; dado que hay menos diferencial de temperatura que superar, se requiere menos combustible. En ocasiones, las temperaturas normales de los gases de escape son lo suficientemente altas como para permitir la regeneración pasiva. El sistema EGR es menos eficiente de cara al consumo de combustible que el SCR

El fabricante **John Deere**, que hasta la implantación de la FASE IV utilizaba la tecnología EGR, en los nuevos tractores fabricados a partir de 2014 utiliza también el sistema SCR. Los nuevos tractores incorporan el denominado por el fabricante “*Integrated Emissions Control System*” (sistema integrado de control de emisiones, que es una plataforma que utiliza diversos componentes de control de emisiones,

entre los que se encuentra un EGR refrigerado, filtros de escape inteligentes y la tecnología SCR.

Además de las tecnologías aditivas para la reducción de emisiones, prácticamente **la totalidad de fabricantes** tienen programas de desarrollo de sistemas mecánicos más eficientes, como la transmisión 100% mecánica CVX de **CASE IH** o el sistema Gearboz Eco de **Massey Ferguson**; o informáticos, como los sistemas de **agricultura de precisión** de **New Holland**, **John Deere** o **CASE IH** entre otros.

TRACTORES GNC

Los tractores de Gas Natural Comprimido, hasta ahora son prototipos que se encuentran en fase de pruebas.

En el año 2015, el fabricante **DEUTZ-FAHR**, presentó su prototipo **5120C**, que monta un motor TCG 3.6 que utiliza gas natural comprimido. Hasta ahora, los motores de gas natural desarrollados por este fabricante eran los modelos G 914 y TCG 2015, de uso en equipos estacionarios. Este prototipo, basado en un motor diésel, tiene siete tanques de combustible con una capacidad para 236 litros, y es compatible con gas natural o con biogas con calidad de biometano. Este tractor está orientado para su uso en ganadería, y se estima que emite entre un 10% y un 14% menos CO2 que el mismo tractor en versión diésel, según los estudios realizados por la Universidad de Rostock.



Por su parte, el fabricante **New Holland** ya ha realizado pruebas de la segunda generación de su prototipo T6.180, que dispone de un motor que funciona sobre metano



Este tractor prototipo se ha probado ampliamente en condiciones reales en países como España, Italia, Alemania, Holanda, Dinamarca y Reino Unido.

El gas de este tractor se almacena en 9 depósitos con una capacidad de 52 kilos, lo que proporciona una autonomía aproximada de medio día de trabajo. Según el fabricante, se estima que el coste de operación de los vehículos de metano es un 25% inferior al convencional, y con unas emisiones reducidas en un 80% frente a tractores diésel, aunque el fabricante no especifica qué emisiones son las que se reducen, y cómo se ha contabilizado ese 80%.

Por último, el fabricante **Kubota** dispone de una serie de motores que afirma ser compatibles con distintos combustibles, entre ellos el Gas Natural.

TRACTORES ELÉCTRICOS

Actualmente existe múltiple maquinaria agrícola con funcionamiento eléctrico, pero se trata de maquinaria estacionaria que no necesita desplazarse, y que por tanto está continuamente

conectada a la red, o bien tractores pequeños pensados para trabajar en interiores y con poca carga de trabajo. Por ello, nos centramos aquí en los avances que se están realizando en la maquinaria móvil, especialmente tractores, que requieren unas altas prestaciones de potencia y capacidad de desplazamiento. Esto supone el uso intensivo de baterías, que se cargan cuando el vehículo se encuentra estacionado en un punto de carga.

Pero dejando a un lado los inconvenientes y retos que supone la tecnología de baterías, es necesario destacar las múltiples ventajas de esta tecnología, entre otras:

- Emissiones de CO₂ muy bajas o nulas, dependientes del tipo de suministro eléctrico
- Posibilidad de utilizar la energía producida en la propia explotación
- Menores costes de energía en comparación con maquinaria diésel
- Menor número de piezas mecánicas, por lo que se reducen los desgastes y los costes de mantenimiento
- No es necesario utilizar aceite de motor, aditivos como AdBlue, y se eliminan algunos filtros
- Eliminación del ruido y vibraciones del motor, por lo que supone un trabajo más saludable y menos cansado para el agricultor
- Mayores posibilidades de controlar las ruedas de forma independiente

Son varios los fabricantes que están desarrollando o han desarrollado tractores completamente eléctricos. Estos tractores se



Imagen ©FENDT

Tractor FENDT e100 Vario



enfrentan a importantes restos, principalmente la necesidad de poder trabajar un día entero sin necesidad de recargar las baterías, que además es un proceso lento para baterías muy grandes, como las que necesita este tipo de maquinaria.

Los mayores avances en este sentido se están llevando a cabo desde Alemania, en proyectos liderados por dos grandes fabricantes, **John Deere** y **Fendt**.

Por su parte, el fabricante FENDT ha desarrollado el modelo **Fendt e100 Vario**, un tractor compacto con una potencia de 50kW, que puede trabajar durante 5 horas en condiciones reales. Para ello, dispone de una batería tipo ion-litio con una capacidad de 100 kWh, que puede cargarse en una toma trifásica de 380V o en una toma convencional con una capacidad de 22kW. También dispone de un *supercargador*, para cargas rápidas directas que permite cargar hasta un 80% de la capacidad de la batería en 40 minutos. Este tractor está diseñado para ser compatible con los aperos ya existentes con toma de fuerza o con sistema hidráulico, pero también dispone de la capacidad de incorporar aperos eléctricos.

Está previsto que este tractor eléctrico comience sus pruebas reales en explotaciones durante el año 2018.

En el mismo sentido, pero orientado esta vez hacia tractores más potentes, está trabajando el fabricante **John Deere**, dentro del **Proyecto SESAM** (*Sustainable Energy Supply for Agricultural Machinery* - Suministro de Energía

Sostenible para Maquinaria Agrícola, en español), que lleva a cabo en colaboración con la Universidad de Kaiserslautern.

Aunque existen pocos datos técnicos sobre el tractor en desarrollo de este proyecto, se ha publicado en distintos medios que cuenta con dos motores que pueden suministrar una potencia total de 400 CV utilizando un bloque de baterías de 130 kW. Con esta capacidad, el tractor es capaz de trabajar durante cuatro horas o durante 55 km. La batería se recarga en aproximadamente tres horas. Dado el nivel de discreción con el que se está llevando el proyecto, no hay disponibles públicamente más datos técnicos, y no es posible actualmente conocer en qué condiciones se producen esos tiempos de funcionamiento y de carga. Según los datos proporcionados por el fabricante, se estima una vida útil de la batería de 3100 ciclos de carga completos.

Según el fabricante del prototipo, el tractor no estaría en producción comercial hasta el año 2020 o 2021.

El proyecto SESAM, no sólo consiste en el desarrollo de un tractor 100% eléctrico, sino que incluye un completo conjunto de acciones para que el consumo energético de la actividad agrícola maximice su sostenibilidad, mediante el desarrollo y empleo de tractores que permitan el uso de distintos tipos de biocombustibles, la generación de esos mismos biocombustibles dentro de la explotación para autoconsumo, y la minimización de consumos energéticos. Dentro

del proyecto, también se incluye el desarrollo de un tractor híbrido.

A partir del proyecto SESAM, de nuevo John Deere junto con la Universidad de Kaiserslautern, está llevando a cabo el proyecto **GridCON**, que actualmente (2017) se encuentra en su fase preliminar. El núcleo del proyecto consiste en desarrollar y construir un tractor 100% eléctrico, pero que se encuentre conectado a una infraestructura de red eléctrica inteligente asociada. El tractor, por tanto, se encontraría siempre conectado a la red eléctrica. Para ello contaría con la ayuda de un pequeño vehículo adicional, probablemente autónomo, con una bobina de cable que se enrollaría y desenrollaría según las necesidades del trazado

Otros grandes fabricantes como **Deutz**, hasta ahora sin actividad en la tecnología de tractores eléctricos, ha adquirido recientemente la empresa alemana Torqeedo GmbH, fabricante actualmente de motores eléctricos para embarcaciones, para potenciar estos sistemas, en lo que denominan su estrategia E-Deutz.

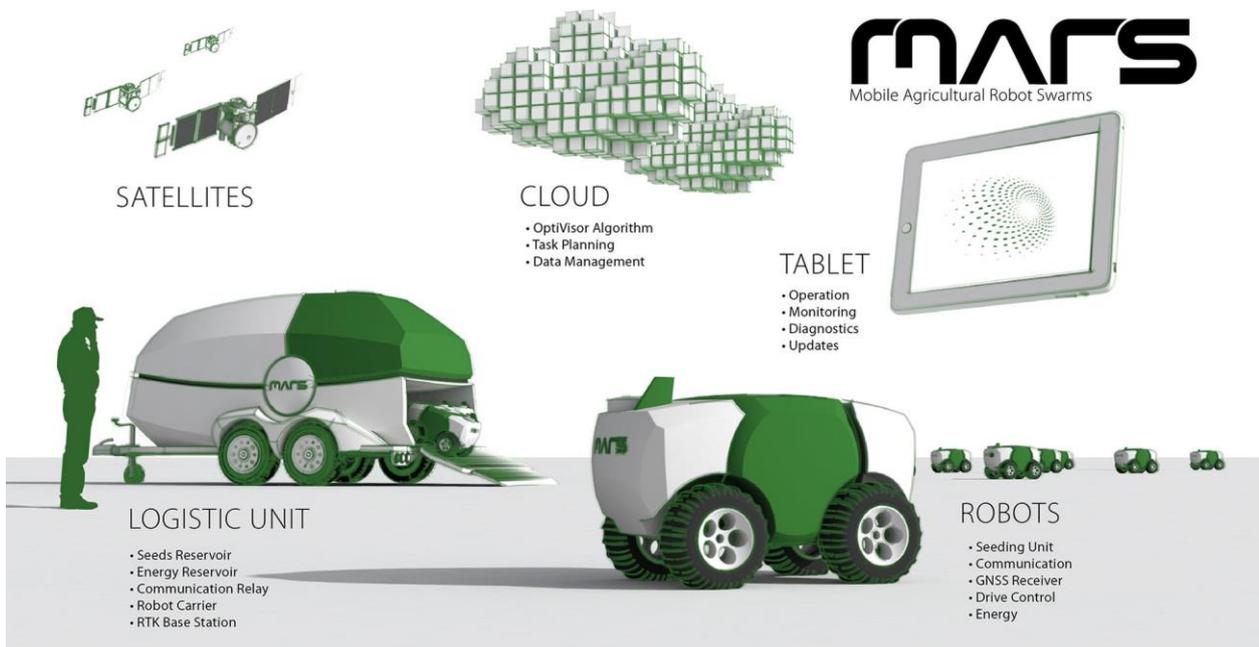
OTROS CONCEPTOS Y SOLUCIONES ALTERNATIVAS

Aunque actualmente los principales fabricantes de maquinaria agrícola sí están realizando esfuerzos reales por el desarrollo práctico de

tractores completamente eléctricos, esa no es la única vía que se está trabajando en cuanto a nuevas tecnologías. Elementos como la agricultura de precisión que se ha comentado anteriormente, en combinación con vehículos autónomos sin conductor, pretenden mejorar la eficiencia de los trabajos y reducir las emisiones de efecto invernadero, aumentando la productividad y reduciendo consumos, eliminado prácticamente en su totalidad el uso de combustibles fósiles.



Así, el fabricante **Fendt**, junto con la Universidad de Ulm, ha realizado un enfoque totalmente nuevo al reto de utilizar maquinaria eléctrica en el campo, con el **Proyecto Xaver**. Dentro de este proyecto se incluye el desarrollo de pequeña maquinaria eléctrica autónoma, preparada para realizar labores que no requieran de potencias elevadas. Inicialmente, en noviembre de 2017,





se ha presentado el primer prototipo realizando trabajo real, como sembrador de maíz.

El sistema, denominado MARS, siglas en inglés de *Mobile Agricultural Robot Swarms* (literalmente “Enjambre de Robots Móviles Agrícolas”), es un conjunto de equipamiento y tecnología de agricultura de precisión que lleva en desarrollo desde el año 2014. MARS utiliza “enjambres” de pequeños robots para realizar la plantación del maíz, coordinando en un sistema basado en “la nube” la planificación, monitoreo y documentación del proceso de plantación.

Los robots, que funcionan de forma autónoma a partir de la planificación realizada y la navegación por satélite, pueden realizar la tarea a cualquier hora del día o de la noche, y planifica la mejor ruta para cada una de las unidades de manera que se optimicen los tiempos y la energía utilizados. Cada sistema se compone de entre 6 y 12 unidades, capaces de trabajar una hectárea en una hora. Dado que es posible cargar a cada robot con semillas distintas, se facilita la diversificación de cultivos, y debido al poco peso de las unidades, la presión y erosión del suelo es mínima. Según Fendt, el consumo energético requerido por un enjambre de robots es un 70% inferior al requerido por un tractor realizando la misma tarea, por lo que las emisiones de CO₂ se

ven muy reducidas, incluso aunque estemos hablando de maquinaria eléctrica.

Los beneficios medioambientales del sistema no son sólo la reducción de las emisiones de CO₂. Además de la disminución de requerimientos energéticos, se reduce el ruido ambiental, se evita la erosión y se favorece la recuperación del carbono del suelo, y se evitan posibles vertidos de aceites o combustibles al suelo. Igualmente, los gastos de materiales necesarios para el mantenimiento son menores, por ejemplo, los cambios de ruedas son menos frecuentes al haber menos peso, y por tanto el consumo de materiales se ve reducido. Además, al tratarse de agricultura de precisión, el consumo de semillas, fertilizantes y pesticidas se reduce, aumentando simultáneamente, al menos de forma potencial, el rendimiento del cultivo.

Además de Fendt, otros fabricantes están optando por el desarrollo de tractores autónomos y tecnologías para la agricultura de precisión. Los tractores autónomos, como el **Case IH Magnum**, o el **New Holland T8 NH**, ambos tractores concepto sin conductor, están diseñados para minimizar las emisiones al optimizar los trabajos. Estos equipos trabajarían siempre en condiciones ideales, a cualquier hora del día o de la noche, reduciendo así los consumos y emisiones de CO₂.

CONCLUSIONES

La producción agrícola es altamente sensible a los problemas medioambientales, y del cambio climático en particular, a la vez que es un importante campo donde explorar soluciones para la mitigación del cambio climático.

Los cambios en los sistemas productivos, orientados hacia la reducción de emisiones directas de gases de efecto invernadero, como la agricultura de conservación y la agricultura de precisión, junto con el desarrollo de maquinaria de bajas emisiones son el camino hacia una agricultura más sostenible, económicamente y medioambientalmente.

Los principales fabricantes de maquinaria son conscientes de este cambio de paradigma, y aunque la mayoría de las tecnologías de bajas emisiones son muy recientes, parece que el camino ya se está trazando.

Tractores con combustibles alternativos, tractores 100% eléctricos, o enjambres de pequeños robots agrícolas son tecnologías que se han empezado a poner a prueba sobre el terreno no antes del año 2015, por lo que todavía queda mucho por recorrer. Pero el mercado es consciente de ello, y es consciente también de que la demanda de este tipo de tecnologías es real, y los fabricantes que no habían empezado a invertir en investigación en este sentido lo están empezando a hacer ahora, en un nuevo rumbo en el que la sostenibilidad es un requisito indispensable.



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS:

Agricultura familiar en España – Fundación de Estudios Rurales – Anuario 2017

Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola – Serie “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura” – Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía 2005

Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España – Serie “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura” – Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía 2004

Expediente interinstitucional 2014/0268 (COD) - Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre requisitos relativos a límites de emisiones y homologación de tipo para motores de combustión interna que se instalen en máquinas móviles no de carretera – Consejo de la Unión Europea 2016

Reglamento (UE) nº 167/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo – Diario Oficial de la Unión Europea 2013

Informe de resultados: La Huella de Carbono y su mitigación – Unión de Pequeños Agricultores 2015

Metaestudio estado del arte e influencia social, medioambiental y política de los análisis de carbono en el sector agroalimentario – Fundación Acodea 2015

Informe: Despoblamiento rural y medio ambiente – Fundación Acodea 2017

Plan de acción de Ahorro y Eficiencia energética 2011-2020 (2º Plan de acción nacional de eficiencia energética de España) – IDAE y MINTUR 2011

Hybrid Electric and Battery Electric Vehicles. Technology, Costs and Benefits - AEA Energy & Environment 2007

Life-cycle assessment of batteries in the context of the EU directive on end-of-life vehicles - International Journal of Vehicle Design 46 (No. 2) - Matheys, J., Mierlo, J.V., Timmermans, J.-M., 2008.

Life cycle assessment of lithium-ion batteries for plug-in hybrid electric vehicles. Critical issues – Journal of Cleane Production 18 - Zackrisson M, Avellán L, Orlenius J, 2010

Life Cycle Thinking for the eco-design of batteries - Rodriguez-Garcia G, Simon B, Ziemann S, Baumann M, Zimmermann B, Dura C., Reiß J, Weil M. – 2014

Life Cycle Assessment of Electric Vehicles – A Framework to Consider Influencing Factors – Egede P, Dettner T, Herrmann C, Kara S – 2015

Electric Tractor Motor Drive Control Based on FPGA – Chen Y, Xie B, Mao E – International Federation of Automatic Control 2016

Electric tractors by 2020? – a review of advanced vehicle technology in the agricultural sector – Scurlock J, Price T, Wordsworth R, et al – National Farmers Union 2017

Vintage Farm Tractors - Ralph W Sanders - 1996

Case IH - <https://www.caseih.com>

Fendt - <http://www.fendt.com>

John Deere - <https://www.deere.com>

New Holland - <http://agriculture1.newholland.com>

Deutz - <http://www.deutz-fahr.com>

Agrarheute - <https://www.agrarheute.com>

Agriland - <http://www.agriland.ie>

B.A.U.M. - <http://www.baumgroup.de>

CNH Industrial - <http://www.cnhindustrial.com>

Dieselnet - <http://www.dieselnet.com>

Electrec - <https://electrek.co>

Electrive.net, Branchendienst für Elektromobilität - <https://www.electrive.net>

Farm Industry News - <http://www.farministrynews.com/>

Ikt für Elektromobilität - <http://www.digitale-technologien.de>

Profi, The farm machinery magazine - <https://www.profi.com>

SESAM - <http://www.sesam-project.de>

That's Farming - <http://www.thatsfarming.com>



INFORME. MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO CON EL USO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA DE BAJAS EMISIONES. ESTADO DEL ARTE.

© FUNDACIÓN ACODEA 2017 (algunos derechos reservados)

Esta publicación puede ser reproducida con fines no comerciales sin permiso expreso de la Fundación Acodea siempre y cuando se cite la fuente (Cita: “Informe. Despoblamiento rural y medio ambiente – Fundación ACODEA – 2017”)