

Trabajo Fin de Grado

Impacto económico de la prohibición del
herbicida glifosato en las explotaciones de
cereal de Aragón

Autor/es

Pablo Muñoz Guitart

Director/es

Yolanda Martínez Martínez

Facultad de Economía y Empresa
Año 2017

RESUMEN

La agricultura de conservación ha experimentado un importante avance en España durante la última década, debido al ahorro en costes de maquinaria y combustibles asociados a sus técnicas y a las ventajas sobre el medio ambiente y la reducción de la erosión en el suelo.

No obstante, el sistema de conservación está generalmente ligado al uso de herbicidas químicos como glifosato, cuyos posibles efectos sobre la salud han generado un intenso debate recientemente.

El objetivo de este trabajo es estimar el impacto económico de una posible prohibición del herbicida glifosato sobre las explotaciones de cereal en Aragón. Los resultados pretenden contribuir al actual debate sobre el uso excesivo de herbicidas químicos aportando una evaluación económica de los costes sobre la actividad agraria.

ABSTRACT

Conservation agriculture has experienced a significant advance in Spain over the last decade because of to the savings in machinery and fuel costs associated with its techniques and the advantages over the environment and the reduction of soil erosion.

However, the conservation system is generally linked to the use of chemical herbicides such as glyphosate, the potential health effects of which have generated intense debate recently.

The target of this work is to estimate the economic impact of a possible ban on glyphosate herbicide on cereal farms in Aragon. The results are intended to contribute to the current debate on the excessive use of chemical herbicides by providing an economic assessment of costs on agricultural activity.

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.2. OBJETIVOS, MOTIVACIÓN Y RELEVANCIA SOCIAL.....	12
2. METODOLOGÍA Y FUENTES DE DATOS.....	13
Escenario Base.....	14
Escenario 1.....	15
Escenario 2.....	15
Escenario 3.....	15
3. RESULTADOS.....	15
4. CONCLUSIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	25

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, el desarrollo de los mercados vinculados a la agricultura, ha provocado que los márgenes de los empresarios dedicados a este sector hayan ido disminuyendo. La volatilidad de los precios de los productos obtenidos en la explotación, la dependencia de las condiciones climáticas y la subida de los precios de los inputs en la mayoría de las ocasiones, ha provocado que los empresarios agrarios busquen nuevas formas de producción que planteen modificaciones en la forma de gestionar la explotación con el objetivo de mantener o aumentar sus ingresos.

Recientemente, la agricultura de conservación se ha convertido en uno de los sistemas agrícolas más extendidos como alternativa a la agricultura convencional.

El uso de las técnicas asociadas a la agricultura de conservación conlleva un ahorro en costes y ayuda a solventar los problemas de calidad y erosión del suelo. Así mismo, *“las labores deben ir encaminadas a que sin perder potencial productivo, el suelo permanezca en las mejores condiciones posibles, los efectos de la erosión sean los mínimos, el trabajo en la explotación esté mejor repartido y los gastos sean los mínimos posibles”* (Gobierno de Aragón, 2012).

“El objetivo de la Agricultura de Conservación (AC) es lograr una agricultura sostenible y rentable, y en consecuencia, dirigida al mejoramiento del sustento de los agricultores mediante la aplicación de los tres principios de la AC: una perturbación mínima del suelo; cobertura permanente del suelo; y la rotación de cultivos”. (FAO, 2015).

En la tabla 1 se resume brevemente los beneficios que tiene la agricultura de conservación para el suelo, el aire y el agua.

Tabla 1. Beneficios de la agricultura de conservación

SUELO	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la erosión - Incremento en los niveles de materia orgánica - Mejora de la estructura - Mayor biodiversidad - Incremento de la fertilidad natural del suelo
AIRE	<ul style="list-style-type: none"> - Menor emisión de CO₂ a la atmósfera
AGUA	<ul style="list-style-type: none"> - Menor escorrentía - Menor contaminación de aguas superficiales - Mayor capacidad de retención de agua - Menor riesgo de inundaciones

Fuente: (AEAC.SV, 2015).

Cuanto menos se labra, el suelo absorbe y almacena más carbono, y por consiguiente, sintetiza más materia orgánica, lo que a largo plazo supone un aumento en la capacidad productiva. Al mismo tiempo, disminuye el CO₂ que se libera a la atmósfera, ya que las labores de continuo laboreo oxigenan el terreno en exceso, lo que favorece la oxidación del carbono, que se emite a la atmósfera en forma de CO₂. Las operaciones de laboreo son las que más combustible fósil consumen. Cabe destacar que utilizando las técnicas de la agricultura de conservación podemos ahorrar más de un 50% del gasoil que hubiéramos utilizado si hubiéramos realizado la campaña con técnicas del sistema convencional. (AEAC.SV, 2015).

Por estas razones, la agricultura de conservación se ha reconocido como actividad que fomenta los sumideros de carbono en documentos sobre el cambio climático a nivel mundial, europeo y español (AEAC.SV, 2015). Desde el punto de vista medio ambiental, la agricultura de conservación no sólo representa un sistema de manejo que mejora la calidad del suelo y del agua, sino que también se presenta como un método eficaz para reducir la concentración de gases de efecto invernadero en el sector agrícola. Según algunos trabajos recopilados por la Asociación Española de Agricultura de Conservación y Suelos Vivos (AEAC.SV), las técnicas de conservación son capaces de fijar de media, hasta 5,68 toneladas por hectárea y año de CO₂ más que las técnicas convencionales en los primeros 10 años de implantación y reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera hasta un 22%. (AEAC.SV, 2015).

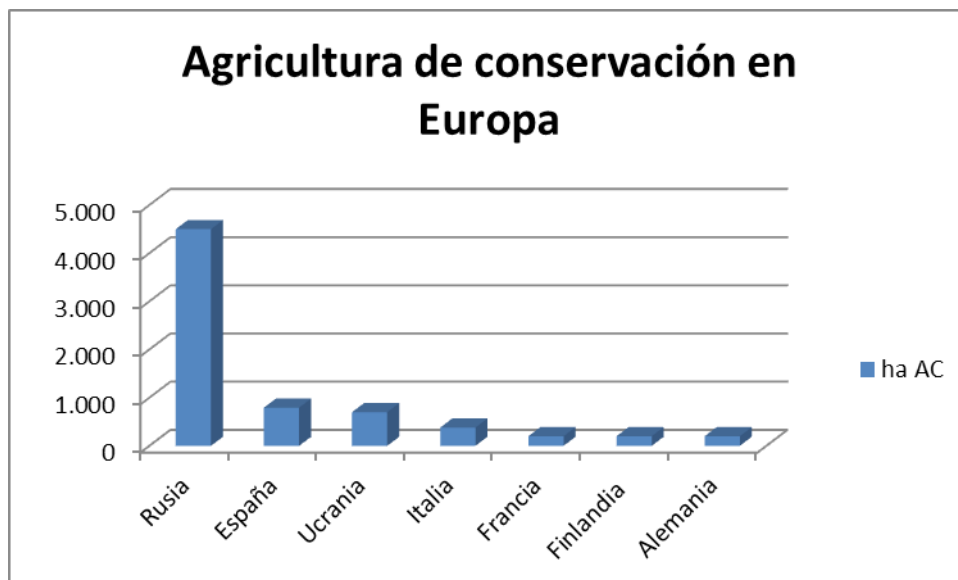
Además de mitigar, es conveniente favorecer la adaptación al cambio climático. En este sentido, algunos estudios recogidos por la AEAC, informan del previsible descenso de lluvias y aumento de temperaturas en España. La agricultura de conservación tiene la capacidad de adaptarse mejor a estas condiciones, dado su mejor balance hídrico. Con las técnicas de conservación, se consigue reducir la evaporación de agua desde el suelo a la par que se aumenta la infiltración de agua. No menos importante es el hecho de que al reducir la erosión, no perdemos el suelo, que a su vez, éste será el que almacene el agua. Por este motivo si evitamos la erosión, no perderemos potencial volumen de agua disponible para los cultivos. (AEAC.SV, 2015).

Las técnicas de conservación incluyen distintos métodos de manejo de la tierra, entre los que cabe destacar mínimo laboreo, siembra directa, no laboreo y cubiertas vegetales. Según el tipo de cultivo, se utilizan unos métodos u otros. Si se habla de cultivos herbáceos se utiliza la siembra directa o el mínimo laboreo. La siembra directa se define como *“el establecimiento de un cultivo anual en un terreno que no recibe labor alguna desde la recolección del cultivo hasta la siembra del siguiente; en el que se ha procurado mantener el suelo cubierto mediante la distribución homogénea de los restos del cultivo anterior, con lo que se evita la compactación excesiva por el paso de la maquinaria y el ganado; habiendo controlado las hierbas previamente a la siembra, mediante la aplicación de dosis reducidas de herbicidas de baja peligrosidad.”* (ESYRCE, 2015). El mínimo laboreo consiste en *“laboreo superficial mediante la utilización de cultivadores, gradas y arado de cincel”* (ESYRCE, 2015). Con respecto a los cultivos leñosos, las técnicas de agricultura de conservación incluyen el no laboreo, el mínimo laboreo y las cubiertas vegetales. El no laboreo consiste en que *“la calle de las plantaciones no recibe ninguna labor mecánica, no se mantienen en ningún momento cubierta vegetal”* (ESYRCE, 2015). Las cubiertas vegetales se usan para evitar la erosión del suelo provocado por la lluvia y pueden ser vivas o inertes (ESYRCE, 2015).

En principio, no se puede decir que un método de laboreo sea más recomendable que otro, sin tener en cuenta el entorno sobre el que se aplica las distintas técnicas de laboreo. Habría que tener en cuenta tanto las características del clima de la zona como la estructura, composición, tipo de suelo...; así como la gestión económica y de mano de obra que se realice en la explotación.

La superficie total en agricultura de conservación en Europa asciende a 3 millones de ha. En el Gráfico 1 se muestran los principales países europeos que usan técnicas de agricultura de conservación.

Gráfico 1. Principales países europeos que utilizan la agricultura de conservación (Expresado en miles)

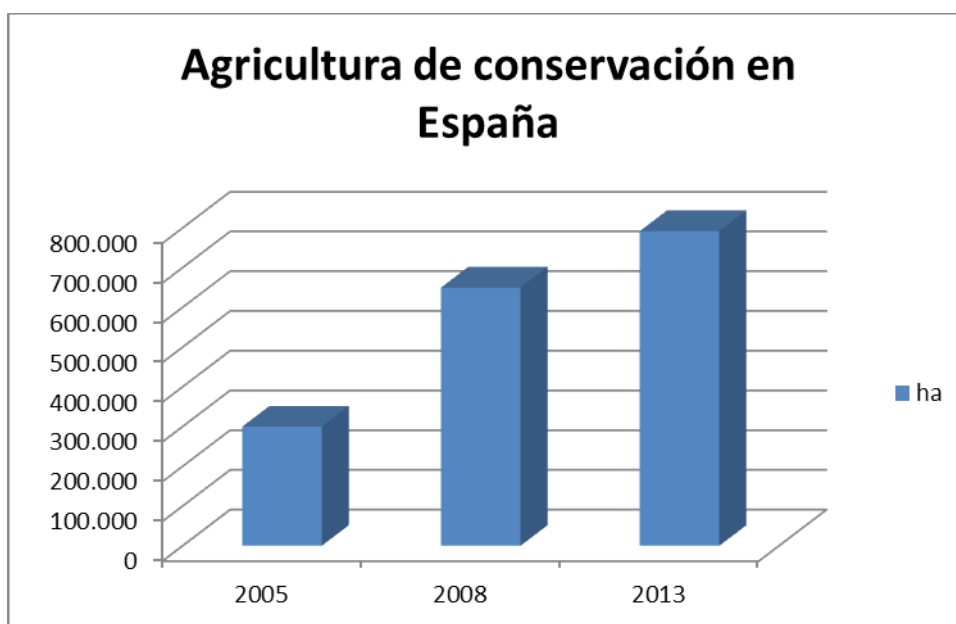


Fuente: Sombrero et al (2012)

En el Gráfico 1 se muestran los principales países europeos que utilizan la agricultura de conservación como alternativa al laboreo convencional. En España la superficie dedicada a estas técnicas ascienden a 792.000 ha, mientras que Rusia dedica 4.500.000 ha, y; Francia, Alemania y Finlandia 200.000 ha.

La evolución de la agricultura de conservación en España ha sido ascendente a lo largo de los años como se puede observar en el Gráfico 2.

Gráfico 2. Evolución de la agricultura de conservación en España (Expresado en miles)



Fuente: Fao (2013).

En los últimos 8 años la agricultura de conservación en España se ha incrementado en 492.000 ha.

En la tabla 2 se exponen los tipos de cultivo bajo la técnica de siembra directa de las CC.AA más representativas.

Tabla 2. Distribución de la siembra directa por cultivo y CC.AA año 2015

CC.AA	Cereales			Girasol			Maíz forrajero		
	Sup siembra directa (ha)	Sup total (ha) B	% A/B	Sup siembra directa (ha)	Sup total (ha) B	% A/B	Sup siembra directa (ha)	Sup total (ha) B	% A/B
	A			A			A		
Aragón	107.167	912.529	11,74%		9.838		610	2.172	28,08%
Cataluña	64.020	335.846	19,06%	76	1.999	3,83%	449	2.732	16,42%
Castilla y León	155.214	2.088.802	7,43%	9.372	248.257	3,78%	5	2.843	0,17%
Castilla-La Mancha	69.402	1.441.848	4,81%	1.266	182.224	0,69%	99	417	23,75%
Andalucía	84.047	713.631	11,78%	11.383	296.848	3,83%	23	364	6,19%
España	546.859	6.306.612	8,67%	23.476	763.989	3,07%	3.802	92.950	4,09%

Fuente: MAGRAMA (2015)

En cuanto al cereal, se puede observar que las comunidades que más hectáreas dedican a siembra directa son Aragón, Castilla y León y Andalucía. En cuanto al cultivo del girasol son Castilla y León y Andalucía y el maíz forrajero cobra mayor importancia en Aragón y Cataluña.

Tabla 3. Distribución tipos de cultivo en España

CC.AA	Leñosos (A)		Barbechos (B)		Siembras Directas (C)		Total Análisis (A+B+C)		Total Superficie cultivada	
	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%	Sup (ha)	%
Aragón	238.097	4,99%	443.825	9,30%	951.129	19,93%	1.633.052	34,22%	1.787.776	37,46%
Cataluña	303.295	9,45%	42.222	1,32%	377.040	11,75%	722.557	22,52%	820.134	25,56%
Castilla-La Mancha	985.001	12,40%	809.721	10,19%	1.664.140	20,94%	3.458.862	43,53%	3.699.842	46,56%
C. Valenciana	492.222	21,17%	55	2,35%	36.753	1,58%	583.560	25,09%	642.843	27,64%
Extremadura	393.066	9,44%	238.527	5,73%	316.412	7,60%	948.005	22,77%	1.068.066	25,65%
Andalucía	1.908.598	21,79%	261.607	2,99%	1.059.010	12,09%	3.229.215	36,86%	3.550.368	40,53%
España	4.961.981	9,81%	2.743.368	5,42%	7.499.437	14,82%	15.204.786	30,05%	16.984.656	33,57%

Fuente: MAGRAMA (2015)

En la tabla 3 se observa la superficie de los diferentes tipos de cultivo de las comunidades más representativas de España. En cultivo leñoso destaca Castilla-La Mancha y Andalucía, en barbecho de Castilla-La Mancha seguidos de Aragón, Andalucía y Extremadura y en siembra directa, de nuevo Castilla-La Mancha, Andalucía y Aragón. Cabe destacar que estos tres tipos de cultivos en Castilla-La Mancha suponen el 43 % de la superficie total de la comunidad, en Andalucía un 37% y en Aragón un 34%.

Con respecto al control de malas hierbas, la agricultura de conservación propone el uso de herbicidas químicos de bajo impacto ambiental y siempre dentro de las dosis autorizadas. La expansión de los sistemas de conservación ha propiciado un cambio en los hábitos de la gestión de las malezas por parte de los agricultores, que han sustituido el uso del laboreo tradicional por la aplicación de herbicidas químicos antes de la siembra, especialmente el glifosato. El uso del glifosato favorece la conservación del suelo en la agricultura y ayuda a reducir las emisiones de carbono a la atmósfera impulsando las prácticas de siembra directa y mínimo laboreo en la agricultura.

El glifosato se descubrió en 1950 por el químico suizo Henri Martin, de la empresa farmacéutica Cilag. En ese momento no se obtuvo ningún medicamento que pudiera ser útil con esta sustancia y no fue hasta la década de los 70 cuando el científico John Franz, perteneciente a la empresa Monsanto, descubrió sus propiedades herbicidas (European Task Force, 2013).

El herbicida glifosato fue patentado por la empresa Monsanto a principios de los años 70 bajo la marca Roundup. Este producto fue lanzado al mercado en 1974 como un

herbicida de amplio espectro y no tardó en ser uno de los herbicidas con mayores ventas desde 1980 (European Task Force, 2013).

La patente caducó en el año 2000 y a partir de ese momento, el glifosato se ha comercializado por gran variedad de empresas y en la actualidad, hay registrados multitud de productos destinados al cultivo que contienen glifosato, todos ellos muy baratos (European Task Force, 2013).

El glifosato es un herbicida desarrollado para la eliminación de hierbas y arbustos, en especial los perennes. Una de las características del glifosato es que el herbicida es absorbido por las hojas y no por las raíces. Es utilizado tanto en el medio rural como en el urbano y su modo de empleo es variado. Se puede aplicar a las hojas, inyectarse a troncos y tallos o pulverizarse a tocones como herbicida forestal. Gracias a su eficacia, el fácil control de las malezas y su bajo precio se ha convertido en uno de los herbicidas más populares en la agricultura, jardines, ambientes acuáticos y áreas no cultivadas como por ejemplo carreteras, autovías, vías férreas, etc. Otro uso importante del glifosato, aunque de menor escala, es el control de especies de malezas invasoras que amenazan la supervivencia de plantas nativas. Actualmente, el glifosato es el herbicida más utilizado en todo el mundo para el control de malezas.

Una vez aplicado el glifosato el crecimiento de la planta se detiene a las pocas horas, eliminando posteriormente toda la planta tratada, tanto las raíces como la parte aérea. Esto es así porque actúa inhibiendo una enzima que únicamente es sintetizada por plantas y algunos microbios, pero no en humanos ni animales. (Argenbio, 2015). El glifosato no se disuelve fácilmente en agua por lo que es también muy común aplicarlo en forma de sal.

En algunos países europeos, los herbicidas con glifosatos se aplican en post emergencia, esto significa que aplican el herbicida después de la cosecha para prevenir la aparición de malezas en la labranza. En las labores de cereal y colza se aplica también antes de la cosecha para acelerar el proceso de maduración de los cultivos. Los principales cultivos a los que se aplica el glifosato en Europa son: cereales, viñedos, olivares, cítricos, frutos secos y para la renovación de pastizales.

Es importante mencionar que el 24 de Julio de 1974 se realizó la primera autorización en España del herbicida Roundup para *“tratamientos herbicidas en cultivos leñosos de más de 3-4 años, en aplicaciones dirigidas al suelo y terrenos sin cultivo”*,

posteriormente la autorización fue ampliada a *“cultivos varios, en presiembra o en post emergencia cuando tengan una altura suficiente para efectuar tratamiento entre líneas con pantalla localizadora”* (Costa Vilamajó et al, 2011).

“La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC), perteneciente a la Organización Mundial de la Salud (OMS), promueve y coordina la colaboración internacional sobre la investigación de esta enfermedad. Así mismo, propone y desarrolla estrategias científicas para su prevención y control” (ISCIII, 2016). La IARC declaró en marzo de 2015 que el glifosato era un *“posible cancerígeno para los seres humanos”*. (El País, 2015).

El Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR) es un organismo administrado conjuntamente por la OMS y la FAO, cuyo objetivo es el de evaluar el riesgo de los residuos de los plaguicidas en los alimentos y el medio ambiente. Este organismo lleva trabajando desde 1963 con el objetivo de asesorar sobre cuáles son los niveles aceptables de estos residuos en los alimentos destinados al comercio internacional. Hasta ahora no había pruebas concluyentes de que el glifosato sea perjudicial para la salud pero a partir de la publicación el 17 de mayo de 2016, de un informe por parte de JMPR, que afirmaba que el uso del glifosato es un *“probable agente cancerígeno para los seres humanos”*, se ha generado un debate sobre si prohibir o no el uso del glifosato. En el informe se concluye que es poco probable que el glifosato pueda provocar cáncer.

La OMS aclara que las competencias de estos dos organismos son parte de un proceso continuo donde se identifican los posibles riesgos para la salud pública por el IARC y posteriormente, estos riesgos son evaluados por el JMPR (La República, 2016).

El 30 de junio de 2016 expiraba la autorización para el uso del glifosato en Europa. De volver a tener una votación favorable en el parlamento europeo volvería a autorizarse el uso del glifosato durante 15 años más. Hubo votaciones encontradas provocadas por la movilización ciudadana, ONG, asociaciones y la presión de algunos países. Finalmente, Bruselas propuso una autorización de 18 meses. Con lo cual, el glifosato se seguirá utilizando en Europa hasta el 31 de diciembre de 2017. En este periodo, la CE, espera conseguir un informe de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas que sea definitivo para que se renueve definitivamente o se retire el permiso para usar todos los productos que contienen glifosato (Resumen, 2016).

En España todavía no hay una ley que prohíba el uso del glifosato en territorio nacional, sin embargo, la normativa vigente sobre Uso Sostenible de los Productos Fitosanitarios, establece que: *"la administración competente puede aplicar el principio de cautela limitando o prohibiendo el uso de los productos fitosanitarios que considere peligrosos"* (BOE, Real Decreto 1311/2012, de 14 Septiembre, Cap. 1, Art. 2) y que debería informar y sensibilizar a la población en referencia a los riesgos resultantes de su uso, así como sobre la utilización de alternativas no químicas.

Asociaciones de ecologistas están trabajando para que se prohíba tanto a nivel estatal como autonómico en los espacios públicos. Extremadura ha sido la región pionera en prohibir su uso en espacios públicos. Recientemente y haciéndose eco de esta campaña, además de las promovidas por multitud de plataformas ciudadanas contra los herbicidas, grandes ciudades como Madrid, Barcelona y Zaragoza han decidido dejar de usar herbicidas químicos.

En la ciudad de Zaragoza, a partir del 1 de agosto de 2016, está prohibido por decreto, el uso del glifosato y de cualquier herbicida de síntesis química en los parques y zonas verdes de la ciudad. Además dicho decreto hace un llamamiento a que las empresas responsables del mantenimiento de las zonas verdes de la ciudad (FCC y Umbela) valoren junto al Servicio de Parques y Jardines la realización del control de malas hierbas con medios mecánicos y manuales en lugar de con herbicidas de síntesis química.

Este panorama deja al sector agrario con una gran preocupación, ya que, mientras la Comisión Europea se plantea prohibir el uso del glifosato en la agricultura, a los agricultores no se les ofrece ninguna alternativa clara que les permita producir productos seguros y de calidad.

1.2. OBJETIVOS, MOTIVACIÓN Y RELEVANCIA SOCIAL

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto económico que puede provocar una posible prohibición del glifosato en la actividad agrícola ligada al cereal de invierno en Aragón. Se ha escogido el cultivo de trigo por la relevancia que tiene la cosecha de este cereal en Aragón.

Para ello se definirá un escenario base que describe el manejo actual en sistema de conservación de una explotación típica de cereal de invierno (trigo) bajo las condiciones climáticas de Aragón. Posteriormente se definirán diferentes escenarios alternativos en

los que se elimina el glifosato. El impacto de la prohibición se evaluará mediante la comparación de los costes asociados a los distintos escenarios planteados respecto al escenario base. Los resultados permitirán establecer una jerarquía de las mejores alternativas ante la eventual prohibición del glifosato.

Con la elaboración de este trabajo, pretendo utilizar los conocimientos adquiridos durante el estudio de mi grado, con el objetivo de aportar criterios de análisis económico que permitan entender las consecuencias de políticas restrictivas en cuanto al glifosato se refiere. He elegido este tema por la actualidad del mismo y la trascendencia que puede tener las decisiones que puedan ir tomando las autoridades competentes.

Los resultados de este trabajo pueden ser útiles para la toma de decisiones de los agricultores, que actualmente están utilizando técnicas de agricultura de conservación y para aquellos que se plantean la transformación de sus explotaciones a estas técnicas. Además, las instituciones públicas y privadas relacionadas con el sector pueden encontrar útiles estos resultados, pues se cuantifica el impacto económico de la prohibición y aporta elementos de reflexión sobre los impactos ambientales que conllevaría. El tema abordado en este trabajo es, por tanto, especialmente relevante por su actualidad y su importancia social.

2. METODOLOGÍA Y FUENTES DE DATOS

Para realizar el análisis se ha partido de un escenario base. Este escenario base consiste en un análisis de los costes relacionados con el manejo de malas hierbas y siembra ligados a los sistemas de conservación de mínimo laboreo y siembra directa. Una vez definidos, se procederá a calcular los costes económicos que supondría sustituir el glifosato por otros herbicidas o bien por el sistema de laboreo tradicional. Los herbicidas sustitutivos son diquat y glufosinato de amonio, que se han seleccionado con la ayuda de los técnicos de la Unidad de Producción Vegetal del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).

Los datos numéricos de la maquinaria utilizada y el coste horario se han obtenido de Dirección General de Desarrollo Rural, Centro de Transferencia Agroalimentaria, (Gobierno de Aragón, 2007).

Los costes de mano de obra se han calculado utilizando el último dato disponible del Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente (2015). El cálculo del coste horario anual de la maquinaria se ha llevado a cabo utilizando la herramienta elaborada por la Universidad de la Rioja (Barrios y Rebate, 2004) que permite calcular las horas de uso por cada hectárea de los distintos aperos y máquinas agrarias introduciendo el precio de adquisición de las mismas. El coste horario incluye la amortización, las reparaciones y mantenimiento de los aperos y el coste total.

Tanto para las máquinas no autopropulsadas como para las autopropulsadas se han calculado sus costes de adquisición en el mercado de segunda mano. Para ello, se ha acudido a la página web de compra-venta de segunda mano www.milanuncios.com. Se ha considerado que toda la maquinaria es propia y adquirida en 2016.

En el caso de los costes de reparación y mantenimiento, se han calculado según el método Asociación Americana de Ingenieros Agrónomos (ASAE), que propone una amortización fija o variable en función de las horas de utilización del equipo, tiene un comportamiento semifijo, es decir, va disminuyendo según los intervalos de horas que se hagan al año.

Se ha considerado el uso de un tractor de 120 CV de potencia y aperos medianos para cada sistema de laboreo, tal y como los define el Gobierno de Aragón (2007).

En cuanto a las dosis y precios del herbicida glufosinato se han obtenido de las fichas técnicas comerciales de la firma comercial Nufarm. Los precios de diquat y de los antigramíneos se han obtenido de www.fertitienda.com

A continuación se definen los distintos escenarios considerados y el tipo de manejo junto con la maquinaria utilizada.

Escenario Base

Siembra directa. Antes del paso de la sembradora de siembra directa se aplica glifosato para eliminar malas hierbas. Posteriormente se utiliza la sembradora de siembra directa remolcada por el tractor de 120 CV y finalmente se aplican herbicidas en post-emergencia. La única intervención sobre el suelo es la apertura de una pequeña franja para depositar las semillas de cada elemento de siembra. El suelo no recibe labor alguna desde la recolección del cultivo hasta la siembra siguiente, manteniéndose todos los restos de la cosecha.

Mínimo laboreo. Se aplica glifosato antes de pasar el tren de siembra dejando al menos el 30% de los restos del cultivo anterior sobre el suelo. El tren de siembra, remolcado por el tractor de 120 CV, está formado por el cultivador, rodillo y sembradora tradicional. Finalmente, se aplican herbicidas en post emergencia. La profundidad del trabajo no supera los 12-15 cm.

Escenario 1

Se utilizan las mismas técnicas que en el escenario base, siembra directa y mínimo laboreo, pero en vez de aplicar glifosato se aplica el herbicida sustitutivo, diquat 20%.

Escenario 2

Se utilizan las mismas técnicas que en el escenario base, siembra directa y mínimo laboreo, pero en vez de aplicar glifosato se aplica el herbicida sustitutivo, glufosinato de amonio.

Escenario 3

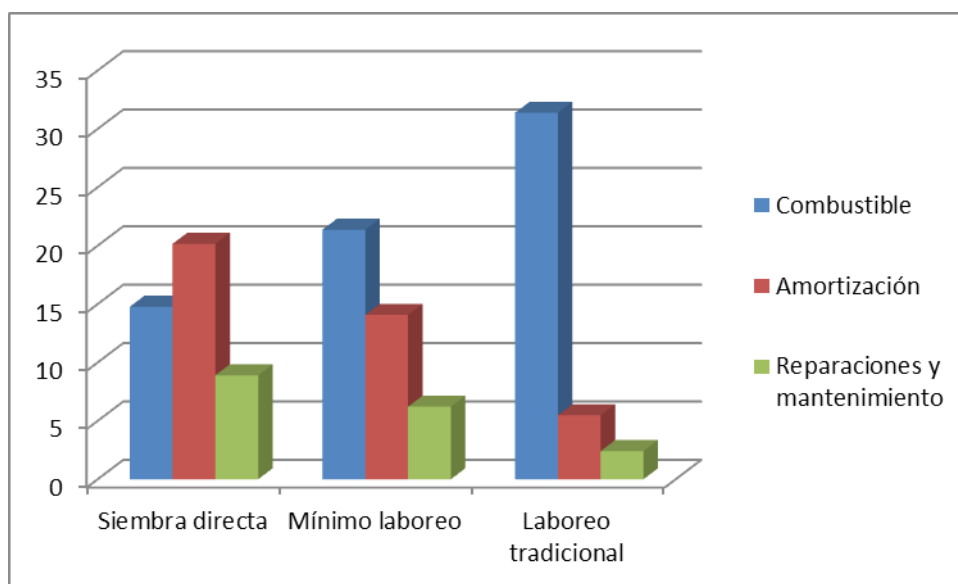
Laboreo tradicional. Para el laboreo convencional o tradicional se utiliza una vertedera de 4 cuerpos remolcada por el tractor de 120 CV para invertir las capas del suelo con el objetivo de eliminar la vegetación espontánea y los residuos de la cosecha anterior. Además se utiliza un preparador que consta de un cultivador y un rodillo; posteriormente se pasa una sembradora tradicional remolcada también por el tractor de 120 CV. La profundidad del trabajo oscila entre los 30 – 40 cm. Para finalizar se aplican herbicidas en post-emergencia.

Con este sistema se afloja, airea y mezcla el suelo, por lo que sus beneficios son la reducción de plagas, mineralización de nutrientes y facilita la penetración del agua. Sin embargo, se erosiona el suelo y se emiten gases contaminantes a la atmósfera.

3. RESULTADOS

En el Gráfico 3 se exponen algunos de los componentes utilizados para el cálculo de los costes por hora que supone cultivar cada sistema de laboreo que se analiza. Tanto las reparaciones y mantenimiento como la amortización hacen referencia a las máquinas no autopropulsadas que se utilizan en cada tipo de siembra, vertedera para laboreo tradicional, tren de siembra para mínimo laboreo y sembradora de siembra directa para siembra directa.

Gráfico 3. Comparativa Euros-hora para cada sistema de laboreo



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que la labor que utiliza menos combustible es la siembra directa, le sigue mínimo laboreo y el laboreo tradicional es la que más combustible utiliza. Sin embargo, tanto la amortización como las reparaciones y mantenimiento de las máquinas es más elevado en siembra directa seguido de mínimo laboreo y laboreo tradicional debido al mayor precio de adquisición de las máquinas.

En la tabla 4 se muestran los costes horarios de la maquinaria, así como los precios de compra considerados.

Tabla 4. Costes por hora para los diferentes sistemas de laboreo

SIEMBRA DIRECTA		LABOREO CONVENCIONAL		MÍNIMO LABOREO	
TRACTOR (120 C.V Potencia)		TRACTOR (120 C.V Potencia)		TRACTOR (120 C.V Potencia)	
PRECIO DE COMPRA	35.000	PRECIO DE COMPRA	35.000	PRECIO DE COMPRA	35.000
Amortización Eur/h	3,17	Amortización Eur/h	3,17	Amortización Eur/h	3,17
Combustible	14,77	Combustible	31,78	Combustible	21,37
Aceites y lubricantes	0,15	Aceites y lubricantes	0,15	Aceites y lubricantes	0,15
Reparaciones y mantenimiento	5,65	Reparaciones y mantenimiento	5,65	Reparaciones y mantenimiento	5,65
Total Costes (Eur/hora)	23,74	Total Costes (Eur/hora)	40,75	Total Costes (Eur/hora)	30,34
SEMBRADORA Siembra directa (4m)		VERTEDERA (4 cuerpos)		TREN DE SIEMBRA (Cultivador + Rodillo + Sembradora de lienas)	
PRECIO DE COMPRA	12.900	PRECIO DE COMPRA	3.500	PRECIO DE COMPRA	9.000
Amortización	20,16	Amortización	5,47	Amortización	14,07
Reparaciones y mantenimiento	8,9	Reparaciones y mantenimiento	2,41	Reparaciones y mantenimiento	6,21
Total costes (Eur/hora)	41,83	Total costes (Eur/hora)	11,35	Total costes (Eur/hora)	29,18

Fuente: elaboración propia a partir de datos Gobierno de Aragón (2007)& Barrios y Rebate (2004)

Se observa que el tractor emplea menos combustible en siembra directa, y por tanto, los costes horarios asociados al tractor son menores en este sistema de laboreo. Se aprecia también que la sembradora de siembra directa tiene un precio de adquisición superior a las otras máquinas no autopropulsadas, hecho por el cual, el coste horario asociado a la sembradora de siembra directa, es superior al de las demás máquinas. Estos costes horarios son comunes a todos los escenarios. En la tabla 5 se muestran los costes horarios por hectárea en cada sistema.

Tabla 5. Costes horarios de los diferentes sistemas de laboreo (h/ha)

LABOREO TRADICIONAL	h-ha
TRACTOR 120 C.V	2,59
Vertedera 4 tejas (14")	1,4
Preparador 4m	0,42
Sembradora 4m plegable	0,57
Aplicación antigramíneo	0,2
TOTAL	5,18
MÍNIMO LABOREO (TREN DE SIEMBRA)	h-ha
TRACTOR 120 C.V	1,35
Preparador 4m + Sembradora 4m plegable	0,99
Aplicación Glifosato	0,16
Aplicación antigramíneo	0,2
TOTAL	2,7
SIEMBRA DIRECTA	h-ha
TRACTOR 120 C.V	0,99
Sembradora de SD (4m plegable)	0,63
Aplicación Glifosato	0,16
Aplicación antigramíneo	0,2
TOTAL	1,98

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Gobierno de Aragón (2007)

El laboreo tradicional emplea más horas que los demás sistemas debido a que utiliza más maquinaria no autopropulsada para eliminar la maleza existente en el campo de cultivo y para la siembra. Por el contrario, tanto el sistema de mínimo laboreo como el de siembra directa utilizan glifosato para eliminar la maleza existente antes de cultivar y luego utilizan el tren de siembra y la sembradora de siembra directa respectivamente para realizar la siembra. En los demás escenarios los cálculos numéricos no varían, únicamente cabría señalar que para el escenario 1 y 2 en mínimo laboreo y siembra directa se sustituye la aplicación de glifosato por diquat y glufosinato de amonio respectivamente.

En la tabla 6 se indican las dosis, el precio y los nombres comerciales de los herbicidas post-siembra (antigramíneo) utilizados para cada sistema de laboreo.

Tabla 6. Herbicidas post-siembra para los diferentes sistemas de laboreo

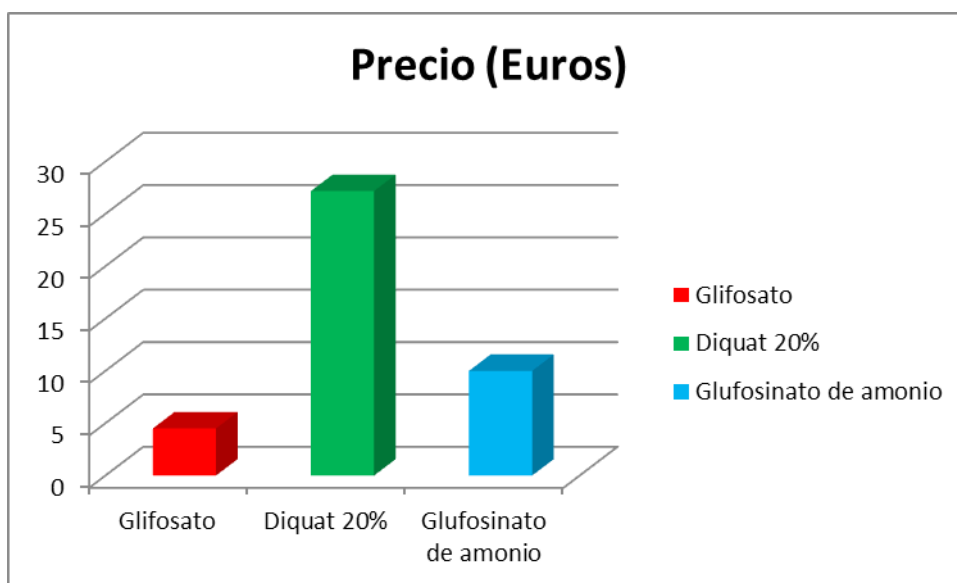
	Dosis (l o kg)	Precio (Eur/kg o l)	Nombre comercial	Materia activa
Trigo Mínimo laboreo	5	11,08	Legacy Plus	Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)
	2	206,8	Atlantis	Iodo sufuron metil sodio (0.6%)+ mesosulfuron metil (3%)+ mafenpir-dietil (9%)
Trigo Siembra directa	5	11,08	Legacy Plus	Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)
	2	206,8	Atlantis	Iodo sufuron metil sodio (0.6%)+ mesosulfuron metil (3%)+ mafenpir-dietil (9%)
Trigo Laboreo convencional	5	11,08	Legacy Plus	Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)
	0,5	18,18	Starane	Fluroxipir (20%)

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Nufarm y Fertitienda

El herbicida Legacy Plus es utilizado en todos los sistemas de laboreo analizados. En siembra directa y mínimo laboreo se utilizan los mismos herbicidas.

En el gráfico 4 se exponen los precios de cada uno de los herbicidas utilizados en el escenario base, escenario 1 y escenario 2.

Gráfico 4. Precios de glifosato, diquat 20% y glufosinato de amonio.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Nufarm y Fertitienda

Se observa que el precio del glifosato (4,5 euros/litro) es sensiblemente inferior al del diquat 20% (27,18 euros/litro) y el glufosinato de amonio (10 euros/litro).

En la tabla 7 se indican los costes del escenario base, el escenario 1 y el escenario 2 que corresponden al laboreo con glifosato, con diquat y con glufosinato de amonio respectivamente. En el cálculo de estos costes no se incluye el coste de la mano de obra, con el fin de mostrar separadamente el coste correspondiente a maquinaria y productos herbicidas.

Tabla 7. Costes por ha del escenario base, escenario 1 y escenario 2.

ESCENARIO BASE		ESCENARIO 1		ESCENARIO 2	
MÍNIMO LABOREO (TREN DE SIEMBRA)	Eur/ha	MÍNIMO LABOREO (TREN DE SIEMBRA)	Eur/ha	MÍNIMO LABOREO (TREN DE SIEMBRA)	Eur/ha
TRACTOR 120 C.V	19,61	TRACTOR 120 C.V	19,61	TRACTOR 120 C.V	19,61
Preparador 4m + Sembradora 4m plegable	15,77	Preparador 4m + Sembradora 4m plegable	15,77	Preparador 4m + Sembradora 4m plegable	15,77
Aplicación Glifosato	1,43	Aplicación Diquat 20%	25,82	Aplicación Glufosinato de amonio	9,50
Aplicación Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)	6,65	Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)	0,66	Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)	0,66
Aplicación Glifosato	6,75	Diquat 20% 27,18 eur/l a 2l/ha	54,36	Aplicación Glufosinato de amonio	17,00
Aplicación Iodo sufuron metil sodio (0.6%)+ mesosulfuron metil (3%)+ mafenpir-dietil (9%)	41,36	Aplicación Iodo sufuron metil sodio (0.6%)+ mesosulfuron metil (3%)+ mafenpir-dietil (9%)	41,36	Aplicación Iodo sufuron metil sodio (0.6%)+ mesosulfuron metil (3%)+ mafenpir-dietil (9%)	41,36
TOTAL	91,57	TOTAL	157,58	TOTAL	103,90
SIEMBRA DIRECTA	Eur/ha	SIEMBRA DIRECTA	Eur/ha	SIEMBRA DIRECTA	Eur/ha
TRACTOR 120 C.V	20,93	TRACTOR 120 C.V	20,93	TRACTOR 120 C.V	20,93
Sembradora de SD (4m plegable)	39,95	Sembradora de SD (4m plegable)	39,95	Sembradora de SD (4m plegable)	39,95
Aplicación Glifosato	1,43	Aplicación Diquat 20%	25,82	Aplicación Glufosinato de amonio	9,50
Aplicación Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)	6,65	Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)	6,65	Diflufenicán(2,5%) + Clortolurón(40%)	6,65
Aplicación Glifosato	6,75	Aplicación Diquat 20%	54,36	Glufosinato de amonio	17,00
Aplicación Iodo sufuron metil sodio (0.6%)+ mesosulfuron metil (3%)+ mafenpir-dietil (9%)	41,36	Aplicación Iodo sufuron metil sodio (0.6%)+ mesosulfuron metil (3%)+ mafenpir-dietil (9%)	41,36	Aplicación Iodo sufuron metil sodio (0.6%)+ mesosulfuron metil (3%)+ mafenpir-dietil (9%)	41,36
TOTAL	117,07	TOTAL	189,07	TOTAL	135,39

Fuente: elaboración propia a partir de datos Gobierno de Aragón (2007).

Se observa que el escenario base en el que utilizamos glifosato es más barato que el escenario 1 y 2. Esto es así, debido a que el precio del diquat y el glufosinato de amonio son sensiblemente mayores al precio del glifosato.

En la tabla 8 se muestran los cálculos del escenario 3, correspondiente al laboreo tradicional.

Tabla 8. Costes del sistema de laboreo tradicional

LABOREO TRADICIONAL	Eur/ha
TRACTOR 120 C.V	55,88
Vertedera 4 tejas (14")	10,41
Preparador 4m	3,47
Sembradora 4m plegable	11,08
Aplicación Diflufenicán (2.5%) +Clortoluron (40%)	6,65
Aplicación Fluroxipir (20%)	54,54
TOTAL	142,03

Fuente: elaboración propia a partir de datos Gobierno de Aragón (2007)

En este escenario los costes por hectárea son más elevados que los del escenario base y escenario 2, sin embargo, son más bajos que los asociados al escenario 1.

En la tabla 9 se exponen los costes de la mano de obra utilizada en cada sistema de laboreo.

Tabla 9. Costes M.O.D para cada sistema de laboreo

	LABOREO TRADICIONAL	MÍNIMO LABOREO	SIEMBRA DIRECTA
Eur/ha M.O	35,96	30,16	26,68

Fuente: elaboración propia a partir de datos MAGRAMA (2015)

Se observa que el sistema de laboreo que menos coste de mano de obra precisa es la siembra directa.

En la tabla 10 se muestran los costes totales del escenario base (glifosato), escenario 1 (diquat), escenario 2 (glufosinato de amonio) y escenario 3 (laboreo tradicional), así como el incremento porcentual en el coste respecto al escenario base. Los resultados de esta tabla incluyen los costes de maquinaria y mano de obra.

Tabla 10. Costes totales de cada escenario e incremento porcentual respecto al escenario base.

	ESCENARIO BASE		ESCENARIO 1		ESCENARIO 2		ESCENARIO 3	
	Mín. Laboreo	S. Directa	Mín. Laboreo	S. Directa	Mín. Laboreo	S. Directa	Laboreo tradicional	
COSTE TOTAL (Eur/ha)	282,43	273,58	349,53	345,58	295,85	291,90	441,88	
INCREMENTO RESPECTO	-	-	23,76%	26,32%	4,75%	6,70%	Mín. Laboreo	S. Directa
ESCEN. BASE (%)							56,46%	61,52%

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que entre las alternativas que se proponen al escenario base, no hay ninguna que sea más económica. En el escenario 2, el uso de glufosinato de amonio en los cultivos de cereal supondría únicamente un incremento en el coste total por hectárea del 4,75% en mínimo laboreo y un 6,70% en siembra directa respecto al escenario base.

Como se ha visto en la tabla 2, las hectáreas de cereal en Aragón que utilizan la técnica de siembra directa ascienden a 107.167 ha. Atendiendo a los resultados obtenidos, si se escoge la alternativa más económica, el coste de la prohibición del uso de glifosato para las explotaciones de trigo en siembra directa en Aragón sería de 1,96 millones de euros. En el caso del mínimo laboreo, la superficie total asciende a 1.500.000 ha., por lo que la sustitución de glifosato por el herbicida sustituto más económico ascendería a 20,13 millones de euros.

El cambio de la superficie total a laboreo convencional tendría un coste de 257,21 millones de euros.

No obstante, es importante recordar que los cálculos de este estudio se han hecho considerando que los herbicidas químicos alternativos al escenario base son igual de efectivos que el glifosato, lo cual puede no ser cierto. En el caso de que sea necesario incrementar las dosis de herbicidas o aplicar más tratamientos, los escenarios alternativos serían más costosos, por lo que los resultados deben tomarse como un coste mínimo.

Pero además de los costes calculados, deben considerarse cuidadosamente los impactos sobre el medio ambiente que los herbicidas propuestos pueden tener. Así, mientras que glifosato se considera un herbicida de impacto bajo, glufosinato es de impacto medio-bajo, mientras que diquat es un herbicida de alto impacto ambiental (Gobierno de Aragón, 2016).

Bajo la perspectiva de que no existen actualmente herbicidas sustitutivos tan eficaces como glifosato, cabe plantearse que el laboreo tradicional podría convertirse en una opción a tener en cuenta por los agricultores, lo cual a su vez tendría un impacto negativo sobre la erosión de los suelos y el consumo de combustibles.

4. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en este trabajo muestran que la alternativa más económica al glifosato es el glufosinato de amonio, cuyo impacto medioambiental es medio-bajo. El cambio a este herbicida supondría un coste total de 22,09 millones de euros en las explotaciones de Aragón, considerando la superficie actual dedicada a este cultivo.

La alternativa herbicida más cara consiste en aplicar diquat, el cual, se sabe que tiene un impacto medioambiental alto. El cambio a este herbicida supondría un coste total de 108,37 millones de euros en Aragón.

El paso a laboreo convencional supondría un coste de 257,21 millones de euros. Sin embargo, esta alternativa pondría en peligro los beneficios que posee el sistema de agricultura de conservación.

Los resultados obtenidos señalan que la prohibición de glifosato puede conllevar un encarecimiento de la producción agraria de cereal, además de impactos ambientales quizá no suficientemente valorados por las instituciones implicadas. Estos resultados pueden ser de gran utilidad para cuantificar el coste económico que supone utilizar sustitutos al glifosato; y aportan elementos objetivos en el debate sobre el uso de herbicidas químicos en la producción de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- AEAC.SV (2015) Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos:

<<http://www.agriculturadeconservacion.org/quienes-somos/beneficios-de-la-ac.html>>

Fecha de consulta: 13/10/2016

- Argenbio (2015). Consejo Argentino para la información y desarrollo de la Biotecnología. Página 1.
- Arnal Altarés (2010). *Ahorro energético y costos en agricultura de conservación*. Páginas (1-8)
- Barrios y Rebate (2004):
<<https://www.unirioja.es/dptos/daa/docencia/1011013costes.xls>>
- BOE, Real Decreto 1311/2012, de 14 Septiembre, Cap. 1, Art. 2
- Costa Vilamajó et al (2011). *Glifosato: 35 años de empleo y retos para el futuro*.

Páginas 264-267.

- eldiario.es (2016):
<http://www.eldiario.es/aragon/sociedad/Ayuntamiento-Zaragoza-prohibe-glisofato-parques_0_535096662.html> Fecha de consulta: 13/10/2016
- El País (2015) La OMS declaró cinco pesticidas como cancerígenos “posibles” o “probables”:

<<http://www.elpais.com.uy/vida-actual/oms-declaro-cinco-pesticidas-cancerigenos.html>>

- European Task Force (2013). El glifosato:
< <http://www.glifosato.es>> Fecha de consulta: 27/12/2016
- Fao (2015) Agricultura de Conservación:
<www.fao.org/ag/ca/es> Fecha de consulta: 13/10/2016
- Fertitienda:
< <http://fertitienda.com>> Fecha de consulta 3/11/2016
- Gil (2001). *Elección correcta de la maquinaria agrícola*. Páginas 167-169.
- Gobierno de Aragón (2007) *Dirección General de Desarrollo Rural, Centro de Transferencia Agroalimentaria*, “La disminución de los costes y el tiempo de trabajo en el laboreo de los cereales de invierno” Núm.182,
- Gobierno de Aragón (2012) *Informaciones Técnicas*. “Análisis de una muestra de explotaciones agrarias vinculadas con la práctica de la agricultura de conservación”. Núm. 205. Páginas 4-6, 9-11
- Gobierno de Aragón (2016) *Boletín fitosanitario de avisos e informaciones*, N°14
- ISCIII (2016) Instituto de Salud Carlos III. IARC:
<<http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-internacional/fd-colaboracion-internacional/iarc.shtml>> Fecha de consulta: 06/02/2017

- La República (2016) Un informe de las OMS y la FAO considera poco probable que el glifosato pueda provocar cáncer:
<<http://gastronomiaycia.republica.com/2016/05/17/un-informe-de-la-oms-y-la-fao-considera-poco-probable-que-el-glifosato-pueda-provocar-cancer/>> Fecha de consulta: 24/12/2017
- MAGRAMA (2015) *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos*. “Análisis de las técnicas de mantenimiento de los suelos y de los métodos de siembra”.
- MAGRAMA (2016) Ministerio de Agricultura y Pesca. Alimentación y Medio Ambiente:
<www.magrama.gob.es> Fecha de consulta 7/12/2016
- Mil anuncios:
<www.milanuncios.com> Fecha de consulta 16/12/2016
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Subsecretaría. Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación. *Análisis de la economía de los sistemas de producción. Resultados técnicos-económicos de explotación agrícola de Aragón en 2009*. Madrid, Agosto 2010.
- Nufarm:
< <http://www.nufarm.com>> Fecha de consulta 3/11/2016
- Resumen (2016):
<<http://resumen.cl/2016/06/glifosato-europa-ocho-paises-francia-incluida-bloquean-una-nueva-autorizacion/>> Fecha de consulta: 25/12/2016
- Sombrero et al (2012). *La Agricultura de conservación en el mundo, en España y en Castilla y León*. Páginas 7-8.
- 7días Extremadura, (2016):
<<http://www.extremadura7dias.com/noticia/extremadura-primera-region-en-prohibir-el-uso-de-glifosato-en-espacios-publicos>> Fecha de consulta: 13/10/2016