

Estudio sobre utilización de las TIC en el sector agrícola de Aragón - 2017

oasi

observatorio aragonés
de la sociedad
de la información

 **GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Innovación,
Investigación y Universidad

Estudio sobre utilización de las TIC en el sector agrícola de Aragón/ Observatorio Aragonés de Sociedad de la Información. – Zaragoza: Departamento de Innovación, Investigación y Universidad, Gobierno de Aragón, 2017

p. 100

1. Sociedad de la información – Aragón. 2. Sector primario. 3. e-agricultura

Licencia: Creative Commons-Atribución-NoComercial (CC BY-NC)

Índice



Resumen ejecutivo	5
1 Uso de las TIC en el sector agrario	11
1.1 Nivel tecnológico del sector primario	13
1.2 Innovación en las empresas del sector primario	27
2 Las nuevas tecnologías	35
2.1 La e-agricultura	37
2.2 Tecnologías relacionadas con la captura de datos	38
2.3 Tecnologías para el análisis de datos y toma de decisiones	52
2.4 Tecnologías para la actividad agrícola	66
2.5 Tecnologías relacionadas con las comunicaciones	75
3 Potencialidades y desafíos de las TIC en la agricultura	85
4 Referencias	93

The background features a large teal shape on the left and bottom, and a grey shape on the right and bottom. The teal shape has a complex, angular form with a diagonal cutout. The grey shape is a solid, angular block. The text is centered within the teal area.

Resumen ejecutivo

El presente estudio del Observatorio Aragonés de la Sociedad de la Información (OASI) analiza la utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el sector agrícola y ganadero de Aragón. No existen muchos datos recientes sobre la implantación de las TIC en el sector primario en Europa, ya que Eurostat no proporciona información del sector. Tampoco en España, ya que el Instituto Nacional de Estadística (INE) no incluye al sector primario en su "Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas". Sin embargo, gracias a la colaboración del OASI con el Instituto Aragonés de Estadística (IAEST), sí que existen datos del sector primario para Aragón. En estos se observa que el sector agrario aparece clasificado como uno de los que más margen de mejora tiene en casi todos los indicadores de la sociedad de la información. A modo de ejemplo, si en Aragón el 81,8% de las empresas de 10 o más empleados y con conexión a Internet tienen una página web, ese porcentaje apenas supone el 17,9% en el caso del sector agrario. La avanzada edad de los propietarios de las explotaciones, el pequeño tamaño de las empresas agrarias y el entorno rural son factores que limitan la adopción de TIC. También puede argumentarse que la agricultura y ganadería no proporcionan el entorno más favorable para implementar tecnologías como las redes sociales o el comercio electrónico y que, por ello, es el sector con menor presencia en Internet, de acuerdo con indicadores básicos como "presencia en redes sociales" o "ventas realizadas por Internet". Los datos estadísticos lo presentan también como un sector poco innovador ya que, de acuerdo con el INE, el 12,81% de las empresas españolas de 10 o más asalariados se pueden considerar empresas innovadoras tecnológicas, porcentaje que desciende al 4,85% en el sector agrícola, siendo uno de los más bajos.

A la luz de los datos anteriores parece claro que se puede hablar de la existencia de una brecha digital sectorial. Pero, no puede analizarse la situación de la agricultura y la ganadería respecto a las TIC utilizando los mismos indicadores que para el resto de empresas, porque de esta forma no se aprecia que el sector primario es puntero en la adopción de tecnologías que le son útiles como, por ejemplo, el uso de los drones para evaluar el estado de los cultivos, o el empleo de sensores inalámbricos para medir la humedad de la tierra. Dicho de otro modo, no se puede analizar del mismo modo la utilización de las TIC en una casa de turismo rural que en una explotación agrícola o ganadera, ya que sus necesidades son muy diferentes.

El estudio recoge experiencias que muestran un alto nivel tecnológico. Un pequeño empresario agrícola puede incorporar un GPS en su tractor para trabajar en condiciones de poca visibilidad, monitorizar su explotación mediante satélites para evaluar su estado fenológico —los cambios estacionales en los cultivos—, localizar en una fase temprana una enfermedad que afecte a una parte de la explotación mediante un dron y aplicar en esa zona, y solo en esa, el tratamiento. También es posible instalar en su parcela sensores inalámbricos, que miden la humedad —del aire, de la tierra y de las hojas—, el nitrógeno, el pH, la temperatura o la luminosidad, por citar algunos ejemplos de aplicaciones reales de la Internet de las cosas (IoT). Las máquinas y los aperos del campo incorporan cada vez más técnicas de inteligencia artificial, aprenden a reconocer patrones para eliminar maleza, fertilizar la tierra —pero sólo donde se necesita y en las cantidades óptimas que se precisan— o realizar el aclareo de los frutos. Asimismo, la técnica le permite cosechar los productos hortícolas mediante mecanismos dotados de visión artificial, que seleccionan los frutos en el estado óptimo y posteriormente los clasifican por tamaños o colores.

Existen también maquinarias agrícolas que permiten la aplicación variable de insumos, gracias a las que cada zona de la parcela o incluso cada planta recibe justo la dosis necesaria que precisa. La robotización y automatización en la agricultura ya es una realidad, especialmente en los invernaderos, pero también

con robots que polinizan las flores o que ordeñan las vacas. Por su parte, el regadío de precisión capta la información de los sensores para programar el riego de forma automática y reducir el consumo de agua, mientras que la ganadería de precisión permite captar la información de hasta sesenta sensores distintos, destinados a detectar aspectos como el celo de los animales, vigilar los partos, detectar problemas de salud o controlar la alimentación. Y los vehículos autónomos han existido antes en la agricultura que en las carreteras. Sirvan de ejemplo tractores sin cabina que realizan las actividades del campo y que disponen incluso de sistemas de control de rodadas para regular las pisadas, tan dañinas para los cultivos por apelmazar la tierra, que llegan incluso a modificar automáticamente la presión del neumático.

En otro orden de cosas, toda la información de la explotación se encuentra en la nube y es gestionada mediante un Sistema Integrado de Gestión (ERP) en cuyo cuaderno de explotación ya se registran todos los tratamientos fitosanitarios realizados, como regula el Real Decreto 1311/2012. La producción de alimentos también ha de cumplir la normativa, cada vez más exigente, sobre trazabilidad, para lo que el agricultor o ganadero puede emplear la tecnología de cadena de bloques o *blockchain*, además del empleo de etiquetas de radiofrecuencia RFID y otros sistemas. Los datos obtenidos los medios anteriores podrán ser analizados mediante los oportunos sistemas de información geográfica (GIS), y dada la variedad de fuentes de información y el volumen de datos que se maneja, podrá considerarse un ejemplo de aplicación del *big data*. Esta información se puede analizar además mediante sistemas de ayuda a la toma de decisiones, que contribuyen a seleccionar los cultivos más apropiados para cada una de las zonas, en función de variables internas de las parcelas o externas, como las previsiones de precios de los productos, la provisión de agua o la meteorología. Además, nuestro agricultor publica los datos de su explotación en formato abierto, utilizando los estándares existentes, lo que permitirá a otros agricultores aprender de su experiencia o a científicos de diversos campos disponer de datos para realizar estudios sobre nuevas variedades de cultivo, la difusión y el control de una plaga o los efectos del cambio climático

Finalmente, también las telecomunicaciones presentan un gran impacto en la agricultura, con numerosas *apps* de ayuda al profesional agrícola, que permiten reconocer las enfermedades de las plantas con una foto del móvil, acceder a información sobre el producto fitosanitario más adecuado, sobre la cotización de los productos en los mercados, las predicciones meteorológicas o recibir una alarma cuando una vaca está a punto de parir. Existen redes sociales que agrupan a agricultores y proveedores de servicios, que cada vez son más utilizadas para conocer las novedades del sector, opinar y recabar información, establecer y mantener contactos profesionales. Sin alcanzar el nivel de uso de otros sectores, como el turístico, las redes sociales cada vez influyen más en las decisiones agrícolas, al suministrar información de calidad para sus usuarios. También el comercio electrónico está funcionando en la agricultura, con experiencias de tienda virtual (B2C), de empresa a empresa (B2B) y plataformas más sofisticadas que superponen ambos modelos (B2B2C) permitiendo al agricultor vender sus productos a otra empresa, que aporta un valor añadido y que los comercializa a los consumidores finales. También la economía colaborativa, que nace hace miles de años cuando un agricultor comparte con su vecino un apero que no necesita, tiene presencia en la agricultura más actual, en la que hay desde plataformas electrónicas que permiten compartir herramientas, pero con la ventaja de disponer de bases de datos donde se publicita la oferta y la demanda, hasta servicios, como la búsqueda de financiación para proyectos agrarios mediante *crowdfunding*.

El uso avanzado de las TIC en las actividades agrarias recibe varios nombres: e-agricultura, agroTIC o agricultura digital. En el estudio se han agrupado las TIC en varios apartados, según tengan que ver con:

1. La captura de datos, con tecnologías como el posicionamiento global (GPS), la teledetección mediante satélites, los drones, la Internet de las cosas que en este contexto se llama agricultura inteligente o *smart*, la visión artificial y la trazabilidad para la seguridad alimentaria mediante *blockchain*.
2. Tecnologías para el análisis de datos y toma de decisiones, como los sistemas de información geográfica (GIS), el *big* y el *small data*, los proyectos *open data* en la agricultura, la computación en la nube, los sistemas integrados de gestión (ERP), la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, y los sistemas de ayuda a la decisión (DSS).
3. Tecnologías para la actividad agrícola, como la tecnología de aplicación variable de insumos (VRT), la automatización y robotización en la agricultura, el regadío de precisión, la ganadería de precisión, los sistemas de control de rodadas y los vehículos autónomos para la agricultura.
4. Tecnologías relacionadas con las comunicaciones, como las *apps* para telefonía móvil, las redes sociales, el comercio electrónico y las aplicaciones de la economía colaborativa en agricultura.

El estudio concluye destacando algunas de las potencialidades y desafíos de las TIC en la agricultura. El Proyecto ConectAragón, del Departamento de Innovación, Investigación y Universidad del Gobierno de Aragón, está dotando de cobertura de banda ancha a pequeños municipios en los que la agricultura y ganadería desempeña un papel fundamental, lo que contribuirá a digitalizar el sector primario. El móvil es otro elemento que facilitará su transformación digital, siendo el auge de las *apps* una oportunidad real, porque permiten desarrollar programas fáciles de usar y que ayudan a gestionar las explotaciones agrícolas y ganaderas.

La mayor precisión en la recolección de los datos gracias al uso del GPS, de las imágenes que envían los satélites, de los drones o de los sensores de la IoT permite aplicar menores dosis de productos fitosanitarios o fertilizantes, con lo que se logran reducir los costes de producción y laboreo. Se optimiza también otro insumo particularmente importante, el agua. Con todo ello se reduce el impacto medioambiental, al aplicar la cantidad justa de producto. Estas tecnologías alcanzan su máximo potencial cuando se integran en sistemas de información geográfica (GIS) y sistemas integrados de gestión (ERP). Por su parte, el desarrollo y comercialización de vehículos autónomos para la agricultura y la imparable automatización, e incluso robotización, de los procesos supondrá mejoras en la productividad de las explotaciones agrícolas y ganaderas, como ya ha sucedido en la industria. Además, la robotización puede solucionar la carencia de mano de obra en la agricultura, al realizar los robots las tareas monótonas y repetitivas. Las TIC también son útiles en la logística de la agricultura y ganadería y el sector puede aprovechar las excelentes infraestructuras que tiene Aragón en esta materia. La trazabilidad, además de ser un requisito legal es una demanda de los consumidores, cada vez más exigentes. El comercio electrónico supone una oportunidad para el medio rural ya que el agricultor puede vender directamente a los particulares, sin depender de intermediarios, y es puede ser también un medio para exportar e internacionalizar la explotación.

La utilización de datos abiertos en la agricultura contribuirá a aumentar el conocimiento en una materia básica, que aspira a lograr los principales retos que tiene la seguridad alimentaria mundial, como son el aumento de la producción agrícola y ganadera, el desarrollo de plantas más resistentes, la extensión del uso de prácticas agrarias responsables y la creación de mercados de productos agrarios más justos. Finalmente cabe señalar que las TIC en la agricultura no solo aumentan la productividad de las explotaciones y protegen el medioambiente, sino que su uso aumenta el prestigio y la autoestima de los productores, uno de los factores que tradicionalmente han explicado el éxodo del mundo rural.



1 Las TIC y la innovación en el sector primario aragonés

1.1 Uso de las TIC en el sector primario

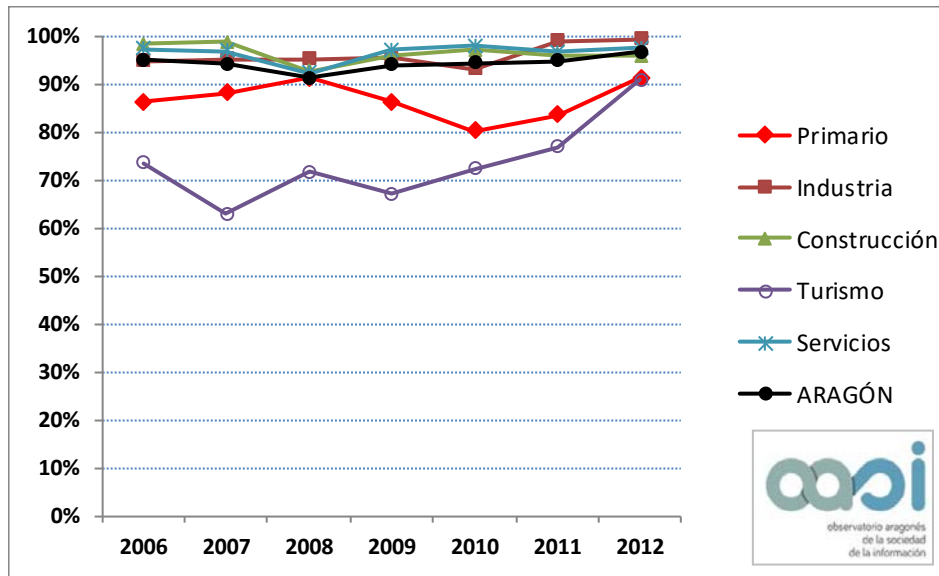
1.1.1 Aragón

Son pocos los estudios dedicados de forma específica a estudiar el impacto de las TIC en la agricultura. En el caso del Instituto Nacional de Estadística (INE), la "Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas" analiza la evolución de tres sectores: la industria, la construcción y el sector servicios, sin considerar el sector primario (INE, 2017). La Comisión Europea tampoco incluye datos desagregados para el sector primario en su "Estadística para la Economía Digital y la Sociedad", de la oficina estadística Eurostat (Eurostat, 2017a). Por su parte, el Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (ONTSI), dependiente del organismo público red.es, elabora anualmente el informe ePyme, que analiza de forma exhaustiva la implantación y uso de soluciones y servicios TIC en diez sectores empresariales, los cuales representan el 73,2% del total de empresas de la economía española. Entre estos se encuentran la industria, la construcción, el comercio, los hoteles, las empresas de transporte o de venta y reparación de vehículos de motor, pero tampoco se incluyen ni la agricultura ni la ganadería.

Sin embargo, esta ausencia de datos no se corresponde con la contribución a la economía del sector primario, ya que supone el 2,6% del PIB español y el 4,4% del empleo, y que las exportaciones del sector agroalimentario y pesquero supusieron en el año 2016 el 18,4% de las exportaciones del conjunto de la economía nacional, siendo el segundo sector por detrás del de bienes de equipo y por delante del automóvil, con un superávit de más de 7.000 millones de euros, según los datos del Informe Anual de Comercio Exterior Agroalimentario y Pesquero de la Subdirección General de Análisis, Prospectiva y Coordinación del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

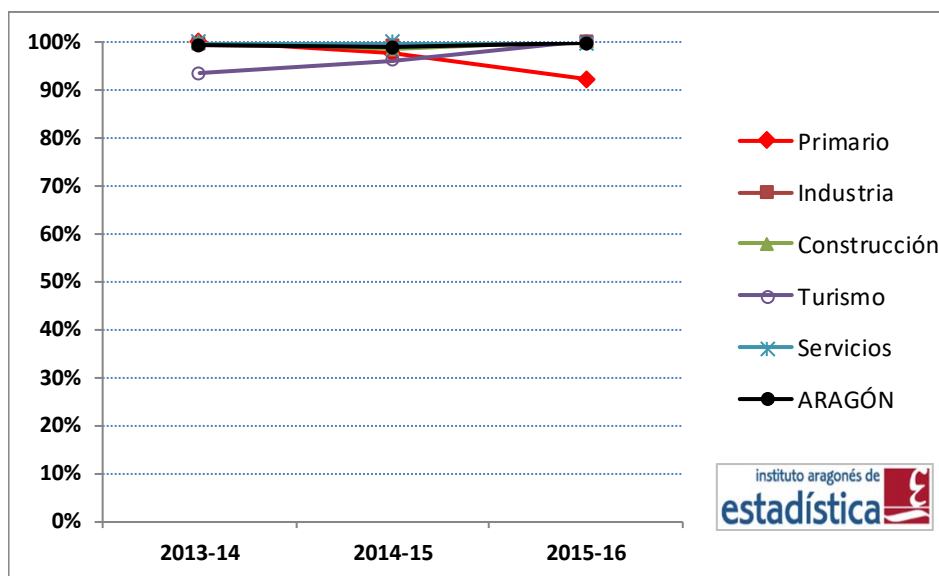
En nuestra comunidad autónoma, el Observatorio Aragonés de la Sociedad de la Información (OASI), cuyo estudio sobre utilización de las TIC en las empresas comenzó a realizarse en el año 2006, sí incluía en el mismo al sector primario, pero los estudios de campo finalizaron en 2012, por lo que solo se dispone de datos hasta esa fecha. Los datos obtenidos en este periodo mostraban, como analizaremos a continuación de forma más detallada, que el sector primario estaba bastante rezagado con respecto a la industria, los servicios e incluso la construcción. Para continuar disponiendo de datos sobre el sector primario a partir del año 2012, el Gobierno de Aragón a través del Instituto Aragonés de Estadística (IAEST) encarga al INE que realice una sobremuestra en su Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas, que de esta forma incluye al sector primario en su estudio sobre las empresas aragonesas. Cabe señalar que el tamaño de la muestra es inferior a las que utilizaba el OASI en sus estudios y que en ocasiones no resulta suficiente para proporcionar estimaciones fiables. Por este motivo en algunos indicadores se producen oscilaciones importantes, aunque las tendencias se mantienen claras.

También hay que destacar que los resultados del OASI y los del IAEST que se expondrán seguidamente se refieren a distintas bases. En los primeros se utilizarán los datos de todas las empresas encuestadas por el OASI, que eran las inscritas en el Registro Mercantil y que presentaban el depósito anual de cuentas. Esta restricción hace que la gran mayoría de encuestados fueran al menos sociedades limitadas y dejaba fuera a los autónomos, pero quedaban incluidas muchas empresas con menos de 10 empleados. Sin embargo, en los resultados del IAEST se van a tener en cuenta únicamente los datos correspondientes a empresas con 10 o más empleados.

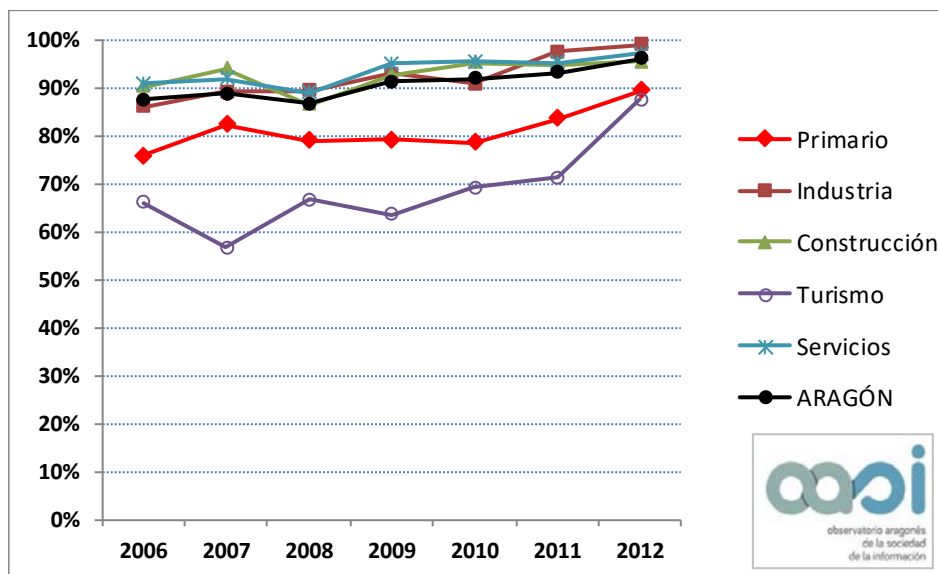


Gráfica 1.- Porcentaje de empresas con ordenador, sobre total de empresas (Fuente: OASI, 2013)

Analizando la evolución del porcentaje de empresas con ordenador, desde 2006 hasta 2012 se observa que solo el sector turístico mostraba indicadores tan negativos como el agrario, aunque el impacto de Internet en general y de las redes sociales en particular, actuó como catalizador en el sector turismo, llegando este a superar en bastantes indicadores al resto de sectores. El periodo siguiente, comprendido entre 2013 y 2016 en el porcentaje de empresas de 10 o más asalariados con ordenador los datos confirman que el sector primario seguía rezagado con respecto a los otros sectores, experimentado además un descenso bastante acusado en los dos últimos años, aunque, como se dijo, estas bruscas oscilaciones pueden deberse al tamaño de la muestra.

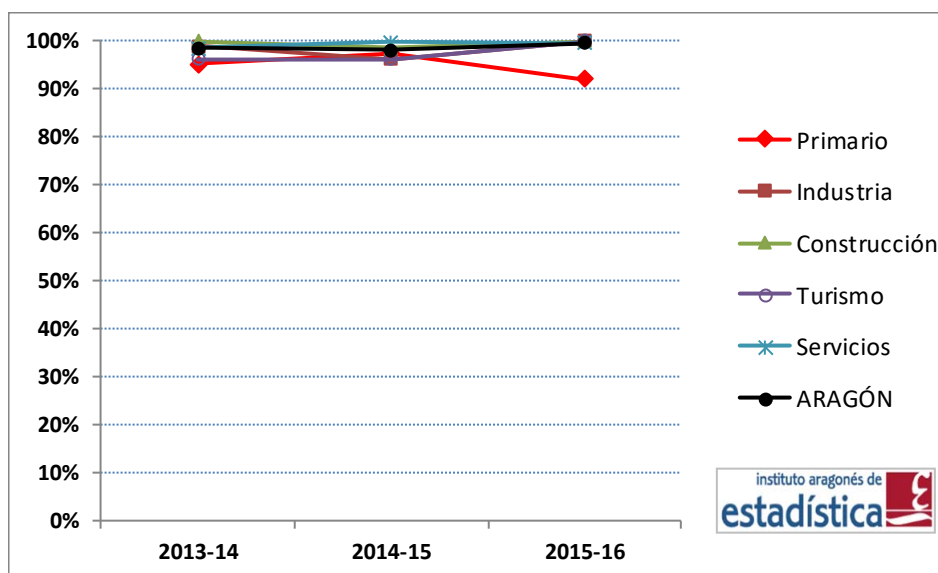


Gráfica 2.- Porcentaje de empresas con ordenador, sobre total de empresas con 10 o más empleados (Fuente: IAEST, 2014)

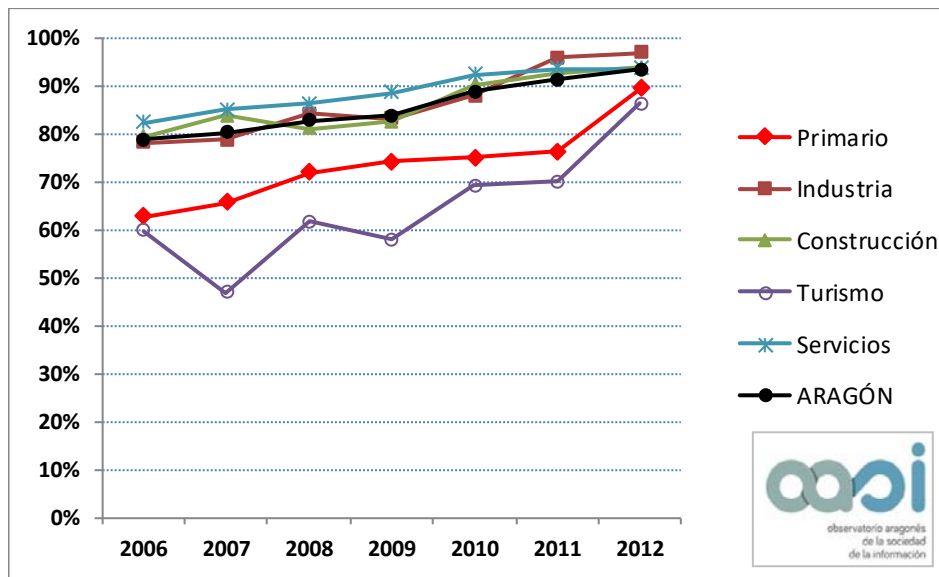


Gráfica 3.- Porcentaje de empresas con acceso a Internet, sobre total de empresas (Fuente: OASI, 2013)

La evolución desde 2006 hasta 2012 del porcentaje de empresas con acceso a Internet, según los datos del OASI, confirma el patrón de un sector primario rezagado con respecto a la industria, los servicios y la construcción, así como el fuerte crecimiento del sector turismo en el último año, que hace que al final del periodo llegue a confluir con el sector primario. La evolución en el periodo posterior del porcentaje de empresas de 10 o más asalariados con acceso a Internet confirma la mejoría del sector turismo, lo que unido a un ligero descenso en el valor del indicador para el sector primario hace que este pase a ser en el año 2016 el sector cuyas empresas muestran los peores porcentajes en cuanto al acceso a Internet.

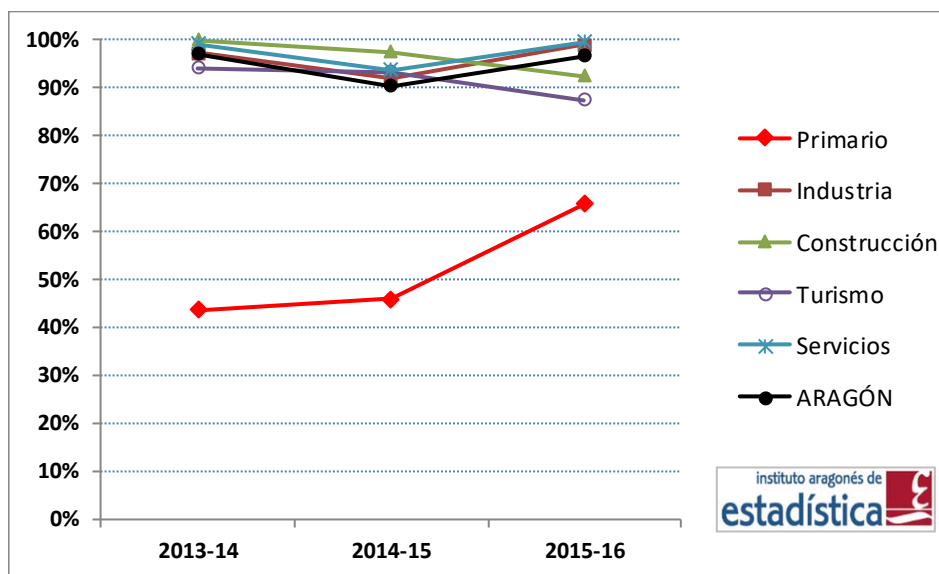


Gráfica 4.- Porcentaje de empresas con acceso a Internet, sobre sobre total de empresas con 10 o más empleados (Fuente: IAEST, 2016)

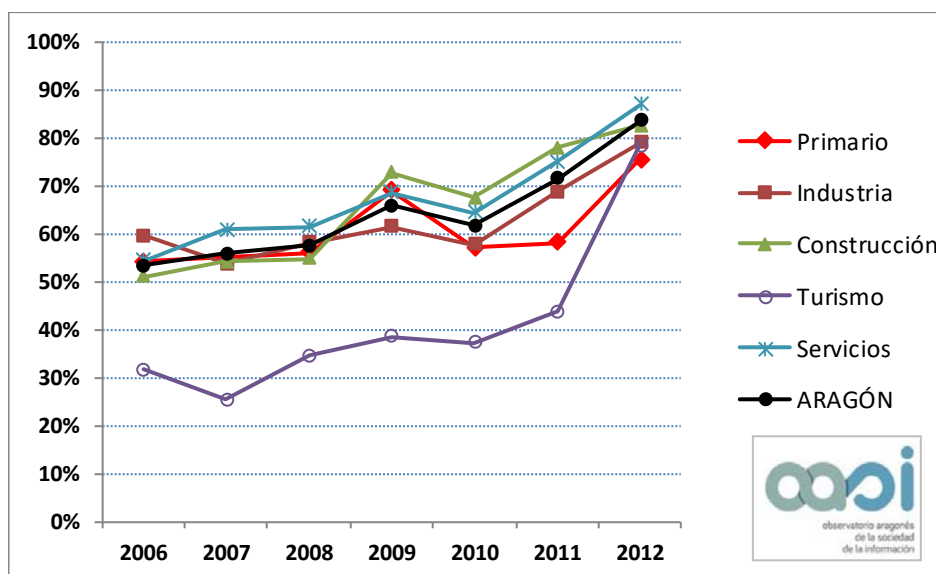


Gráfica 5.- Porcentaje de empresas con acceso a Internet mediante banda ancha, sobre total de empresas (Fuente: OASI, 2013)

La evolución desde 2006 hasta 2012 del porcentaje de empresas con banda ancha confirma los resultados anteriores. También en la evolución del este indicador en las empresas de 10 o más asalariados, desde 2013 hasta 2016, se observa claramente la brecha que padece el sector primario, y que se puede asociar a la falta de infraestructuras en el medio rural. Esta se paliará en Aragón mediante ConectAragón, el proyecto de banda ancha de nueva generación de Aragón, con el que se va a dotar de cobertura de al menos 30 Mbps a 348 núcleos de población, todos situados en las llamadas zonas blancas, es decir, aquellas en las que, a causa de su difícil acceso y/o escasa densidad de población, no existe ni es previsible que por parte de los operadores privados se ofrezca cobertura de 30 Mbps. En muchas de estas localidades la agricultura y ganadería desempeñan un papel fundamental, por lo que el proyecto contribuirá a digitalizar el sector primario.

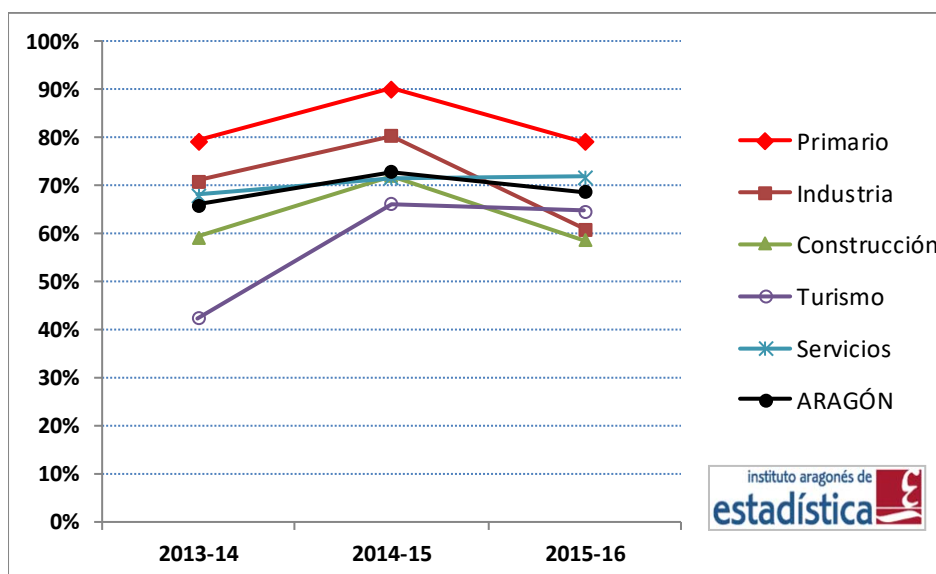


Gráfica 6.- Porcentaje de empresas con acceso a Internet mediante banda ancha fija, sobre total de empresas con 10 o más empleados y que disponen de conexión a Internet (Fuente: IAEST, 2016)

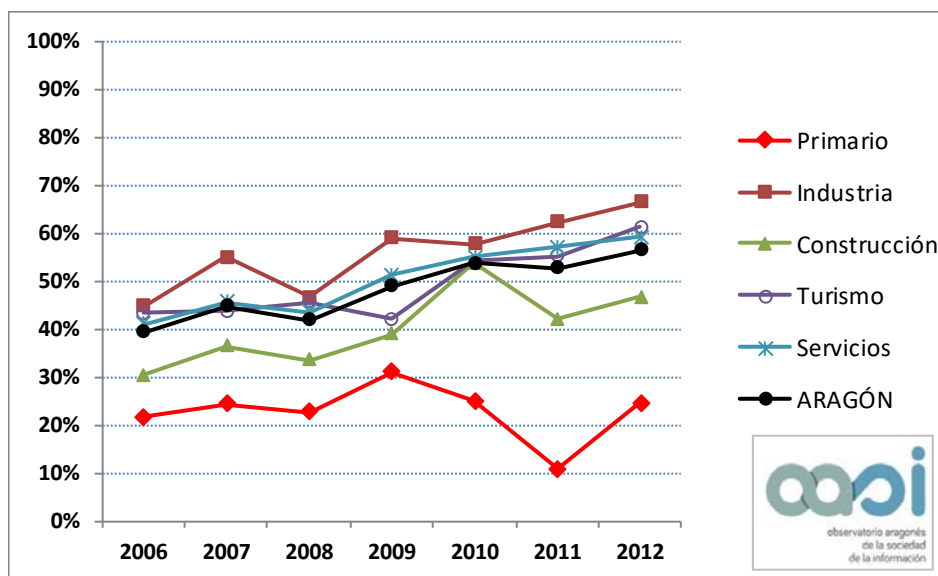


Gráfica 7.- Porcentaje de empresas que utilizan Internet para relacionarse con las Administraciones públicas, sobre total de empresas (Fuente: OASI, 2013)

En cuanto al uso de Internet para relacionarse con las Administraciones públicas, el patrón en el periodo 2006-2012 era el mismo que se ha visto hasta ahora e incluso, en este indicador, el sector turismo superó al agrario ya en el año 2012. Sin embargo, esta situación ha cambiado en los últimos años y cabe destacar que el sector primario es uno de los que más utiliza Internet para comunicarse con las Administraciones, especialmente por los trámites relacionados con la política agrícola común (PAC), aunque muchos de estos trámites son realizados por gestores profesionales o entidades bancarias actuando en nombre de los agricultores. Un factor explicativo de la diferente posición que dan al sector primario los datos del OASI y del IAEST es que, como se dijo, estos últimos se refieren únicamente a empresas con 10 o más empleados y que en este indicador es posible que incida especialmente el tamaño de la empresa.

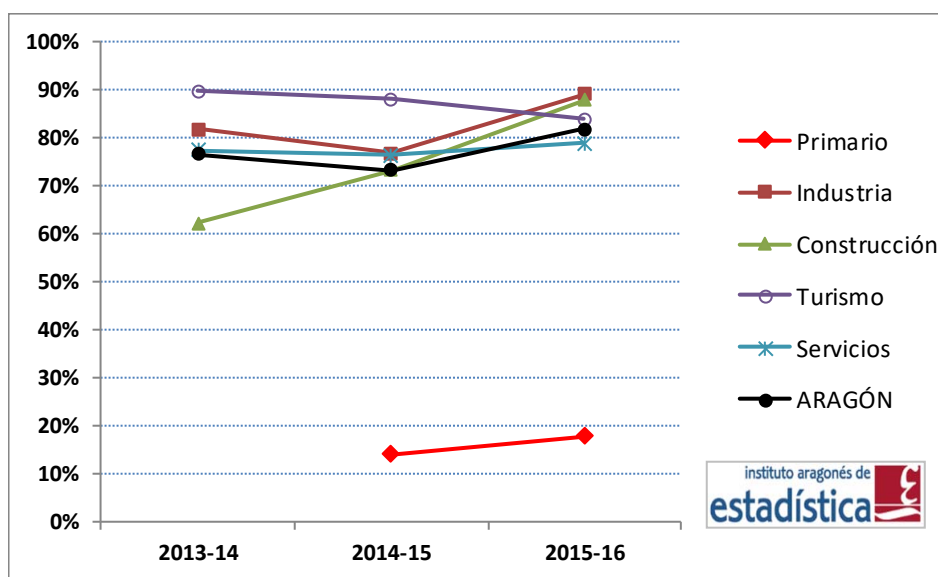


Gráfica 8.- Porcentaje de empresas que interactúan con las Administraciones públicas mediante Internet, sobre total de empresas con 10 o más empleados y que disponen de conexión a Internet (Fuente: IAEST, 2016)

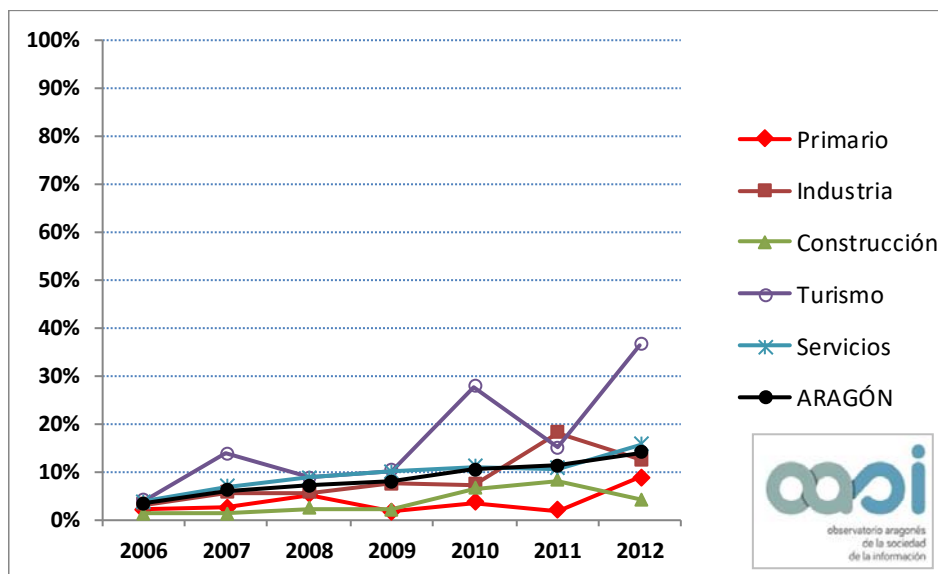


Gráfica 9.- Porcentaje de empresas que disponen de una página web, sobre total de empresas (Fuente: OASI, 2013)

Uno de los aspectos en los que el sector primario tiene los valores más bajos es en la presencia corporativa en Internet. En la evolución del porcentaje de empresas que tienen página web, desde 2006 hasta 2012, se observa que cuando el 66,5% de las empresas industriales tenían página web, este porcentaje en el sector agrario apenas alcanzaba el 24,6%. Si se observa el porcentaje de empresas con 10 o más asalariados y con conexión a Internet que disponen de una página web, en el último año, solo el 17,9% de las empresas aragonesas del sector primario disponían de una página web, porcentaje claramente inferior al que muestran el resto de los sectores, en los que el promedio del 81,8%.

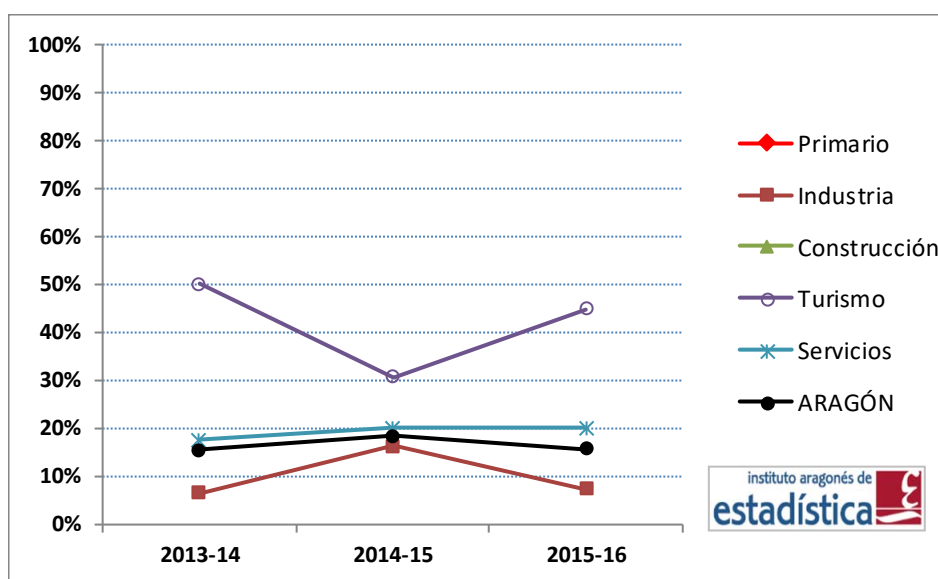


Gráfica 10.- Porcentaje de empresas que disponen de una página web, sobre total de empresas con 10 o más empleados y que disponen de conexión a Internet (Fuente: IAEST, 2016)

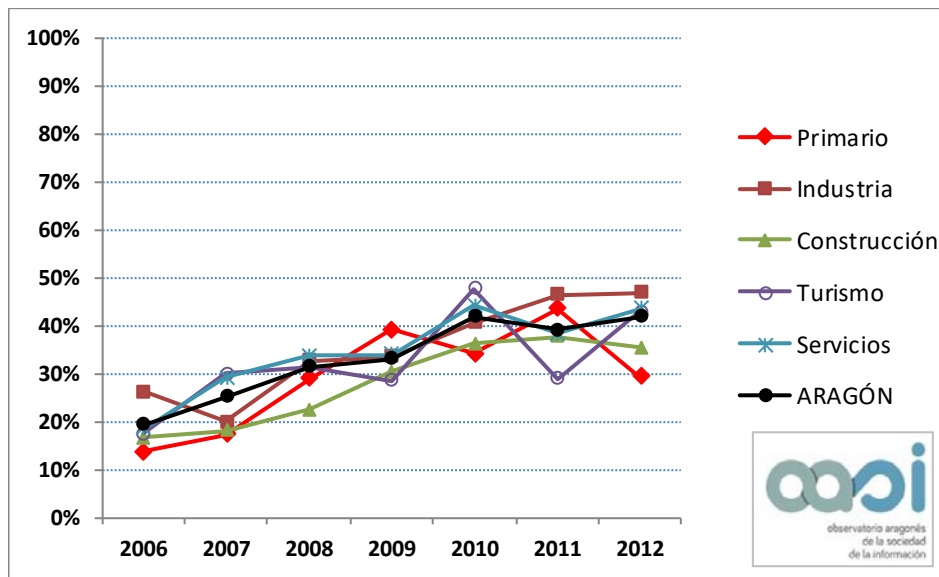


Gráfica 11.- Porcentaje de empresas que venden por Internet, sobre total de empresas (Fuente: OASI, 2013)

Si se analiza la evolución del porcentaje de empresas que comercializan productos o servicios por Internet, desde 2006 hasta 2012, se observa que el sector líder es el turístico, con un 36,3% ya en 2012. El farolillo rojo es el sector de la construcción, seguido de cerca por el agrario, con un 1,8%. Poco se puede afirmar en cuanto a la evolución seguida en los años posteriores ya que el tamaño de la sobremuestra del INE para los sectores sector primario y de la construcción no es suficiente para proporcionar estimaciones fiables. Según los datos más recientes y teniendo en cuenta al conjunto de las empresas aragonesas con 10 o más asalariados y que disponen de conexión a Internet y tienen página web, sin diferenciar por sectores, venden por Internet el 15,7%.



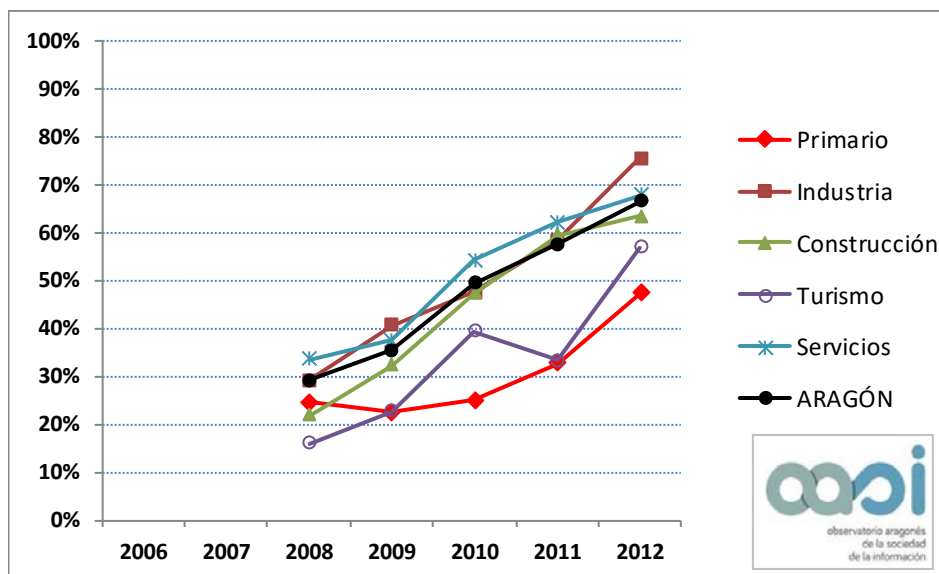
Gráfica 12.- Porcentaje de empresas con 10 o más asalariados que venden por Internet, sobre total de empresas con 10 o más empleados y que disponen de conexión a Internet y página web (Fuente: IAEST, 2016)



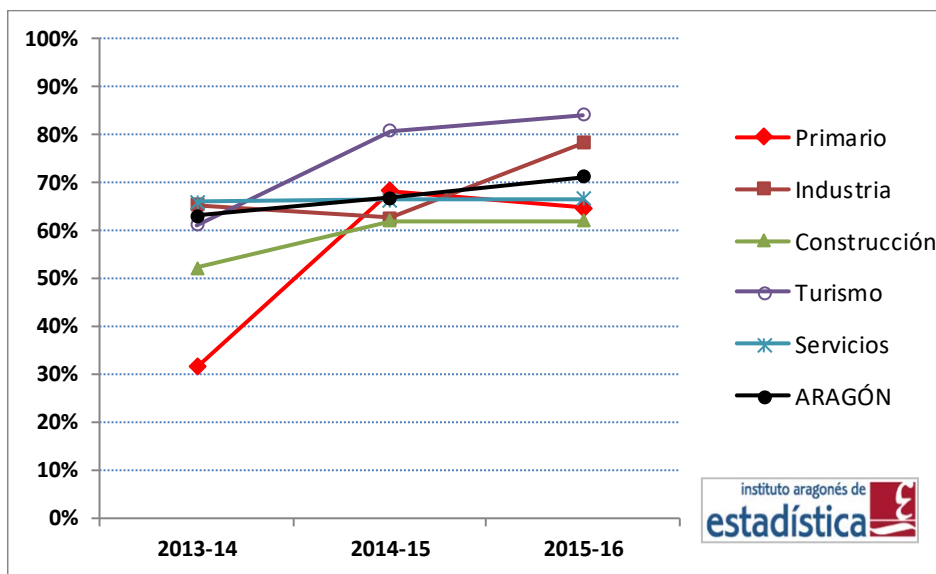
Gráfica 13.- Porcentaje de empresas que compran por Internet, sobre total de empresas con acceso a Internet (Fuente: OASI, 2013)

En cuanto al porcentaje de empresas que realizan compras por Internet, entre 2006 y 2012, el sector agrario cerraba también la tabla, con apenas un 29,4% de las empresas con acceso a Internet, cuando el promedio en Aragón se situaba en el 41,8%. No existen datos para el periodo siguiente, ya que el INE no realiza específicamente dicha pregunta.

Finalmente, se analiza la evolución del porcentaje de empresas que reciben facturas electrónicas. Entre 2008 y 2012 el sector primario es de nuevo el que exhibe los porcentajes más bajos. En el periodo siguiente, desde 2013 hasta 2016, y teniendo en cuenta a las empresas aragonesas con 10 o más asalariados, el porcentaje de las empresas que reciben facturas electrónicas también es de los menores, aunque se sitúa ligeramente por encima del sector de la construcción.

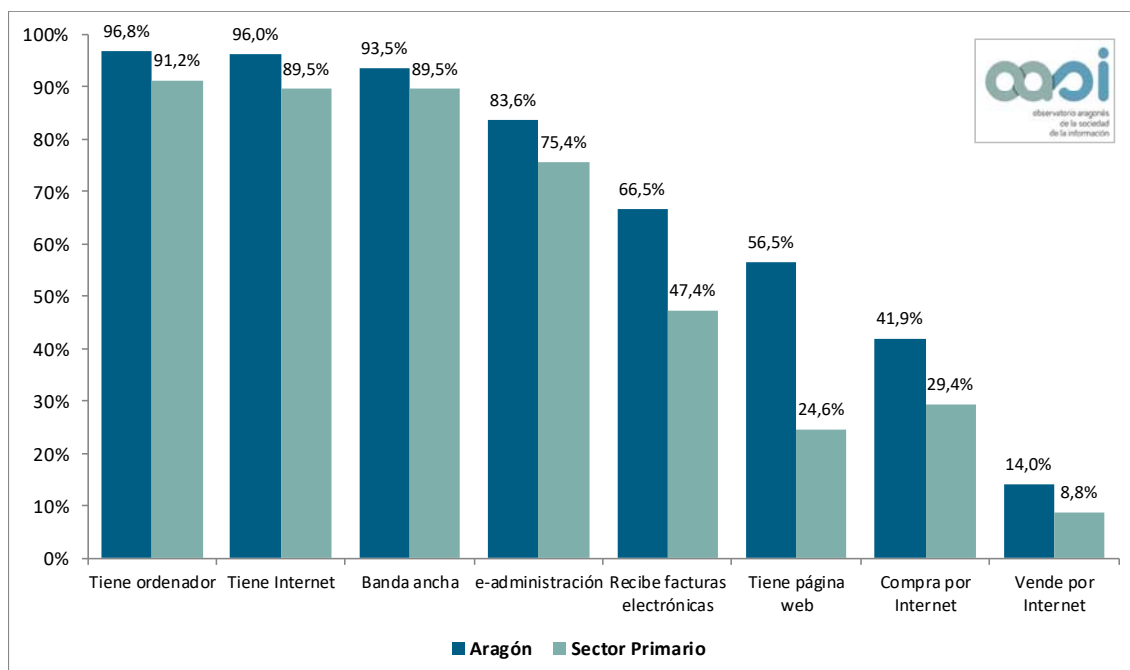


Gráfica 14.- Porcentaje de empresas que reciben facturas electrónicas, sobre total de empresas (Fuente: OASI, 2013)

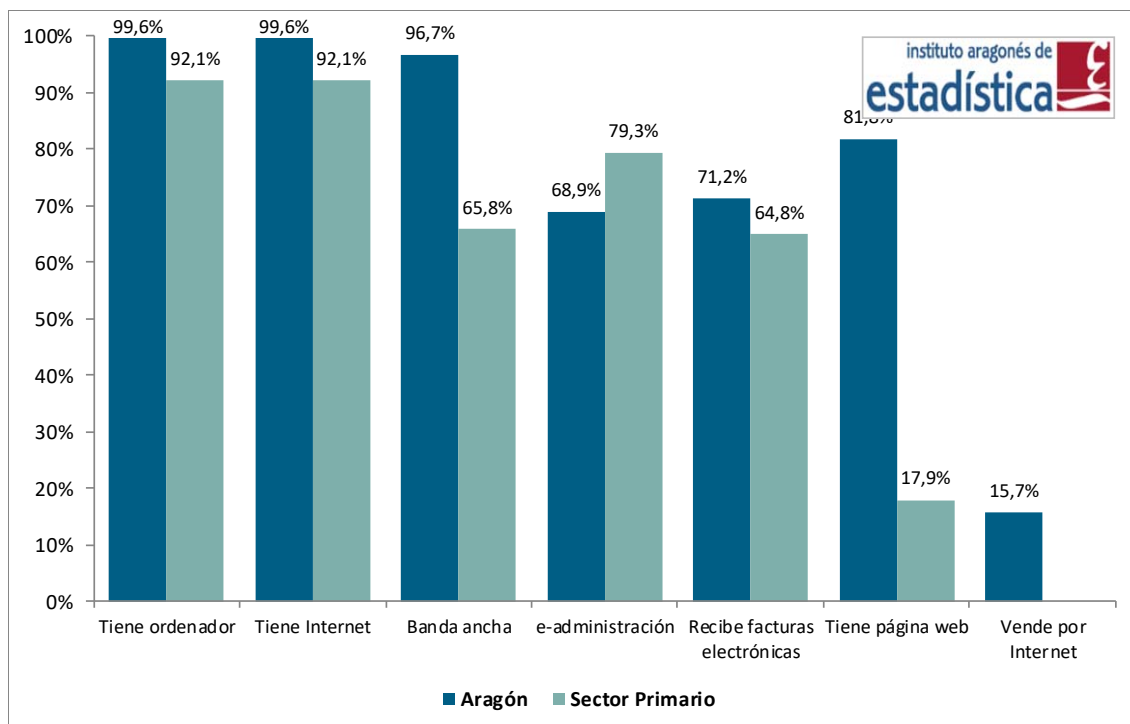


Gráfica 15.- Porcentaje de empresas que reciben facturas electrónicas, sobre total de empresas con 10 o más asalariados (Fuente: IAEST, 2016)

A la luz de los datos anteriores parece claro que podemos hablar de la existencia de una brecha digital sectorial. La siguiente figura resume los datos disponibles más recientes realizados por el OASI, que se corresponden con el año 2012. En todos los aspectos analizados, el sector primario está por debajo del promedio aragonés, siendo especialmente importante el indicador de presencia corporativa en Internet, medido por la existencia de una página web. En los análisis realizados por el OASI quedaba claro que la avanzada edad de los propietarios de las explotaciones, el pequeño tamaño de las empresas agrarias y el entorno rural eran factores que limitaban la adopción de TIC.



Gráfica 16.- Brecha digital del sector agrario, con datos del año 2012 (Fuente: OASI, 2013)



Gráfica 17.- Brecha digital del sector agrario, con datos del año 2015-16 (Fuente: IAEST, 2016)

Los datos más actuales del INE para Aragón confirman los resultados anteriores y revelan que la brecha digital permanece en todos los indicadores, excepto en el mayor uso de la administración electrónica que realizan los agricultores. La brecha es especialmente llamativa en el indicador referido a si la empresa dispone de página web. Recordemos que para este año no disponemos de datos para el sector primario en cuanto al uso de comercio electrónico, tanto en compras como en ventas realizadas a través de Internet.

1.1.2 Otros territorios

Como ya se vio, la Comisión Europea no proporciona datos desagregados del uso de las TIC en el sector agrario, pero ello no significa que no considere importante incorporar las TIC en la agricultura, especialmente en materia de desarrollo sostenible. Prueba de ello es que en mayo de 2017 presentó el documento "Digital 4 Development", que contiene la estrategia para integrar las TIC en la política de desarrollo de la UE contribuyendo al logro de los objetivos de desarrollo sostenible, (Eurostat, 2017b). En esta se establecen cuatro prioridades:

- Promover el acceso a las infraestructuras digitales mediante banda ancha de forma asequible y segura.
- Mejorar la alfabetización digital y las competencias digitales.
- Fomentar el espíritu empresarial digital y la creación de empleo.
- Promover el uso de las tecnologías digitales como facilitadores del desarrollo sostenible.

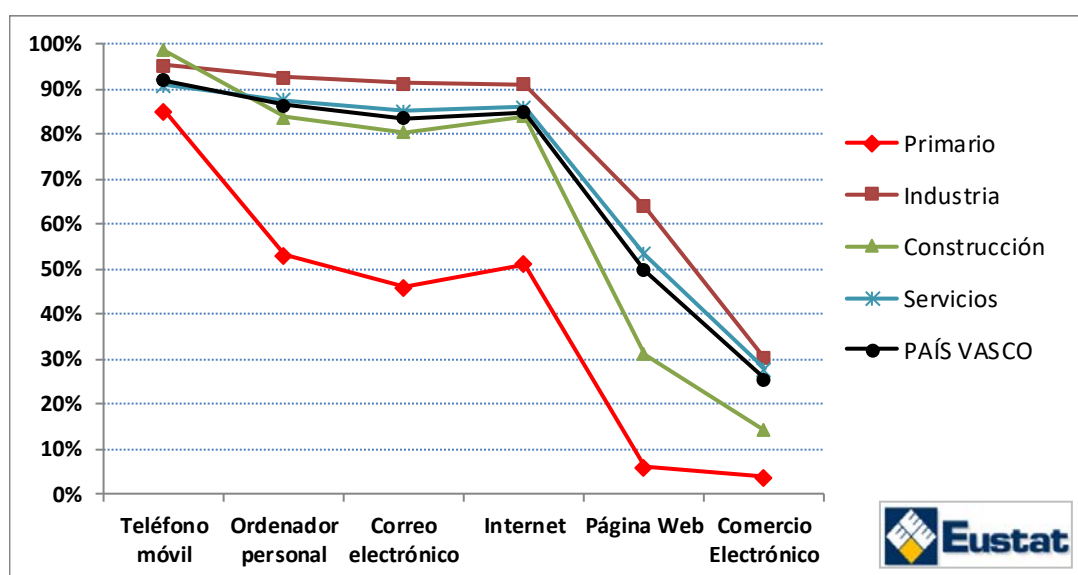
Uno de los objetivos de la estrategia es permitir a sectores como la agricultura alcanzar todo su potencial. Para ello, las tecnologías digitales pueden contribuir a resolver las asimetrías del mercado al conectar a los productores, permitiendo una mejor distribución de los productos perecederos. Como ejemplo, el estudio de la Comisión Europea documenta el caso del uso del teléfono móvil por los agricultores

en Honduras, que aumentaron sus ingresos en un 12,5% al tener información precisa sobre los precios y su evolución.

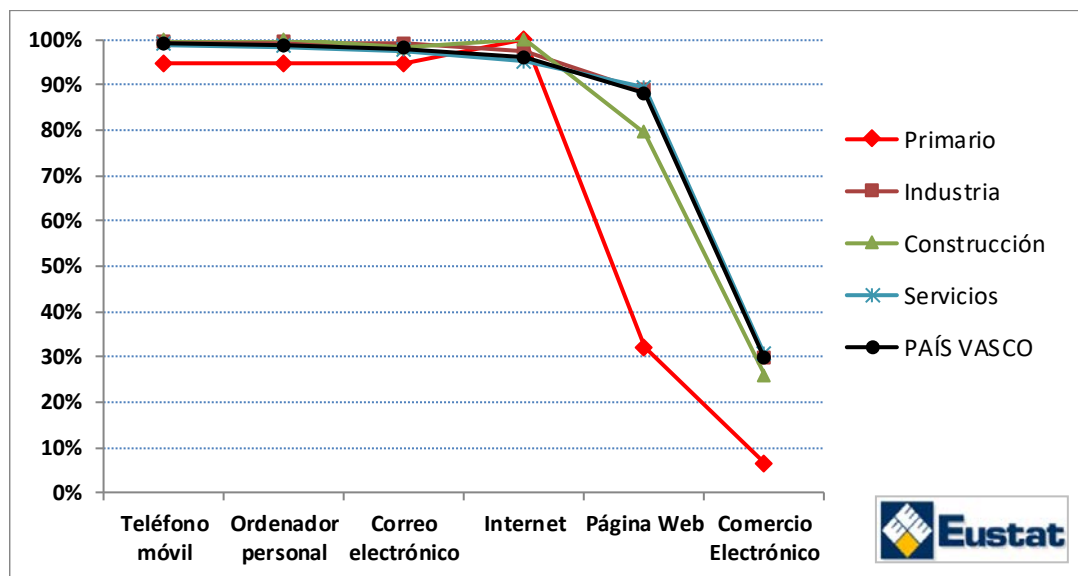
A nivel internacional existen numerosas estadísticas sobre el sector primario, elaboradas por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) o el Banco Mundial, pero siempre con datos sobre producción agraria, productividad agrícola, disponibilidad de alimentos o desarrollo rural. Sin embargo, apenas existen estadísticas fiables sobre el uso de las TIC.

Es posible complementar el estudio del nivel TIC del sector primario extrapolando datos de otras comunidades autónomas. Concretamente la oficina estadística del País Vasco (Eustat), ofrece información sobre el sector primario correspondiente al año 2016, comparando con la industria, la construcción y los servicios. Aunque la realidad del País Vasco es distinta a la de Aragón puede ser interesante conocer estos datos, a efectos de comparar el sector primario con el resto de sectores de la economía. En concreto, se utilizan los datos de la "Encuesta de la Sociedad de la Información en el Sector Primario" del País Vasco, que proporciona información periódica sobre la implantación de las TIC en dicho sector (Eustat, 2016). En ella se analiza el nivel de utilización de las principales tecnologías, la disponibilidad de teléfono móvil, de ordenador personal, de correo electrónico, de Internet, de sitio web y la implantación del comercio electrónico.

En los datos del País Vasco se aprecia también la brecha digital del sector agrario, ya que este aparece claramente desmarcado del resto en todos los indicadores utilizados en la encuesta. Así, de las empresas vascas del sector primario, disponen de teléfono móvil el 85,2% frente al 92,0% del valor medio del conjunto de empresas; tienen ordenador personal el 53,1% frente al 86,4% de la media; utilizan el correo electrónico el 46,0% frente al 83,7% de la media; tienen acceso a Internet el 51,1% frente al 85,0% de la media; disponen de una página web el 6,1% frente al 49,9% de la media; y realizan operaciones de comercio electrónico el 3,9% de las frente al 25,6% de la media.



Gráfica 18.- Brecha digital del sector agrario en el País Vasco, con datos del total de empresas (Fuente: EUSTAT, 2016)



Gráfica 19.- Brecha digital del sector agrario, con datos de empresas que tienen 10 o más empleados
(Fuente: EUSTAT, 2016)

Sin embargo, cuando se analizan los datos referidos únicamente a las empresas de 10 y más empleados la diferencia no es tan importante, lo que revela que las empresas del sector agrario que verdaderamente sufren de una brecha digital son las microempresas. Aun así, incluso en estas empresas se observa una brecha importante en los aspectos que presentan una mayor complejidad o dificultad, o suponen un uso más avanzado de las TIC. En concreto, de las empresas vascas del sector primario con 10 o más empleados, disponen de una página web el 32%, frente al 88,1% del total y realizan operaciones de comercio electrónico el 6,4% frente al 29,7% del total. En resumen, tener una presencia corporativa en Internet y utilizar la red para realizar negocios electrónicos son los dos aspectos de la sociedad de la información que menos cultivan los agricultores vascos, lo que probablemente podemos extrapolar a los agricultores aragoneses.

Otra fuente de información sobre la digitalización del sector primario la proporcionan los estudios preparados por las principales consultoras internacionales o compañías de telefonía. En el año 2016, Vodafone ha realizado un estudio con una muestra de 7885 empresas, de las que 127 pertenecen al sector agricultura, ganadería, pesca y minería (Vodafone, 2016). El resto de sectores analizados son: comercio mayorista, comercio minorista, hostelería y turismo, industria, servicios y transporte. La muestra la componen autónomos y Pymes que rellenan un cuestionario online. El estudio pregunta a los encuestados por diversas herramientas digitales, como el uso de email, herramientas ofimáticas, mensajería instantánea, calendario, software de gestión de clientes y productos, la nube, apps y videollamada. De acuerdo con sus resultados, el sector más digitalizado es el sector servicios y el menos digitalizado es el de la agricultura. En este hay aun algo más de uno de cada diez negocios, que no utiliza ninguna solución digital para su actividad diaria (13,4%, cuando el promedio es del 5%). En el sector agrícola, el 75,6% de los encuestados tienen email, frente al 85% del total y el 58,3% utilizan herramientas ofimáticas —como procesadores de texto u hojas de cálculo— frente al 71,4% del promedio de sectores. En cuanto al uso de la mensajería instantánea, es decir, al empleo de programas como WhatsApp, las diferencias entre sectores son menores, con un 64,6% de usuarios en agricultura y un 70,5% de media. También en el uso de apps las diferencias son menores, con un 26,8% de usuarios en agricultura y un 30,2% en el promedio total.

Tabla 1.- Uso de herramientas e Internet en diversos sectores empresariales (Fuente: Análisis de la Digitalización de Autónomos y Pymes, Vodafone, 2016)

	Total	Agricultura, Ganadería, Pesca y Minería	Comercio Mayorista	Comercio Minorista	Hostelería y Turismo	Industria	Servicios	Transporte
Base Total	7885	127	392	2141	1276	381	3234	334
Tipo de herramientas utiliza								
email	85,6	75,6	85,2	84,2	68,3	93,7	92,4	88,9
Ofimática (Word, Excel,...)	71,4	58,3	76,5	69,0	47,2	82,9	82,5	58,1
Mensajería instantánea (whatsApp)	70,5	64,6	66,6	67,1	60,1	71,1	76,8	76,3
Calendario	45,9	33,9	46,4	36,5	32,2	50,4	58,1	37,7
Programa de Gestión de Clientes y Productos	44,8	26,0	59,7	46,9	33,5	48,3	47,9	29,0
Almacenamiento online (cloud)	34,4	27,6	39,5	27,9	20,6	36,0	44,7	24,9
APPS	30,2	26,8	32,4	25,5	25,7	27,3	34,1	42,8
Servicio de videollamada (skype, ...)	20,6	13,4	31,9	13,8	11,8	22,6	27,8	16,2
Ninguna	5,0	13,4	3,6	5,2	13,1	1,3	2,3	2,4
Uso de las herramientas								
Base utiliza alguna herramienta	7486	110	378	2029	1108	376	3159	326
Gestión de clientes/ productos	78,2	60,9	80,4	79,5	68,5	82,2	82,0	64,4
Para colaborar con mis empleados/ proveedores	69,3	66,4	71,7	67,7	66,4	76,1	70,6	68,1
Elaboración de informes/ documentos	60,5	60,0	64,0	52,6	44,1	68,9	70,9	50,6
Organización de agenda	56,1	50,0	52,1	46,2	48,1	56,1	67,0	44,8
Frecuencia utiliza Internet								
Base Total	7885	127	392	2141	1276	381	3234	334
Siempre	63,7	41,7	66,1	59,9	49,9	64,6	72,0	64,1
Frecuente	25,0	39,4	25,0	26,2	29,9	29,9	21,0	26,9
Poco frecuente	9,5	14,2	7,4	11,6	16,4	4,7	6,2	8,1
Nunca	1,8	4,7	1,5	2,3	3,8	0,5	0,9	0,9
(SIEMPRE + FRECUENTE)	88,7	81,1	91,1	86,1	79,9	94,5	92,9	91,0
(POCO FRECUENTE + NUNCA)	11,3	18,9	8,9	13,9	20,1	5,2	7,1	9,0

Unidad Porcentajes %

V7. ¿Qué tipo de herramientas utiliza en su negocio? / V8. ¿Para qué utiliza estas herramientas? / V9. ¿Con qué frecuencia utiliza Internet en su negocio?

En cuanto al uso que se hace de las herramientas, en algunos aspectos no es muy diferente del que se hace en el resto de sectores. Por ejemplo, para elaborar informes y documentos, el porcentaje alcanza un 60,0% en el caso agrícola y un 60,5% en el resto de sectores. Sí que hay diferencias importantes en la gestión de clientes y productos, que alcanza el 60,9% en el sector agrario frente al 78,2% del promedio. También hay cierta diferencia en el uso de las herramientas para colaborar con los empleados y los proveedores, con un 66,4% en el sector agrícola frente al 69,3% del promedio. Finalmente, la menor frecuencia de uso de Internet

también se da en el sector agrario, con un 41,7% de usuarios que afirman utilizar Internet siempre, frente al 63,7% del promedio.

El siguiente bloque de preguntas trata sobre la presencia corporativa en Internet a través de una página web. El sector agrario tiene el menor porcentaje de empresas con páginas web, un 21,3% frente al 54,2% del promedio. Los usos que dan a la web son similares en todos los sectores, aunque en el sector agrario destaca el uso que podríamos denominar pasivo, que se limita a dar a conocer el negocio, con un 96,3% frente al 90,2% del promedio. En cambio, en los aspectos que exigen un mayor dinamismo, como atender al cliente, promocionar los productos o vender online, el sector agrario presenta porcentajes menores. En cuanto a la disponibilidad de dominio propio, el 48,8% de los encuestados del sector agrario no disponen de dominio propio, frente al 31,5% del promedio.

Tabla 2.- Uso de páginas web en diversos sectores empresariales (Fuente: Análisis de la Digitalización de Autónomos y Pymes, Vodafone, 2016)

	Total	Agricultura, Ganadería, Pesca y Minería	Comercio Mayorista	Comercio Minorista	Hostelería y Turismo	Industria	Servicios	Transporte
Base Total	7885	127	392	2141	1276	381	3234	334
Dispone de página web								
Sí	54,2	21,3	61,5	50,2	42,2	65,1	62,8	35,0
No	45,8	78,7	38,5	49,8	57,8	34,9	37,2	65,0
Uso de página web								
Base tiene página web	4277	27**	241	1075	538	248	2031	117
Dar a conocer mi negocio	90,2	96,3	83,4	84,9	89,6	92,7	93,7	88,0
Promocionar mis productos	61,2	55,6	64,3	61,4	60,6	56,5	62,0	51,3
Atención al cliente	43,5	37,0	41,9	42,3	41,8	40,3	45,0	47,9
Vender Online	30,2	25,9	39,0	47,3	26,6	23,4	21,9	32,5
Frecuencia actualización								
Base excepto dar a conocer mi negocio	419	Base muy pequeña para este sector	40*	162	56*	Base muy pequeña para este sector	128	Base muy pequeña para este sector
Mensual	35,8		42,5	30,9	48,2		34,4	
Semanal	24,3		17,5	25,9	25,0		25,8	
Diaria	26,5		20,0	32,1	12,5		25,0	
Nunca	10,0		15,0	8,0	10,7		11,7	
NS/NC	3,3		5,0	3,1	3,6		3,1	
Acciones que realiza								
Frecuencia Diaria/Semanal	213	Base muy pequeña para este sector	Base muy pequeña para este sector	94	21**	Base muy pequeña para este sector	65*	Base muy pequeña para este sector
Análisis el tráfico de visitas	45,5			50,0	23,8		47,7	
He optimizado mi web para móvil	44,1			51,1	23,8		40,0	
Realizo promociones online	39,0			52,1	23,8		26,2	
Invierto en publicidad en Google	30,0			27,7	38,1		23,1	
Ninguna de ellas	16,9			13,8	14,3		24,6	

Unidad Porcentajes %

V10. ¿Dispone de página web en su negocio? / V10_1. ¿Para qué utiliza su página web? / V10_2. ¿Con qué frecuencia actualiza los contenidos de su página? /

V103. Seleccione cuáles de las siguientes acciones realiza sobre su web

Tabla 3.- Disponibilidad de nombre de dominio en diversos sectores empresariales (Fuente: Análisis de la Digitalización de Autónomos y Pymes, Vodafone, 2016)

	Total	Agricultura, Ganadería, Pesca y Minería	Comercio Mayorista	Comercio Minorista	Hostelería y Turismo	Industria	Servicios	Transporte
Base Total	7885	127	392	2141	1276	381	3234	334
Dispone de dominio propio								
No	31,5	48,8	20,4	35,0	37,0	22,6	27,2	46,4
NET SÍ	56,5	28,3	67,1	52,0	37,5	71,4	66,5	43,4
Sí, en mi email	10,5	9,4	11,0	10,2	7,3	14,2	11,1	15,0
Sí, en mi web	13,0	7,1	11,5	14,9	12,4	11,5	13,2	7,2
Sí, en ambos	33,0	11,8	44,6	26,8	17,9	45,7	42,1	21,3
Ns/Nc	11,9	22,8	12,5	13	25,5	6,0	6,3	10,2
Total email	43,5	21,3	55,6	37	25,2	59,8	53,2	36,2
Total Web	46,0	18,9	56,1	41,8	30,3	57,2	55,3	28,4
Uso de email profesional								
Base utiliza email	6747	96	334	1803	872	357	2988	297
Comunicación y venta a clientes	79,3	75,0	86,5	75,4	62,8	89,4	86,3	63,0
Colaboración con empleados y/o proveedores	71,3	64,6	75,7	70,7	64,7	71,1	74,1	65,0
Uso personal	36,9	60,4	29,6	35,3	44,5	27,2	35,9	46,5
NS/NC	1,6	2,1	2,4	1,6	2,2	1,7	1,2	1,7

Unidad Porcentajes %

V11. ¿Dispone de dominio propio? / V12. ¿Para qué utiliza su email profesional?

En resumen, en cuanto al nivel tecnológico del sector primario, en casi todos los indicadores de la sociedad de la información el sector aparece clasificado como uno de los que más margen de mejora tiene. La avanzada edad de los propietarios de las explotaciones, el pequeño tamaño de las empresas agrarias y el entorno rural son factores que limitan la adopción de TIC. Puede argumentarse que la agricultura y ganadería no proporcionan el entorno más favorable para implementar tecnologías como las redes sociales o el comercio electrónico. Es el sector con menor presencia en Internet, de acuerdo con indicadores básicos como "presencia en redes sociales" o "ventas realizadas por Internet". A la luz de los datos anteriores parece claro que podemos hablar de la existencia de una brecha digital sectorial.

1.2 Innovación en las empresas del sector primario

La incorporación de las TIC es una de las palancas de innovación, siendo especialmente relevante la innovación en procesos. Pueden servir como ejemplos de esta, los desarrollos software que permiten un seguimiento automatizado de los envíos, la comunicación de datos, la conexión entre los sistemas de transporte, los sistemas de códigos de barras, de proceso óptico de datos, las herramientas de inteligencia artificial, las *apps* de gestión mediante *smartphones* o la comercialización de los productos mediante comercio electrónico, entre otros.

Para analizar la innovación en las empresas del sector primario se han revisado distintas fuentes de información, entre ellas los estudios que el INE realiza sobre el sector primario, como el "Censo Agrario", la "Encuesta sobre la Estructura de las Explotaciones Agrícolas", la "Encuesta sobre Métodos de Producción en las Explotaciones Agrícolas", la "Encuesta sobre la Producción Ganadera y la Evolución de los Precios", así como la "Encuesta sobre Innovación en las Empresas". Ésta última es la de mayor interés, ya que es una encuesta en la que el INE compara diversos indicadores de innovación tecnológica con periodicidad anual e incluye datos sobre el sector agrario y otros sectores (INE, 2015). En cuanto a la metodología de esta última encuesta, el INE sigue las directrices propuestas por la OCDE para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, más conocido como Manual de Oslo, que considera empresa innovadora a la que realiza, durante el periodo analizado, innovaciones tecnológicas, es decir, innovaciones de producto o de proceso y no tecnológicas, es decir, innovaciones de marketing o de organización (OCDE, 2005).

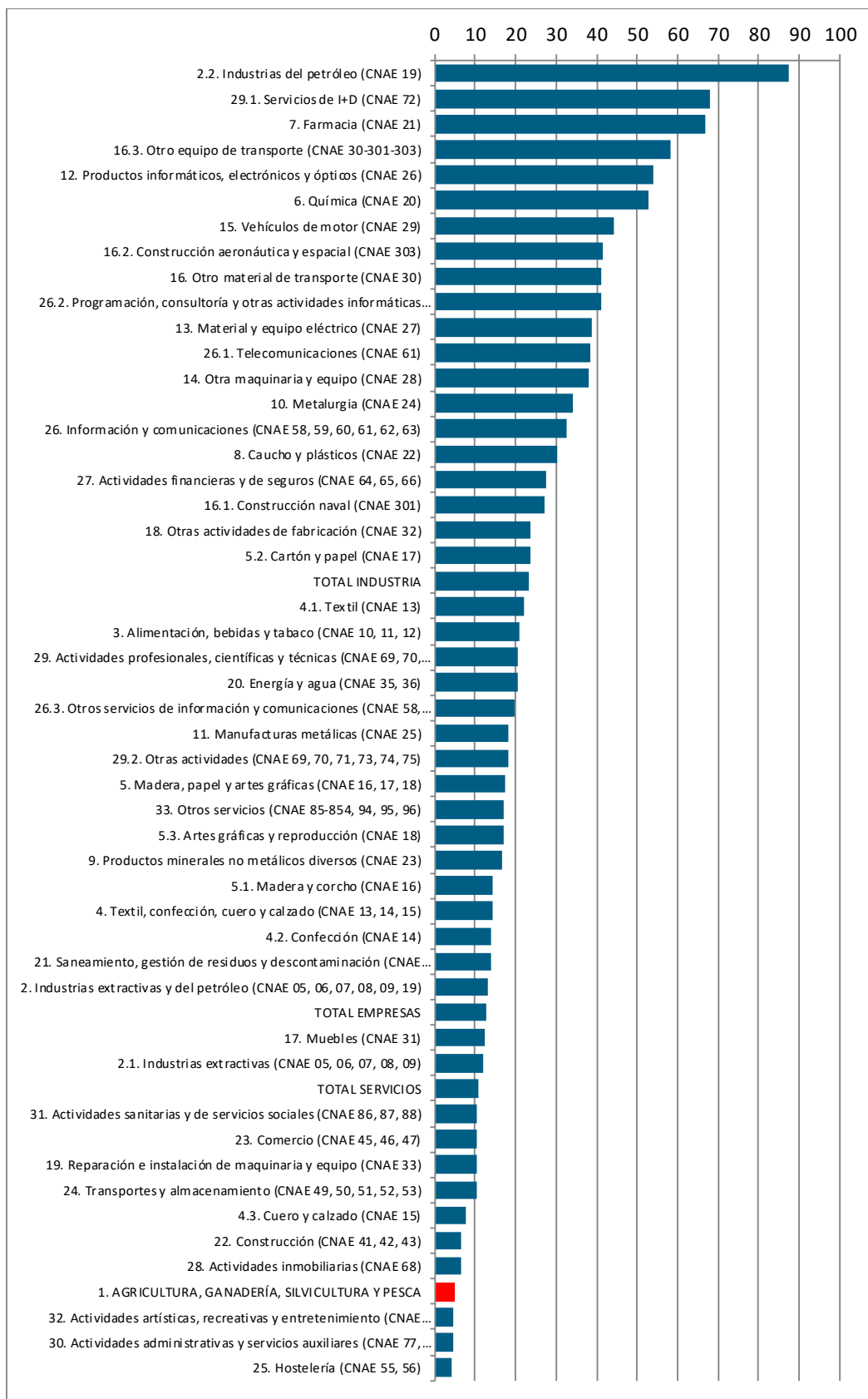
La tabla 4 muestra el porcentaje de empresas innovadoras tecnológicas en España, según el sector. De acuerdo con el INE, el 12,81% de las empresas españolas de 10 o más asalariados se pueden considerar empresas innovadoras tecnológicas. El sector agrícola es uno de los que menos porcentaje de empresas innovadoras tecnológicas presenta (4,85%), junto con la hostelería (4,31%) y actividades administrativas y servicios auxiliares (4,64%). Estos porcentajes contrastan con los obtenidos por sectores como el farmacéutico (66,97%), programación, consultoría y otras actividades informáticas (41,11%) o telecomunicaciones (38,42%).

La tabla también muestra el coeficiente de intensidad en innovación, que es el cociente entre el gasto en actividades para la innovación tecnológica y la cifra de negocios. El coeficiente de intensidad en innovación es en el caso del sector agrario un 0,36%, inferior al 3,77% de las telecomunicaciones o el 7,58% de la construcción aeronáutica y espacial. La gráfica 24 permite apreciar los mismos datos, pero de forma visual.

Tabla 4.- Porcentaje de empresas innovadoras tecnológicas e intensidad de la innovación (Fuente: Encuesta sobre Innovación en las empresas, INE, 2015)

SECTOR	% empresas innovadoras	Intensidad innovación
TOTAL EMPRESAS	12,81	0,87
1. AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA	4,85	0,36
TOTAL INDUSTRIA	23,18	1,14
2. Industrias extractivas y del petróleo (CNAE 05, 06, 07, 08, 09, 19)	13,19	0,22
2.1. Industrias extractivas (CNAE 05, 06, 07, 08, 09)	12,01	0,53
2.2. Industrias del petróleo (CNAE 19)	87,50	0,20
3. Alimentación, bebidas y tabaco (CNAE 10, 11, 12)	20,96	0,57
4. Textil, confección, cuero y calzado (CNAE 13, 14, 15)	14,17	1,34
4.1. Textil (CNAE 13)	22,25	0,99
4.2. Confección (CNAE 14)	13,79	2,13
4.3. Cuero y calzado (CNAE 15)	7,73	0,58
5. Madera, papel y artes gráficas (CNAE 16, 17, 18)	17,54	0,76
5.1. Madera y corcho (CNAE 16)	14,54	0,38
5.2. Cartón y papel (CNAE 17)	23,53	0,84
5.3. Artes gráficas y reproducción (CNAE 18)	16,90	0,97
6. Química (CNAE 20)	52,66	1,10
7. Farmacia (CNAE 21)	66,97	5,10
8. Caucho y plásticos (CNAE 22)	30,11	1,03

9. Productos minerales no metálicos diversos (CNAE 23)	16,76	0,71
10. Metalurgia (CNAE 24)	34,25	0,35
11. Manufacturas metálicas (CNAE 25)	18,24	1,02
12. Productos informáticos, electrónicos y ópticos (CNAE 26)	53,81	5,45
13. Material y equipo eléctrico (CNAE 27)	39,01	2,03
14. Otra maquinaria y equipo (CNAE 28)	37,89	1,74
15. Vehículos de motor (CNAE 29)	44,18	2,07
16. Otro material de transporte (CNAE 30)	41,16	6,30
16.1. Construcción naval (CNAE 301)	27,25	4,26
16.2. Construcción aeronáutica y espacial (CNAE 303)	41,74	7,58
16.3. Otro equipo de transporte (CNAE 30-301-303)	58,44	4,62
17. Muebles (CNAE 31)	12,24	0,70
18. Otras actividades de fabricación (CNAE 32)	23,73	1,82
19. Reparación e instalación de maquinaria y equipo (CNAE 33)	10,40	0,40
20. Energía y agua (CNAE 35, 36)	20,49	0,32
21. Saneamiento, gestión de residuos y descontaminación (CNAE 37, 38, 39)	13,79	0,40
22. Construcción (CNAE 41, 42, 43)	6,56	0,24
TOTAL SERVICIOS	10,95	0,76
23. Comercio (CNAE 45, 46, 47)	10,42	0,10
24. Transportes y almacenamiento (CNAE 49, 50, 51, 52, 53)	10,35	0,40
25. Hostelería (CNAE 55, 56)	4,31	0,05
26. Información y comunicaciones (CNAE 58, 59, 60, 61, 62, 63)	32,57	2,77
26.1. Telecomunicaciones (CNAE 61)	38,42	3,77
26.2. Programación, consultoría y otras actividades informáticas (CNAE 62)	41,11	2,72
26.3. Otros servicios de información y comunicaciones (CNAE 58, 59, 60, 63)	19,61	1,00
27. Actividades financieras y de seguros (CNAE 64, 65, 66)	27,55	0,85
28. Actividades inmobiliarias (CNAE 68)	6,51	0,11
29. Actividades profesionales, científicas y técnicas (CNAE 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75)	20,54	4,86
29.1. Servicios de I+D (CNAE 72)	67,90	91,83
29.2. Otras actividades (CNAE 69, 70, 71, 73, 74, 75)	18,12	1,62
30. Actividades administrativas y servicios auxiliares (CNAE 77, 78, 79, 80, 81, 82)	4,64	0,22
31. Actividades sanitarias y de servicios sociales (CNAE 86, 87, 88)	10,45	0,46
32. Actividades artísticas, recreativas y entretenimiento (CNAE 90, 91, 92, 93)	4,79	0,11
33. Otros servicios (CNAE 85-854, 94, 95, 96)	16,94	1,07



Gráfica 20.- Porcentaje de empresas innovadoras tecnológicas (Fuente: Encuesta sobre Innovación en las empresas, INE, 2015)

Tabla 5.- Porcentaje de empresas innovadoras no tecnológicas (Fuente: Encuesta sobre Innovación en las empresas, INE, 2015)

Sector	Total empresas
TOTAL INDUSTRIA	23,66
1. AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA	12,94
2. Industrias extractivas y del petróleo (CNAE 05, 06, 07, 08, 09, 19)	26,22
2.1. Industrias extractivas (CNAE 05, 06, 07, 08, 09)	17,62
2.2. Industrias del petróleo (CNAE 19)	16,51
3. Alimentación, bebidas y tabaco (CNAE 10, 11, 12)	87,50
4. Textil, confección, cuero y calzado (CNAE 13, 14, 15)	29,07
4.1. Textil (CNAE 13)	19,29
4.2. Confección (CNAE 14)	26,46

La tabla 5 muestra el porcentaje de empresas innovadoras no tecnológicas, que en España alcanza el 23,66%. El sector agrario es el menos innovador, con un 12,94%.

Conocer las motivaciones de las empresas innovadoras del sector agrario puede ser interesante para fomentar la innovación. Cuando se les pregunta por los objetivos de la innovación, el sector agrario presenta algunas diferencias con respecto al total de las empresas. Innovar en producto es lo más importante para el sector agrícola, especialmente para obtener productos de mayor calidad, con un 57,29%, frente al 49,02% del total. También preocupa en mayor medida sustituir procesos anticuados, con un 38,35% frente al 33,29%. En cuanto la mejora de los procesos, es importante para el 59,34% de las empresas agrarias que innovan, frente al 52,04% del total. A las empresas del sector agrario les preocupa especialmente obtener una mayor capacidad de producción, con un 50,95%, frente al 38,08% del total. Innovar para reducir los costes laborales por unidad producida es importante para el 31,66% de las empresas agrícolas que innovan, frente al 21,71% del total. También les importa consumir menos energía, con un 18,31% frente al 14,10%, y utilizar menos materiales, con un 16,82% frente al 11,85% del total de empresas. En cuanto al objetivo del empleo, destaca sobre todo su mantenimiento, con un 29,22% frente al 22,95 del total. Para las empresas agrarias que innovan también es muy importante el cumplimiento de los requisitos normativos medioambientales, de salud o seguridad, con un 38,83% frente al 23,03 del total.

Tabla 6.- Lo que las empresas que innovan consideran importante a la hora de innovar (Fuente: Encuesta sobre Innovación en las empresas, INE, 2015)

% de empresas que consideran de gran importancia los objetivos de la innovación	Total empresas	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
(A) Los productos: Total	68,94	70,71
(A) Los productos: Gama más amplia de bienes o servicios	41,80	33,66
(A) Los productos: Sustitución de productos o procesos anticuados	33,29	38,35
(A) Los productos: Penetración en nuevos mercados	29,50	30,83
(A) Los productos: Mayor cuota de mercado	32,89	25,16
(A) Los productos: Mayor calidad de bienes o servicios	49,02	57,29
(B) Los procesos: Total	52,04	59,34
(B) Los procesos: Mayor flexibilidad en la producción o en la prestación de servicios	35,28	36,20

% de empresas que consideran de gran importancia los objetivos de la innovación	Total empresas	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
(B) Los procesos: Mayor capacidad de producción o prestación de servicios	38,08	50,95
(B) Los procesos: Menores costes laborales por unidad producida	21,71	31,66
(B) Los procesos: Menos materiales por unidad producida	11,85	16,82
(B) Los procesos: Menos energía por unidad producida	14,10	18,31
(C) El empleo: Total	27,49	37,43
(C) El empleo: Aumento del empleo total	8,44	13,56
(C) El empleo: Aumento del empleo cualificado	12,20	20,81
(C) El empleo: Mantenimiento del empleo	22,95	29,22
(D) Otros objetivos: Total	29,39	47,03
(D) Otros objetivos: Menor impacto medioambiental	19,16	38,20
(D) Otros objetivos: Mejora en la salud y la seguridad	18,78	34,00
(D) Otros objetivos: Cumplimiento de los requisitos normativos medioambientales, de salud o seguridad	23,03	38,83

Cuando se les pregunta sobre los factores que dificultan la innovación (tabla 7), el coste es señalado como el factor principal por un 40,6% de las empresas agrarias, frente al 34,39% del total. Otro factor importante es la falta de conocimiento, señalado por un 25,48% frente al 20,07% del total.

Tabla 7.- Lo que las empresas que innovan consideran factores que dificultan la innovación (Fuente: Encuesta sobre Innovación en las empresas, INE, 2015)

% de empresas que consideran que los siguientes factores dificultan la innovación	Total empresas	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
1) Factores de coste: Total	34,39	40,60
1.1) Factores de coste: Falta de fondos en la empresa	23,64	26,12
1.2) Factores de coste: Falta de financiación de fuentes exteriores a la empresa	18,89	19,06
1.3) Factores de coste: Coste demasiado elevado	25,37	31,77
2) % de empresas que consideran de elevada importancia los siguientes factores: Factores de conocimiento: Total	20,07	25,48
2.1) Factores de conocimiento: Falta de personal cualificado	11,89	13,01
2.2) Factores de conocimiento: Falta de información sobre tecnología	9,72	13,75
2.3) Factores de conocimiento: Falta de información sobre los mercados	8,73	11,32
2.4) Factores de conocimiento: Dificultades para encontrar socios para innovar	11,09	14,87
3) % de empresas que consideran de elevada importancia los siguientes factores: Factores de mercado: Total	22,92	29,60
3.1) Factores de mercado: Mercado dominado por empresas establecidas	15,00	18,70
3.2) Factores de mercado: Incertidumbre respecto a la demanda de bienes y servicios innovadores	17,33	22,86
4) % de empresas que consideran de elevada importancia los siguientes factores: Motivos para no innovar: Total	33,08	34,97
4.1) Motivos para no innovar: No es necesario, debido a las innovaciones anteriores	11,43	14,58
4.2) Motivos para no innovar: No es necesario, porque no hay demanda de innovaciones	28,69	30,33

La tabla 8 muestra las fuentes de información que las empresas que innovan consideran de gran importancia. Llama la atención la menor importancia que reciben las fuentes de información para el sector agrario, ya que apenas un 2,25% consideran importantes las fuentes internas, frente a 7,66% del total de las empresas. En general los porcentajes rondan el 1%, tanto para las ferias comerciales, con un 0,88%, como para los centros tecnológicos, con un 0,51%, o los proveedores de equipo, material, componentes o software, con un 1,42%. En todos los casos los porcentajes que exhiben las empresas del sector primario son inferiores al promedio total.

En resumen, en cuanto a la innovación en las empresas del sector primario, los datos estadísticos del INE lo presentan como un sector poco innovador, considerando el porcentaje de empresas innovadoras tecnológicas y la intensidad de la innovación, apuntando como causas el elevado coste y la falta de conocimiento.

Tabla 8.- Las fuentes de información que las empresas que innovan consideran de gran importancia (Fuente: Encuesta sobre Innovación en las empresas, INE, 2015)

% de empresas que consideran de gran importancia las siguientes fuentes de información para innovar	Total empresas	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
A): Internas (dentro de la empresa)	7,66	2,25
B): Fuentes del mercado: Total	6,99	2,71
B.1) Fuentes del mercado: Proveedores de equipo, material, componentes o software	3,91	1,42
B.2) Fuentes del mercado: Clientes	3,45	0,94
B.3) Fuentes del mercado: Competidores u otras empresas de la misma rama de actividad	1,83	0,51
B.4) Fuentes del mercado: Consultores, laboratorios comerciales o inst. privados de I+D	1,32	0,75
C) Fuentes institucionales: Total	1,60	0,95
C.1) Fuentes institucionales: Universidades u otros centros de enseñanza superior	0,97	0,70
C.2) Fuentes institucionales: Organismos públicos de investigación	0,64	0,56
C.3) Fuentes institucionales: Centros tecnológicos	0,96	0,51
D) Otras fuentes: Total	1,93	1,12
D.1) Otras fuentes: Conferencias, ferias comerciales, exposiciones...	1,37	0,88
D.2) Otras fuentes: Revistas científicas y publicaciones	0,83	0,36
D.3) Otras fuentes: Asociaciones profesionales y sectoriales	0,71	0,16

The background features a large teal shape on the left side, resembling a stylized letter 'L' or a corner cut-off. This teal shape is set against a white background. Below the teal shape, there is a greyish-blue shape that also follows a similar geometric pattern, creating a layered, architectural effect. The overall design is clean and modern.

2 Las nuevas tecnologías

2.1 La e-agricultura

La e-agricultura consiste en aplicar formas innovadoras de utilizar las TIC, existentes o emergentes, en el mundo rural y específicamente en el sector agrario. Es un concepto amplio que incluye aspectos variados, porque las TIC pueden cambiar la forma en que se trabaja, pueden ayudar a la toma de decisiones agrarias, a cuidar el medioambiente, a reducir los costos o a aumentar la productividad. La e-agricultura también recibe el nombre de agroTIC, agricultura digital o Agricultura 4.0.

La e-agricultura ha contribuido especialmente al desarrollo de la agricultura de precisión, también llamada agricultura de medición o de localización específica, que se origina al combinar tecnologías como el posicionamiento GPS con los sistemas de información geográfica, GIS, al campo de la agricultura. La agricultura de precisión se justifica por la existencia de variabilidad dentro de las parcelas agrarias, ya que, si en un mismo lote de tierra encontramos suelos arcillosos u arenosos, zonas afectadas o no por hongos, o cultivos menos desarrollados parece razonable aplicar tratamientos distintos, lo que exige contar con datos exactos. Por tanto, la agricultura de precisión busca una individualización de los tratamientos que reciben las plantas, como hace un jardinero que es capaz de cuidar una a una cada planta de su jardín, pero en grandes extensiones, gracias al empleo de la tecnología.

Las TIC también favorecen el desarrollo de la logística en la agricultura o agrologística. La logística es muy importante porque no solo se trata de producir sino de hacerlo en el momento más adecuado para el mercado, almacenando los productos con garantías de conservación y transportando los bienes con rapidez y cumpliendo la normativa vigente, cada vez más exigente en aspectos como la trazabilidad. Para realizar toda esta coordinación, las TIC desempeñan un papel fundamental.

Finalmente, las TIC ayudan en la comercialización y en este sentido, las redes sociales para la agricultura, el comercio electrónico y las aplicaciones de economía colaborativa en agricultura ayudan a dar a conocer los productos agrarios y a mejorar la venta de los mismos. Para Bill Gates, fundador de Microsoft y Copresidente de la Fundación Bill y Melinda Gates, una de las causas del hambre en África se debe a la falta de información, ya que no hay un mercado eficiente que case oferta y demanda, los agricultores no cultivan de acuerdo a las necesidades del mercado porque no las conocen y además desconocen las prácticas de gestión agrícola, que les harían duplicar o triplicar sus rendimientos, por lo que propone como solución el empleo de las TIC en la agricultura. Muchas veces los agricultores aplican dosis más elevadas de insumos agrarios, por seguir las recomendaciones interesadas de los vendedores y de acuerdo con la FAO, las TIC pueden transformar las prácticas agrícolas en prácticas más ambientalmente sostenibles, al poner fácilmente a disposición de los agricultores el conocimiento preciso.

En el estudio se han agrupado las TIC que emplea la e-agricultura en varios apartados, según tengan que ver con:

- 1) La captura de datos, con tecnologías como el posicionamiento global (GPS), la teledetección mediante satélites, los drones, el Internet de las cosas o agricultura *smart*, la visión artificial y la trazabilidad mediante *blockchain* y otras tecnologías.
- 2) Tecnologías para el análisis de datos y toma de decisiones, como los sistemas de información geográfica (GIS), el *big data* y el *small data*, los proyectos *open data* en la agricultura, la computación en la nube, los

Sistemas Integrados de Gestión (ERP), el aprendizaje automático y la inteligencia artificial y los sistemas de ayuda a la toma de decisiones (DSS).

- 3) Tecnologías para la actividad agrícola, como la tecnología de Aplicación Variable de Insumos (VRT), la automatización y robotización en la agricultura, el regadío de precisión, la ganadería de precisión, los sistemas de control de rodadas o los vehículos autónomos para la agricultura.
- 4) Tecnologías relacionadas con las comunicaciones, relacionadas con la movilidad, las redes sociales para la agricultura, el comercio electrónico y las aplicaciones de economía colaborativa en agricultura.

Los desarrollos informáticos combinan varias de las tecnologías, por ejemplo, podemos pensar en un desarrollo en la nube al que se accede mediante una *app*, que permite un control eficiente del riego y de la fertilización, que involucre el empleo de sistemas de posicionamiento global (GPS), satélites de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG). La integración de todos los sistemas dispersos existentes va a ser una de las tendencias de futuro en la e-agricultura.

También se habla de Agricultura 4.0, como réplica al término más conocido Industria 4.0. La evolución de la industria arranca con la revolución industrial y la máquina de vapor (1.0), sigue con producción en cadena (2.0), continúa su evolución con la automatización electrónica (3.0) y en la actualidad recibe el impacto de las TIC, especialmente del internet de las cosas y la conectividad entre máquinas, proveedores o clientes (4.0). De forma paralela, la evolución de la agricultura recibe el influjo de la revolución industrial, con los primeros tractores y herramientas (1.0), continúa con la revolución de la química, mediante el empleo de pesticidas y fertilizantes (2.0), evoluciona a la siguiente etapa nutriéndose de avances en la biología, como nuevas variedades vegetales (3.0) y en el último paso recibe el impacto de las TIC (4.0).

2.2 Tecnologías relacionadas con la captura de datos

La primera tarea en las que las TIC contribuyen a lograr una agricultura más eficiente es en la captura de datos, con tecnologías como el posicionamiento global (GPS), la teledetección mediante satélites, el uso de los drones, los sensores de la Internet de las cosas que posibilitan la agricultura inteligente o *smart*, la visión artificial y los dispositivos que garantizan la trazabilidad para la seguridad alimentaria.

2.2.1 Sistemas de navegación por satélite: GPS o Galileo

Existen varios sistemas globales de radionavegación y posicionamiento mediante satélites (SGNS), siendo el más utilizado el GPS, que es propiedad de los Estados Unidos de América, y mantenido y administrado por sus Fuerzas Aéreas. Además del GPS, otros sistemas similares son el GLONASS ruso, el Compass chino y el Galileo europeo, los dos últimos todavía están desplegando los satélites necesarios, si bien Galileo ya está parcialmente operativo desde diciembre de 2016, y está prevista su plena capacidad operativa en 2019. Estos sistemas proporcionan a usuarios de todo el mundo información sobre posicionamiento, navegación y cronometría, de forma gratuita. Para su funcionamiento se precisan varios satélites artificiales que orbitan alrededor de la Tierra, unas estaciones terrestres de seguimiento y control y un receptor que es propiedad de los usuarios. Cabe señalar que estos sistemas proveen información precisa sobre las cuatro dimensiones: longitud, latitud, altitud y tiempo, ya que los satélites disponen de relojes atómicos. Por tanto, a través del receptor el usuario puede conocer con exactitud su

localización y hora exacta y desplazarse fácilmente al lugar al que desea ir. Los principales usuarios de estos sistemas pertenecen al mundo del transporte, pero todos los sectores empresariales encuentran aplicaciones en sus actividades diarias. Así, los topógrafos los utilizan para cartografiar con mayor eficiencia y precisión, los meteorólogos los emplean para realizar el seguimiento de los fenómenos atmosféricos e incluso la banca utiliza la cronometría del GPS para fijar la hora exacta de las operaciones financieras.

La agricultura también utiliza los SGNS, normalmente en combinación con otras tecnologías, fundamentalmente como parte de la agricultura de precisión. De hecho, dejando aparte los usuarios particulares que disponen de GPS en cualquier teléfono móvil y el omnipresente uso de estos dispositivos en la carretera y considerando únicamente el resto de usos profesionales del SGNS, la agricultura supone un importante nicho, ya que supone el 8,9% de estos usos profesionales de esta tecnología, de acuerdo con el estudio "GNSS Market Report", realizado por la European Global Navigation Satellite Systems Agency (EGSA, 2017). Además, es necesario un GPS para que funcionen los drones y también muchos sensores del internet de las cosas necesitan de un GPS para su localización y mayor precisión, por lo que complementa a otras tecnologías de impacto en la agricultura.

El uso más inmediato en agricultura es en los vehículos agrícolas. El GPS incorporado en el salpicadero evita que el tractor, la sembradora o la cosechadora se salgan del camino trazado y ayuda a los conductores a seguir la ruta óptima. Un paso más se da en la conducción automática, que asume completamente la dirección del equipo agrícola sin conductor. Las señales de los satélites GPS no son suficientemente exactas para estas tareas de agricultura de precisión y se corrigen mediante estaciones en tierra, que utilizan tecnología RTK o *Real Time Kinematic* y que en Aragón son administradas por la Red de Geodesia Activa de Aragón (ARAGEA).

El GPS es utilizado también en la agricultura de precisión para determinar con exactitud la posición de una zona de la parcela, trabajando en combinación con otros sensores. Por ejemplo, en la aplicación variable de insumos, se combinan los datos del posicionamiento que envía el GPS con información de otros sensores y con mapas digitales para distribuir la cantidad exacta de productos fitosanitarios o fertilizantes que precisa una zona concreta de la parcela o incluso cada planta. El GPS permite monitorizar el rendimiento específico de la cosecha por zonas de la parcela, combinando la salida de un sensor de rendimiento con el posicionamiento de la cosechadora, datos de gran valor para su análisis. Igualmente es necesario para monitorizar el estado del suelo, actualizar los niveles de humedad del suelo, fertilidad o enfermedades para optimizar su manejo. En este caso el GPS sirve para identificar en el terreno la posición exacta de las muestras que se envían a los laboratorios.

El GPS también se emplea en la ganadería, especialmente para realizar el seguimiento del ganado, rastreando y monitorizando el comportamiento de los animales, e incluso se utilizan como cercas virtuales. A diferencia de las vallas convencionales o eléctricas, estos dispositivos se instalan en el collar del animal, de forma que no es necesario ningún vallado físico.

En cuanto a la silvicultura, diferentes tareas forestales mejoran con el empleo del GPS, por ejemplo, la identificación y mapeo de daños en la cubierta forestal, la localización precisa de áreas sin masa forestal o la identificación de los caminos y cortafuegos. También permite monitorizar la biomasa de un terreno, proporcionando información actualizada sobre su desarrollo.

Además de la agricultura, ganadería y silvicultura de precisión, los SGNS también son útiles en la agrologística. El GPS permite monitorizar en tiempo real la ubicación y el estado de la maquinaria agrícola para facilitar la correcta administración de los activos físicos, el inmovilizado fijo de la explotación. El GPS también mejora la gestión de los almacenes y el transporte de los productos agrícolas y los insumos. Asimismo, la geotrazabilidad, es decir, el uso del GPS para geolocalizar los alimentos, los animales y los productos mejora la eficacia de la trazabilidad.

El sistema de radionavegación y posicionamiento mediante satélites es imprescindible en el levantamiento de mapas topográficos y la correcta identificación y medida de las parcelas, siendo útil en la medición, deslinde y levantamiento de parcelas y solares. También la administración controla el tamaño de las parcelas mediante SGNS y puede realizar las mediciones oportunas, por ejemplo, para el control de las ayudas de la Política Agraria Común (PAC).

Usos

- Apoyo al agricultor en la conducción de cualquier vehículo agrícola.
- Conducción autónoma en determinados vehículos agrícolas.
- Apoyo en la aplicación variable de insumos.
- Mayor precisión en la monitorización del estado del suelo.
- Mayor precisión en la monitorización del rendimiento de los cultivos para la obtención de mapas de rendimiento.
- Seguimiento del ganado y monitorización de su comportamiento.
- Cercado virtual.
- Silvicultura de precisión, identificando y mapeando áreas deforestadas, dañadas o con características especiales.
- Apoyo en la agrologística, controlando los activos físicos y la maquinaria.
- Gestión óptima de almacenes de insumos y productos agrarios.
- Geolocalización de la trazabilidad de alimentos y animales.
- Levantamiento de mapas topográficos.
- Medición, deslinde y levantamiento de parcelas y solares.
- Control administrativo de parcelas agrarias.

BENEFICIOS

El uso del GPS apoya fundamentalmente a la agricultura de precisión y la logística agraria. Permite al agricultor trabajar con condiciones de poca visibilidad. Gracias a la precisión en la recolección de los datos se hace posible el empleo de dosis a medida en la aplicación de productos químicos, así como precisar la densidad de siembra según las necesidades de diferentes zonas del campo, con lo que se logran reducir los costes de laboreo y de insumos. Algunos estudios cuantifican ahorros del 30% en la necesidad de laboreo (EGSA, 2017). El GPS mejora la logística de la agricultura, optimizando los almacenes, logrando menores roturas de stock de los insumos y ayudando a almacenar y transportar de forma eficiente los productos. La trazabilidad se amplifica con la georreferenciación, ayudando especialmente al control y monitorización de los animales.

2.2.2 La teledetección mediante satélites

Los satélites artificiales son la base de los sistemas globales de radionavegación y posicionamiento, como el GPS y el sistema Galileo descritos anteriormente, pero tienen otro uso fundamental y es el de proporcionar fotografías de gran precisión que permiten variadas aplicaciones en la agricultura, como evaluar el estado fenológico de los cultivos en una parcela o ayudar a una compañía de seguros a estimar los daños producidos por una granizada. La Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó el programa Copérnico, de observación de la Tierra, que dispone de varios satélites Sentinel, agrupados en distintas familias, según los objetivos. El primero de ellos fue lanzado en abril del año 2014 y está dotado de radar y el segundo se lanzó en marzo de 2017 y dispone de cámaras ópticas de alta resolución, pero todavía tiene que desplegar otros, estando prevista en este mismo año 2017 la puesta en órbita de dos más. Sus fotografías se han hecho populares por mostrar los icebergs desprendidos de la Antártida, realizar el seguimiento de los incendios que han asolado Portugal o visualizar los daños de los terremotos en Italia. Los datos de alta resolución que facilita estos satélites son de acceso libre y gratuito y proporcionan imágenes del espectro visible y en infrarrojos.

También hay satélites privados que apoyan la agricultura de precisión. En Francia el Farmstar, de Airbus, es utilizado desde hace 15 años por 18.000 agricultores, que monitorizan con él unas 800.000 hectáreas —según los datos de Airbus—. Las imágenes de cada satélite se suelen actualizar con una cadencia de cuatro o cinco días. En cuanto a la resolución de las cámaras, la de Sentinel es de 10 metros, pero hay satélites comerciales que llegan a los 30 centímetros. En España, la cámara del satélite Deimos 2, lanzado en 2014, tiene una resolución de 75 centímetros y puede monitorizar el equivalente a tres veces la superficie de Aragón cada día.

Las imágenes captadas por los satélites permiten analizar y evaluar el estado de los cultivos, por ejemplo, realizando una evaluación precisa del nivel del nitrógeno del suelo, de la humedad o del contenido de clorofila de las hojas de esos cultivos, apoyando al agricultor en decisiones sobre cuándo y cuánto regar, fertilizar o aplicar productos fitosanitarios. En el caso de plantaciones como los árboles frutales, la viña o el olivo, se puede determinar mediante imágenes procedentes del satélite su estado en momentos críticos de su ciclo fenológico y orientar en decisiones como la poda, recolección selectiva o proponer la aplicación de medidas correctoras específicas. Normalmente las fotografías se analizan en laboratorios especializados que redactan informes que ayudan a los agricultores a determinar la cantidad de insumos que precisan sus campos, así como a realizar un seguimiento de la evolución de los cultivos. El output puede ser tan preciso como un “mapa de prescripción” para la parcela, que si es grande puede detallar la cantidad de nitrógeno que debe recibir cada zona de la parcela, información que se suministra a la abonadora, que en combinación con el GPS distribuye el fertilizante selectivamente. El análisis de las imágenes de varios años permite analizar la evolución de los diferentes tipos de cultivos en cada parcela, estimar tendencias futuras y realizar propuestas de rotación de cultivos.

Las imágenes también son muy utilizadas por las compañías de seguros para evaluar los daños de las cosechas analizando la degradación de una determinada parcela por pedrisco, sequía, daños por heladas, incendios u otras circunstancias, lo que es útil de cara a establecer las indemnizaciones correspondientes.

En silvicultura se utilizan las imágenes procedentes de satélites para mejorar el aprovechamiento de los bosques, determinar el desarrollo vegetativo del arbolado, estimar el volumen de biomasa que existe en una determinada zona, realizar el conteo de árboles y determinar los daños causados por una plaga o un incendio.

En ganadería sirven de apoyo a la gestión del pastoreo, pudiendo identificar la disponibilidad de hierba y optimizar la carga ganadera, es decir, determinar el número de unidades de cabezas de ganado óptimas por hectárea y estimar el riesgo de exceso de existencias de ganado en una zona.

Las imágenes que proporciona el satélite no solamente son útiles para un agricultor o ganadero que analiza datos de sus parcelas, ya que las administraciones con competencias en medioambiente y agricultura o las comunidades de regantes, son también usuarios potenciales o reales de las imágenes. Un ejemplo real es la estimación de capa de nieve en el Pirineo, que permite calcular el volumen de agua almacenado en forma de nieve y hielo en las montañas, con lo que se pueden determinar los cultivos más adecuados para la temporada, si se prevé sequía o alertar de posibles inundaciones. De forma complementaria, el análisis de las imágenes del satélite también permite estimar la demanda de agua para regadío en la campaña. Las administraciones pueden realizar controles de vertidos contaminantes, analizar la evolución del uso del suelo, del drenaje y de la erosión en una comarca o en una cuenca hidrográfica, estimar el grado de explotación de los acuíferos subterráneos o de las vías fluviales, realizar el seguimiento de desastres naturales, como un incendio o una riada, apoyando a protección civil, analizar desplazamientos de tierras, planificar el territorio incluso apoyando al planeamiento urbanístico por su capacidad para detectar fenómenos como dolinas, simas u otras manifestaciones naturales, analizar aspectos de la calidad del agua, como la presencia de sólidos en suspensión, el crecimiento de las algas y la temperatura o vigilar la composición de los bosques, su estructura o su grado de desarrollo. Las imágenes de los satélites también pueden apoyar tareas más prosaicas como realizar el control de tamaño y cultivos de las parcelas que cobran ayudas de la Política Agraria Común (PAC), en combinación con los sistemas de radionavegación y posicionamiento vistos en el apartado anterior.

Usos

- Evaluación del estado de los cultivos apoyando en la toma de decisiones sobre riego, fertilización o aplicación de tratamientos fitosanitarios.
- Zonificación de parcelas, identificando su variabilidad.
- Evaluación de daños de sequía, incendio o heladas.
- Análisis de drenaje y erosión.
- Conteo de árboles.
- Estimaciones de biomasa.
- Optimización de la carga ganadera.
- Estimación de la oferta y demanda de agua en una cuenca hidrográfica.
- Control de erosión.
- Planificación del territorio.
- Análisis de la calidad de las aguas.

BENEFICIOS

Los informes que se generan mediante el análisis de las imágenes que genera el satélite son útiles para que los agricultores puedan planificar los cultivos y hacen más rentables las explotaciones agrícolas, al lograr ahorros tanto en insumos como en fertilizantes, productos fitosanitarios y agua, aumentando el rendimiento de las parcelas. Las administraciones públicas pueden analizar grandes extensiones de terreno para planificar y ordenar el territorio.

2.2.3 Los drones en la agricultura

Los satélites artificiales pueden cubrir grandes extensiones de terreno con resoluciones que pueden ser suficientes en muchos casos, pero cuando se necesita mayor precisión o extender un producto fitosanitario resulta imprescindible el uso de vehículos aéreos no tripulados o drones. Estos drones pueden ser controlados desde una ubicación remota o bien ser programados para que realicen un vuelo autónomo, es decir, sigan un determinado plan de vuelo y regresen cuando hayan ejecutado su tarea. Un vehículo dron se compone mínimamente de un chasis, un motor, una placa controladora, un GPS y un estabilizador de la cámara. Se dirige desde una emisora en tierra, con su correspondiente tarjeta de comunicaciones y el software de control. Además, para ser útil en la agricultura, necesita dotarse de cámaras, sensores y software para el procesado y análisis de las imágenes.

En cuanto a las prestaciones de estos equipos, los records logrados recientemente hablan de drones que superan los 100 km/hora de velocidad, alcanzan 20 kilómetros de altura y poseen una autonomía de 56 horas sin repostar y, si se trata de llevar carga, pueden llevar 300 litros de agua o productos químicos. También existen drones de tamaño diminuto, los llamados drones abeja, que en agricultura se utilizan para polinizar flores. No obstante, la configuración más habitual para usos agrícolas comprende equipos controlados mediante una tableta, de pequeño tamaño —si son para fotografiar pueden pesar menos de un kilogramo—, con una autonomía cercana a la hora —que le permite cubrir unas 100 hectáreas—, con un alcance del control remoto de un par de kilómetros y una cámara excelente, que permite tomar fotografías con resoluciones de centímetros y operar tanto en el espectro visual como en infrarrojos. El espectro visual se utiliza para realizar actividades como la visualización y el conteo de plantas, el infrarrojo cercano sirve para analizar la humedad y el borde rojo para contrastar la salud de los cultivos. Los drones incluso pueden ir dotados de una cámara térmica para precisar el estrés hídrico, utilizada también en silvicultura para detectar focos de calor. Su precio puede superar los 6000 euros. Para aplicar productos fitosanitarios, se utilizan equipos de mayor tamaño, con un depósito que ronda los diez litros, dotados de sensores capaces de abrir y cerrar las válvulas y con capacidad para fumigar unas cuatro hectáreas por hora. El precio de estos últimos es bastante superior.

Los drones son aeronaves y —a la espera de la aprobación de una normativa específica, cuyo borrador se puede consultar en la sede electrónica del Ministerio de Fomento¹— se regulan en España por la Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia. Esta legislación establece en sus artículos 50 y 51 dos categorías de drones, según su peso sea mayor o menor de 2 kilogramos, distingue entre el uso recreativo o profesional, impone la prohibición de volarlo cerca de aeropuertos o núcleos habitados y expone los requisitos para pilotar los drones, entre otros aspectos. Ha de tenerse en cuenta que el espacio aéreo que está encima de una finca, no pertenece al dueño de la misma, ni es una competencia municipal, sino que pertenece a cada Estado, siendo en España la autoridad aérea encargada de su control la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).

Dentro del sector primario, la principal utilidad de los drones está en la agricultura de precisión. En primer lugar, porque transportan cámaras y colaboran en la captura de datos mediante fotografías de mucha mayor precisión que las obtenidas mediante satélite. Pero además de cámaras, pueden transportar otros sensores, de

¹ Borrador de Real Decreto por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/63ECAE3A-B29E-45A7-A885-D314153883EE/139826/RDRPAS27102016.pdf>

forma que las imágenes y señales captadas permiten realizar un análisis inicial de los suelos, evaluar las necesidades de nitrógeno, riego y tratamientos fitosanitarios, realizar el conteo de plantas para, en caso necesario, proponer que el agricultor realice el aclarado, identificar plagas y enfermedades —como hongos— de forma prematura, detectar rodales de malas hierbas, hacer mediciones de clorofila, supervisar el crecimiento de las plantas, observar el grado de sequedad y consistencia de los cultivos en los días previos a la cosecha para determinar con precisión el día más adecuado para la recolección, controlar el desempeño de las máquinas agrícolas o determinar los daños en cosechas producidos por el viento, la erosión, el pedrisco o las inundaciones. Más allá de los herbáceos, los cultivos con mayor valor añadido, como la vid, donde una mejora en la calidad del vino se traduce en un incremento de su precio, son cultivos propicios para el empleo de drones. Los drones tienen también un gran potencial en cultivos como los árboles frutales, con usos contrastados en el almendro y el olivo, por la posibilidad de ofrecer un tratamiento individual para cada ejemplar.

Otros usos los drones, tienen que ver con la aplicación selectiva de productos como, por ejemplo, los herbicidas. Tradicionalmente los agricultores esparcen el producto por toda la parcela, a pesar de que lo normal es que las malas hierbas se distribuyan en corros mientras que, por el contrario, el dron puede aplicar el producto exclusivamente en el rodal de maleza. Existen plataformas en Internet a las que se suben fotos de los terrenos tomadas por un dron y, con estas, calculan el índice de vegetación —más conocido por sus siglas en inglés NVDI (*Normalized Difference Vegetation Index*)— e identifican las zonas con plantas enfermas, donde debe actuar el dron, o bien transmiten al equipo agrícola —dotado de GPS y tecnología de aplicación de insumo variable— dónde se debe esparcir el producto. Como en toda la informática, tan importante como el hardware —el dron y la cámara— es el software. En este caso se trata de programas especializados en mapeo agrícola que elaboran los llamados mapas de salud del cultivo, normalmente en base a mapas de reflectancia. Si el dron está dotado de un algoritmo de reconocimiento de patrones que distingue el cultivo de la mala hierba, podrá aplicar el producto de forma autónoma. Además de herbicida los drones pueden suministrar fungicidas, insecticidas, semillas y fertilizantes, —en este último caso debe ser de forma muy selectiva, dado el poco peso que pueden cargar estos equipos en la actualidad— y, si están dotados de los correspondientes complementos, los más sofisticados pueden incluso recoger muestras del suelo.

En la ganadería, pueden detectar enfermedades en los animales, por ejemplo, a través de los aumentos de la temperatura corporal o mediante otros síntomas que pueden ser reconocidos por el software del dron o enviadas las imágenes al veterinario para su análisis. También se han realizado ensayos para controlar los movimientos del ganado, por ejemplo, en especies que pastan libremente en la montaña, uso que ya se está experimentando con las vacas del Valle de Benasque. Incluso se plantea su uso para pastorear ganados, para lo que pueden estar equipados con una bocina. Asimismo, permiten distribuir alimento a los rebaños situados en puntos alejados o de difícil acceso o localizar a las ovejas descarriadas, sustituyendo a las tradicionales batidas, lo que hacen no solo mediante inspección visual, sino también capturando la información de los *chips* emisores de los animales. Además, monitorizan los pastos, identificando los mejores prados, midiendo la cobertura de pasto de los potreros y las áreas desnudas, revisando el estado de las cercas, e identificando las zonas con maleza e incluso las plantas tóxicas. Igual que con el resto de cultivos herbáceos, las cámaras infrarrojas del dron permiten determinar el estado fisiológico del pasto y calcular el índice de vegetación. Pueden servir como mensajeros para llegar a fincas aisladas, transportando medicinas o productos livianos y también pueden resultar útiles en situaciones de emergencia, como una inundación o un incendio, ayudando a encontrar a los animales.

En silvicultura se utilizan para estimar la biomasa de una parcela y también en prevención de incendios, compitiendo con las imágenes que muestran los satélites artificiales. Los drones pueden volar casi a ras de tierra y sus cámaras permiten detectar caminos o cortafuegos sin desbrozar o con acumulación de hojas. Una particularidad frente al uso de imágenes de satélites es el uso de cámaras térmicas para detectar puntos calientes, que revelan la existencia de focos potenciales de incendio, generados, por ejemplo, por un rayo que ha impactado sobre un árbol y que no se manifiesta hasta pasados unos días, o también para detectar los focos que persisten tras extinguir un incendio y que pueden reavivarse. Las cámaras térmicas permiten detectar una barbacoa a kilómetros de distancia o incluso pirómanos que actúan de noche. El dron informa asimismo de la velocidad y dirección del viento y del nivel de humedad. Con toda esa información, complementada con el uso de sensores en tierra, es posible elaborar mapas de riesgo, identificando los puntos donde se debe actuar para minimizar tanto la probabilidad de incendio como su impacto, así como las rutas de ataque que pueden seguir los bomberos. Además de ser útiles en la prevención, los drones delimitan el perímetro de las zonas afectadas por el fuego e incluso pueden contribuir en la extinción de los incendios, pues algunos transportan hasta trescientos litros de agua nebulizada, y pueden llegar a lugares a los que no pueden acceder los bomberos o los aviones de extinción, y dirigir el agua a la zona incendiada o a los cortafuegos con una gran precisión.

Las administraciones públicas también son usuarias reales y potenciales de los drones. Se utilizan en hidrología para realizar el control de las cuencas, monitorizar el estado de los embalses o vigilar los vertidos. Por su inmediatez, pueden acelerar la planificación de los sistemas de regadío y otras infraestructuras agrarias. Vigilan los bosques y permiten realizar inventarios de áreas de cultivos. También pueden ayudar al control de subvenciones, verificando que el beneficiario ha realizado las acciones a las que se ha comprometido o ayudando a realizar las inspecciones en las fincas que realizan agricultura ecológica.

Usos

- Evaluación del estado de los cultivos apoyando en la toma de decisiones sobre regar, fertilizar, aclarar o aplicar tratamientos fitosanitarios.
- Evaluación de daños producidos por sequía, incendio o heladas.
- Aplicación selectiva de productos fitosanitarios como fungicidas, herbicidas o insecticidas.
- Conteo de plantas.
- Control los movimientos del ganado.
- Monitorización de los pastos identificando los mejores prados.
- Estimaciones de biomasa.
- Prevención y extinción de incendios.
- Planificación de infraestructuras agrarias.
- Inspecciones de fincas rurales.

BENEFICIOS

El empleo de drones supone mayor precisión y menores consumos de herbicidas, fungicidas y productos fitosanitarios, con el consiguiente ahorro y beneficio medioambiental, ya que, a pesar de que la mayor parte de los cultivos no precisan tratamiento fitosanitario, tradicionalmente se aplica en toda la parcela, mientras que el dron lo aplica selectivamente. El control se produce en tiempo real, lo que permite desarrollar sistemas de alerta temprana en detección de malas hierbas y ayudar a la prevención de las enfermedades de las plantas.

2.2.4 El Internet de las cosas: la agricultura inteligente mediante sensores

El llamado Internet de las cosas o IoT, abreviatura de *Internet of Things*, se caracteriza por el empleo de numerosos dispositivos y sensores conectados a través de Internet. El IoT ha dado lugar a la expresión *smart city*, o ciudad inteligente, caracterizada por el uso intensivo de las TIC y especialmente por la incorporación de un número cada vez mayor de sensores, que aportan información a un ordenador central de tal modo que le permiten actuar de forma inteligente y realizar acciones como encender las farolas solo cuando pasa un peatón, para ahorrar luz, regar el césped cuando el sensor detecta falta de humedad o informar a un conductor de que ha quedado una plaza libre para aparcar. El resultado es la monitorización constante de numerosas actividades humanas, así como de muchos de los equipamientos que utilizamos. Además de a las ciudades, la etiqueta “inteligente” se aplica a otros dominios, como la salud, en la que los sensores ubicados en pulseras controlan las pulsaciones del corazón o vigilan el sueño. También existen edificios inteligentes que encienden o apagan la calefacción, suben las persianas o alertan de la presencia de extraños. La agricultura también es cada vez más *smart*, y numerosos sensores monitorizan la humedad de la tierra, el contenido de nitrógeno o la clorofila. Algunos de estos sensores pueden ubicarse en un dron, como se ha visto en el apartado anterior, pero otros deben estar en tierra, como aquellos que miden el pH del suelo o en contacto con la planta. Ello conlleva retos importantes, como el abastecimiento de energía para el funcionamiento del sensor, que se palía utilizando dispositivos de bajo consumo. Otro desafío lo plantean las comunicaciones ya que en el campo no siempre hay cobertura o esta no tiene la calidad necesaria para operar. Finalmente, el coste todavía elevado y la falta de seguridad, debida a los frecuentes robos que se producen en el medio rural, son factores que inhiben el desarrollo del IoT en los cultivos agrícolas, aunque no obstante tiene un gran potencial.

Entre las aplicaciones del IoT en el sector primario destacan los relacionados con la agricultura de precisión, ya que no es lo mismo detectar la sequía interpretando unas imágenes de satélite que mediante un sensor clavado en la tierra y que envía una señal inalámbrica. Los invernaderos proporcionan un marco adecuado para vislumbrar las posibilidades que el IoT aporta para el desarrollo de la agricultura inteligente ya que en muchos se utilizan sensores para medir aspectos diversos como la luminosidad, la calidad del aire de la instalación —especialmente mediante sensores de CO₂—, la temperatura o la humedad del suelo, esta última bien a partir de la conductividad eléctrica —que varía en función del contenido de agua—, bien utilizando un tensiómetro —que mide la fuerza física actual de retención de agua en el suelo—. Otros sensores miden la conductividad de la tierra, que depende de la salinidad y nutrientes del campo, y su pH, que sirve para determinar su acidez; ambos sensores se emplean para decidir las dosis y composición de los fertilizantes, así como su frecuencia de aplicación. Los penetrómetros son usados para medir la compactación del suelo, que impide su oxigenación y el desarrollo de las raíces. Los sensores situados en las plantas pueden medir la humedad de las hojas, su temperatura, el contenido de nitrógeno o la clorofila. En el caso de arbolado, los sensores de crecimiento diametral detectan variaciones milimétricas en el tallo, las ramas o la fruta de la planta lo que permite conocer si su crecimiento es óptimo. Otros sensores pueden monitorizar el agua almacenada en tanques, su temperatura, el pH, la conductividad eléctrica, el potencial de reducción de oxidación y el oxígeno disuelto e incluso el volumen de agua en dichos tanques, en este caso mediante sensores de ultrasonido.

Finalmente, todo lo que concierne al tiempo meteorológico es extremadamente importante para el agricultor. Por ello, entre los sensores ubicados en el exterior del invernadero o en una parcela agraria se encuentran los piranómetros para medir la radiación solar e importante porque determinadas plantas requieren baja exposición solar, con sus variantes pirgeómetros, albedómetros y radiómetros para usos muy específicos en horticultura o en el cuidado del césped de los campos de fútbol. A ellos se suman los clásicos barómetros para medir la presión atmosférica, pluviómetros para cuantificar la cantidad de agua que ha caído por metro cuadrado, heliógrafos para medir las horas de luz solar, termómetros para medir la temperatura, anemómetros para medir la velocidad del viento y veletas para medir su dirección. Analizando toda la información que producen, puede predecirse la probabilidad de que surja una determinada enfermedad, pueden prevenirse las heladas y anticiparse a las mismas, mejorar la planificación de las tareas habituales de la agricultura y la toma de decisiones sobre qué sembrar y cuándo hacerlo en cada una de las parcelas, así como llevar a cabo una gestión del riego más eficaz y eficiente.

Los sensores pueden ayudar también en el almacenamiento de la cosecha, monitorizando la temperatura, la humedad, la calidad del aire, el CO₂ y otros gases, así como el movimiento de los granos en el depósito. Para ello se introducen en el silo los sensores dentro de un pequeño receptáculo del tamaño de una canica, que incorpora también *bluetooth* y una batería.

La ganadería también es cada vez más *smart* y los animales pueden llevar en su collar o en la oreja diversos sensores. En el vacuno ya empiezan a ser habituales los sensores de movimiento que incorporan un micrófono para monitorizar el comportamiento y rumiado del animal, ya que variaciones en la actividad o temperatura pueden indicar que el animal está en celo —optimizando el momento de la inseminación—, o detectar problemas de salud. Existen sensores para enfermedades específicas, como el síndrome respiratorio bovino, que presenta unos síntomas muy concretos que pueden diagnosticarse en las fases tempranas de la enfermedad. La granja también es un espacio propicio para el uso de los más variados sensores, que miden la temperatura, luminosidad, radiación o los gases emitidos por el ganado. Todo ello permite al ganadero aumentar la producción, reducir los riesgos en el momento del parto o controlar de forma remota la salud de los animales ahorrando viajes a la explotación.

Las aplicaciones del IoT en silvicultura incluyen varios de los sensores vistos anteriormente, que miden aspectos como la temperatura y humedad del aire y del suelo, la presión atmosférica, el flujo de calor del suelo, la circulación de CO₂ del suelo que sirve para medir su respiración, la radiación solar y la velocidad del viento o su dirección. Como sensores específicos para los bosques, están los que miden el diámetro de los troncos de los árboles para estimar su crecimiento, los que miden el flujo de savia —utilizado para calcular las tasas de transpiración de los árboles, uno de los indicadores para determinar la calidad de un bosque—. Para detectar incendios forestales se monitoriza la temperatura y la presencia de gases de combustión en el arbolado. Otros sensores detectan movimientos en los árboles de los bosques, para evitar la deforestación ilegal.

Las administraciones públicas también son usuarias del IoT, pues los datos enviados por los sensores les ayudan a tomar mejores decisiones. Los ayuntamientos son pioneros en utilizar los datos para ordenar y planificar aspectos de la ciudad como el tráfico, la iluminación o la contaminación. Pero también las administraciones con competencias que afectan al sector primario utilizan los datos recibidos por los sensores para gestionar el agua, coordinar emergencias, detectar vertidos en los ríos o prevenir incendios.

Usos

- Captura de datos sobre luminosidad, calidad del aire, temperatura, humedad, acidez del suelo, contenido de nitrógeno o clorofila, entre otros.
- Captura de datos sobre el estado de los cultivos, que apoya a la toma de decisiones sobre cuando y como regar, fertilizar, aclarar o aplicar tratamientos fitosanitarios.
- Detección temprana de heladas.
- Monitorización de las condiciones de construcciones como silos, invernaderos o granjas.
- Vigilancia del ganado, detección temprana de enfermedades y problemas de salud.
- Prevención de incendios.
- Detección de plagas.
- Detección de vertidos en ríos.

BENEFICIOS

Gracias al uso de los sensores del IoT se consigue reducir el uso de productos fitosanitarios, fertilizantes y agua, lo que redundará en un menor coste y en la reducción del impacto medioambiental. Los datos suministrados por los sensores se transforman en información que permite aumentar el rendimiento de las cosechas y obtener frutos más saludables y de mayor calidad.

2.2.5 La visión artificial

El sentido de la vista es necesario para realizar numerosas tareas agrícolas, como detectar anomalías y enfermedades en los cultivos, identificar malas hierbas, realizar el control de calidad de la germinación, recolectar y clasificar los productos hortícolas y envasarlos. Se han desarrollado sistemas robóticos equipados con visión artificial para realizar esas mismas tareas, pero con una mayor precisión, liberando a las personas de la monotonía que conlleva realizar tales actividades. Estos sistemas captan las imágenes mediante una cámara de altas prestaciones, a continuación interviene un software que preprocesa las imágenes —eliminando el ruido y realzando los detalles relevantes—, después se divide la imagen en objetos de interés y se extraen las características que permiten discriminar los aspectos relevantes, normalmente mediante algoritmos que implementan redes neuronales, clasificadores bayesianos o máquinas de soporte vectorial. Un ejemplo de aplicación de la visión artificial es la detección de malas hierbas y su posterior eliminación. El sistema consta de una cámara que se ensambla en este caso sobre un vehículo convencional, como puede ser un tractor, que arrastra una máquina herbicida selectiva, es decir, un mecanismo que pulveriza el tratamiento utilizado para erradicar las malas hierbas solo donde es necesario. También existe la posibilidad de aplicar un corte mecánico reduciendo en este caso la implementación de herbicidas, lo que ahorra costos y presenta ventajas medioambientales. En ambos casos debe acompañarse de un software de reconocimiento de patrones que identifica en tiempo real el patrón correspondiente a una mala hierba, distinguiéndolo del cultivo. Si la maleza se encuentra formando rodales en cultivos en hileras como el maíz, se simplifica su identificación, pero en algunos cultivos las malas hierbas aparecen dispersas y es necesario estudiar la morfología de las hojas, para ello ya existen programas informáticos capaces de identificar cientos de malas hierbas.

En fruticultura, mediante mecanismos de visión artificial se puede también estimar el tamaño y peso del fruto sustituyendo a los procedimientos manuales de medición, que emplean un calibre y una báscula. También se analizan los colores de los frutos para determinar el momento óptimo de cosecha de acuerdo con las necesidades de la industria agroalimentaria. Se puede conocer el estado vegetativo de la planta y estimar la producción de forma temprana, lo que permite optimizar actividades como, por ejemplo, el aclareo de racimos de uva o de frutos.

En el control de la calidad de los productos agrarios es frecuente apoyarse en tecnologías que incorporan visión artificial para identificar defectos de producción e impurezas. Así se determinan productos con dimensión incorrecta o color inapropiado. También la industria agroalimentaria utiliza aplicaciones de la visión artificial para manipular y envasar los productos agrarios.

Y ya se ha comentado como los sistemas de visión artificial acompañan a los satélites artificiales y a los drones, tomando imágenes aéreas que permiten visualizar los cultivos y analizar su estado fenológico.

Asimismo, la visión artificial es útil en la ganadería, especialmente para monitorizar los movimientos de los animales. También es efectiva para detectar enfermedades contagiosas como la peste porcina o la fiebre aftosa e infecciones habituales del ganado. La fiebre es un síntoma habitual de estas enfermedades, que debilita el animal y ralentiza sus movimientos, por lo que la monitorización mediante visión artificial es una posibilidad muy eficiente, complementaria al empleo habitual de termómetros para medir la temperatura o de los más sofisticados acelerómetros — *chips* como los que incorpora el airbag del automóvil— utilizados para detectar el movimiento del ganado.

Capítulo aparte merece la realidad aumentada, que permite combinar la visualización de un entorno físico con uno virtual que incorpora datos, gráficos, audios y otras mejoras sensoriales, a través de un dispositivo tecnológico, como pueden ser un *smartphone*, tableta, pantallas holográficas o unas gafas especiales. Hay experiencias de aplicación de realidad virtual en el dominio agrícola, se trata de proyectar información adicional sobre la realidad que ve el agricultor en el parabrisas del tractor, a modo de proyecciones holográficas —como si de aeronaves militares se tratara— pero en este caso se visualiza la información que precisa el agricultor sobre la parcela, por ejemplo, sobre las rodadas donde ha pasado el tractor anteriormente o sobre los tratamientos aplicados en la parcela. La realidad aumentada se utiliza también en viveros, en visitas turísticas a bodegas, en visitas de escolares a granjas o incluso en la visera de los cascos de los bomberos que tratan de apagar un incendio y gracias a ella pueden percibir a través de humo el estado del fuego, los caminos, los cortafuegos o las rutas de evacuación.

Usos

- Detección y eliminación de malas hierbas.
- Estimación del tamaño y peso de los productos agrarios para controlar su calidad.
- Análisis de los colores de los frutos para determinar el momento óptimo de cosecha.
- Robótica agrícola para la recolección mecanizada diferenciada.
- Monitorización de los animales para detectar enfermedades.
- Realidad aumentada para apoyo de las labores del agricultor.

BENEFICIOS

En empleo de la visión artificial libera a las personas de la realización de tareas monótonas que son realizadas con mayor precisión y sin sufrir agotamiento o distracciones. Todo ello redundará en menores costes y mayores rendimientos.

2.2.6 Trazabilidad para la seguridad alimentaria, uso de blockchain y otras tecnologías

Hace años la cesta de la compra se componía de productos que en su mayor parte eran locales y de temporada. Pero, hoy en día, en una economía cada vez más abierta, podemos encontrar en el supermercado cualquier alimento, de cualquier país, en cualquier época del año. Los consumidores quieren saber quién y dónde ha fabricado un producto alimenticio, qué tratamientos ha seguido y si contiene productos susceptibles de producir alergias. El Reglamento (CE) 178/2002, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria —aplicable desde 1 de enero de 2005— creó la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y fijó los procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. También establece que deberá asegurarse la trazabilidad, a la que define como “la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo”.

Además de informar al consumidor, la trazabilidad sirve para facilitar la retirada de un producto del mercado y para asegurar la calidad del mismo. Con el objetivo de garantizarla la legislación obliga a los agricultores a registrar ciertos datos referidos a los medios de producción empleados en la explotación agraria, especialmente los tratamientos fitosanitarios realizados, así como el registro de las transacciones llevadas a cabo por el agricultor. Estos registros, que deben conservarse al menos durante tres años, constituyen el llamado “cuaderno de explotación”, regulado por el Real Decreto 1311/2012, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios.

Algunos alimentos tienen sistemas de trazabilidad muy exigentes como, entre otros, los huevos, la leche de vaca, la carne o el aceite de oliva. Por ejemplo, en los huevos, cada ejemplar tiene un código marcado que identifica la forma de cría de las gallinas, el país e identifica el productor. Si hay una crisis alimentaria que afecta a un productor de huevos se pueden identificar y retirar del mercado con relativa facilidad. Si el consumidor quiere consumir huevos de producción ecológica basta con fijarse en que el primer dígito sea un cero. Los estuches donde se envasan también informan de aspectos como la fecha de consumo preferente o la clasificación según el peso. Pero un consumidor exigente podría querer saber más sobre ese huevo y desde el punto de vista técnico nada impediría conocer en qué condiciones físicas o ambientales ha vivido la gallina, qué temperatura había en la granja el día que nació o la calidad del aire cuando puso el huevo que vamos a freír. Podría estar interesado en conocer el mix de cereales que ha consumido la gallina y qué agricultores los cultivaron. Qué métodos utilizaron para cultivar los cereales y los tratamientos fitosanitarios que recibieron. Quién transportó los huevos al almacén y en qué medio de transporte. Para ello se precisa la combinación de tecnologías como sensores inalámbricos que captan las condiciones, etiquetas de radiofrecuencia RFID para identificar los productos, GPS para obtener la geotrazabilidad —que informa de la localización y fecha exacta—, y la tecnología de cadena de bloques o *blockchain* para garantizar la no alteración de

todos estos datos, además del empleo de una interfaz que permita acceder a los mismo a través de Internet. Este es un ejemplo de la llamada Internet de los alimentos (*Internet of Food* o IoF) que pretende que toda la información relativa a un alimento esté disponible para el consumidor a través de Internet, de forma que pueda identificarse al productor, las técnicas de cultivo que ha empleado, las alergias potenciales que puede causar su consumo y cualquier otro aspecto que se considere de interés.

La identificación por radiofrecuencia (RFID) utiliza ondas de radio para transferir datos de una etiqueta electrónica o *tag*, a un lector. Para ampliar los datos de la trazabilidad puede utilizarse una red de sensores inalámbricos que, como se ha descrito en el apartado anterior, supervisen las condiciones físicas o ambientales y que registren los datos en tiempo real. Un aspecto muy importante es la normalización, ya que toda esta información debe seguir sistemas estandarizados que identifiquen a todos los actores de la cadena de suministro, como el sistema *European Article Number* (EAN) que proporciona números unívocos que identifican los productos, servicios, bienes y localizaciones en todo el mundo. De esta forma los clientes y usuarios finales pueden obtener la información de origen de los productos y la cadena de suministro.

Una de las tecnologías emergentes que también contribuye a mejorar la trazabilidad es la tecnología de cadenas de bloques o *blockchain*. Esta se ha hecho popular porque que da soporte a la criptomoneda *bitcoin*, y ya se ha utilizado para realizar el seguimiento de productos, siendo uno de los primeros casos la trazabilidad de los diamantes. Los compradores de diamantes, fundamentalmente, quieren asegurarse de que al comprar un diamante no están financiando la guerra, evitando los llamados diamantes de sangre. Aunque existen certificados de papel, el problema es que hay docenas de autoridades de importación/exportación y cada país cuenta con sus propios sistemas para emitir certificados y almacenar esta información. Una base de datos que utiliza tecnología distribuida como *blockchain* es la manera más segura de emitir y guardar estos certificados, evitando las falsificaciones documentales. *Blockchain* es un protocolo de trazabilidad abierto que permite rastrear el viaje que realiza cualquier producto alimentario, sea carne, pescado, verdura o fruta desde su nacimiento hasta llegar a nuestras mesas. Al aplicarla se obtiene algo similar a un libro de contabilidad compartido e inmutable que permite registrar el historial de transacciones de todos los actores participantes en el proceso. Cada entidad que maneja el producto envía al sistema los datos relevantes, que son registrados y puestos a disposición de cualquier otro en la cadena, por lo que la transparencia es total. *Blockchain* ya ha sido aplicado en la trazabilidad de los productos agrarios, concretamente por la empresa Walmart que garantiza la trazabilidad de la carne de cerdo mediante este sistema, implementando un proyecto piloto cuyos resultados, exitosos, fueron presentados en junio de 2017.

Usos

- Aumento de la seguridad de la cadena alimentaria, velando por la protección de los consumidores.
- Identificación correcta de los productos y productores agrarios, operadores logísticos y distribuidores.
- Localización rápida de partidas con problemas en caso de crisis alimentaria.
- Monitorización de los productos y control de calidad.
- Mejora de la información al consumidor de los productos agrarios.
- Ayuda al cumplimiento de requisitos en producción integrada, ecológica y compromisos medioambientales.
- Incremento de la conectividad entre proveedores de insumos agrarios, agricultores, operadores logísticos y comercializadores.

BENEFICIOS

La trazabilidad permite un control más eficiente de la cadena de suministro de los productos agrarios, al aumentar la precisión de la información, facilitar la retirada de un producto del mercado y asegurar la calidad del mismo. El empleo de tecnologías como RFID, sensores inalámbricos y, próximamente, *blockchain* aumenta la eficiencia del sistema, contribuye a incrementar la seguridad alimentaria al permitir un seguimiento y rastreo de productos óptimo, mejora la productividad de los trabajadores, reduce los errores humanos por la menor intervención manual —por ejemplo, en el escaneo de los alimentos— y reduce los costes. Las buenas prácticas en trazabilidad facilitan la certificación de productos y la acreditación de las empresas del sector primario.

2.3 Tecnologías para el análisis de datos y toma de decisiones

En el epígrafe anterior se han descrito tecnologías para capturar los datos de interés para el agricultor y ganadero. En este apartado se expondrán algunas de las tecnologías que pueden tener cabida en el sector primario para mejorar el análisis de dichos datos y la posterior toma de decisiones. Entre ello se encuentran los sistemas de información geográfica (GIS), el *big data* y el *small data* en la agricultura, los proyectos *open data* en la agricultura, la computación en la nube, los sistemas integrados de gestión (ERP), la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, y los sistemas de ayuda a la toma de decisiones (DSS).

2.3.1 Los sistemas de información geográfica (GIS)

Los sistemas de información geográfica o GIS son herramientas para el análisis espacial de datos, que permiten representar la distribución geográfica de elementos situados en el territorio. Los mapas, gráficos e informes que generan los GIS hacen comprensibles infinidad de datos y permiten descubrir relaciones, patrones y tendencias. Los GIS se utilizan en la agricultura, ya que integran la información de distintas fuentes —como los satélites o drones— y procesan la información georreferenciada de un campo plasmándola en un modelo digital para crear varios tipos de mapas, superponiendo distintas capas de la información de la base de datos. Por tanto, el GIS es un tipo de programa que permite visualizar dos tipos de datos: los espaciales, referidos al terreno, y los descriptivos, que se pueden superponer en capas sobre el mapa del terreno. Todos ellos forman una gran base de datos que se nutre de la información, proveniente de dispositivos como drones y satélites, para generar diversos tipos de mapas. El GIS además se puede conectar a bases de datos públicas que contienen información sobre el catastro, el clima o, por ejemplo, sobre la evolución de una plaga. Existe software GIS tanto propietario como libre, siendo en la actualidad los más populares gvSIG y QGIS.

Toda la información que se obtiene con las tecnologías descritas en el epígrafe anterior, como los índices de vegetación, los rodales de maleza o el estrés hídrico de cada zona de la parcela, alimenta la base de datos del GIS. Con ella los tipos de mapas que, básicamente, genera el GIS son: el mapa topográfico, que es el mapa de referencia e incluye curvas de nivel, los caminos, los lindes y las infraestructuras para el riego, entre otros aspectos; los mapas de rendimiento, que definen qué zonas cultivadas presentan una adecuada producción y cuales requieren medidas o tratamientos de mejora; y los mapas de prescripción, que superponen las dosis a aplicar de cada producto fitosanitario en cada zona del mapa, información que,

como se dijo, es leída por la maquinaria agrícola dotada de GPS y suministra las dosis, automatizando la operativa.

Gracias al GIS el agricultor puede gestionar mejor sus explotaciones. La agricultura de precisión se justifica por la variabilidad que caracteriza a las explotaciones agrarias. Los GIS son útiles para determinar las causas de esta variabilidad, es decir, los cambios que presenta una parcela de terreno pueden deberse, por ejemplo, a la distinta composición del suelo, en unas partes arcilloso y en otras calizo, a una deficiente nivelación que impide que se riegue bien una zona del campo, o a problemas de drenaje. Existe también una variabilidad temporal en las explotaciones agrarias, porque el paso del tiempo afecta de forma diferente al crecimiento y desarrollo de los cultivos. No es suficiente con detectar que una zona del campo cultivado padece sequía o ha evolucionado peor, el análisis de los mapas que genera el GIS puede ayudar a determinar las causas y actuar sobre las mismas.

Con el GIS los topógrafos e ingenieros pueden planificar las infraestructuras para el riego o realizar concentraciones parcelarias. También sirven de apoyo a la valoración económica de suelos y explotaciones agrarias, y ayudan a la realización de estudios de impacto ambiental.

Las administraciones públicas utilizan los GIS para ordenar el territorio, planificar y diseñar políticas económicas, sociales y ambientales, conservar los recursos naturales, coordinar la seguridad en caso de catástrofes como avenidas, estudiar la distribución de las especies animales o vegetales o explorar los cultivos más adecuados para una comarca, teniendo en cuenta la altitud, temperatura, pluviometría o composición del suelo. Las administraciones generan parte de la información que utilizan los GIS y la publican en formatos abiertos, como la información catastral, cartográfica, mapas de cultivos y aprovechamientos, variables climáticas —temperaturas, pluviometría, vientos, heladas— o disponibilidad del agua, en el caso de las confederaciones hidrográficas.

Usos

- Gestión de explotaciones agrarias, organizando la información sobre el terreno y el estado de los cultivos y apoyando la toma de decisiones.
- Planificación de las infraestructuras para el riego.
- Agrimensura, topografía y catastro.
- Valoración de suelos y explotaciones agrarias.
- Realización de estudios de impacto ambiental.
- Ordenación del territorio.

BENEFICIOS

Los SIG integran la información proveniente de distintas fuentes —como los satélites, drones o la información generada por las administraciones públicas— ayudando al agricultor a tomar mejores decisiones sobre la gestión de sus parcelas en cuestiones como la aplicación selectiva de tratamientos o facilitando una mejor preparación de las parcelas para siembras futuras, lográndose con ello mayores ingresos y minorando los costes de explotación. Los SIG facilitan el trabajo de los técnicos en sus tareas de planificación de infraestructuras y favorecen la ordenación del territorio que realizan las administraciones.

2.3.2 El big data y el small data en la agricultura

En la agricultura tradicional la mayor parte de las decisiones como qué cultivar en cada campo y en qué momento hacerlo, qué labores realizar, qué productos aplicar para controlar una plaga o si vender en la cooperativa o almacenar en un silo a la espera de precios mejores, se han realizado basándose en la experiencia de los mayores, en miradas al vecino que introdujo un abono nuevo a ver qué tal le fue, en visitas a la FIMA y en la intuición. La información estaba en la memoria del agricultor, que recordaba lo bien o mal que le fue con tal o cual herbicida y que rara vez anotaba datos, como las toneladas de trigo cosechadas por cahíz de tierra, y mucho menos los analizaba. Hoy en día, simplemente con un puñado de sensores como los descritos anteriormente, las empresas del sector primario pueden disponer de un enorme conjunto de datos para analizar. Pensemos que los sensores están obteniendo, cada segundo, datos de temperatura, humedad y cientos de variables, que pueden cruzarse con los fitosanitarios aplicados y el rendimiento obtenido en una parcela, o en las diversas zonas de la misma, información que nos suministra el mapa de rendimientos del GIS, que a su vez recoge del satélite artificial, el dron o la web del Ministerio. Estas bases de datos, por su diversidad y tamaño pueden entrar perfectamente en la categoría de lo que se conoce como *big data* o datos masivos, concepto que describe grandes volúmenes de datos, tanto estructurados como no estructurados, típicos en las empresas de los más variados sectores. ¿Significa esto que debemos renunciar a mirar qué tal le ha ido al vecino con aquel abono o dejar de hacer caso a los mayores que insisten en que en ese terreno no se da bien tal cultivo? Al contrario, pasada la euforia del *big data* en muchas empresas adoptantes tempranas de esta tecnología, la última tendencia es el *small data*, la atención a los pequeños conjuntos de datos que manejan las personas, de un tamaño tal que somos capaces de sacar conclusiones sin utilizar sofisticadas técnicas estadísticas. El *small data* funciona y muchas veces supera al *big data*, de la misma manera que las más rigurosas encuestas fallaron al predecir el Brexit o los resultados de las elecciones, y en cambio algunas analistas hablando con un grupo reducido de personas predijeron el resultado con mayor precisión.

La manera habitual de operar en el *big data* pasa por capturar los datos, que provienen de varias fuentes, almacenarlos, normalizarlos y analizarlos, utilizando con frecuencia técnicas de minería de datos, en busca de patrones, tendencias y relaciones entre ellos. La captura de datos puede y debe automatizarse al máximo, porque es una tarea laboriosa que no aporta valor añadido y es fuente de errores. En este sentido es importante integrar en un sistema informático los datos del GPS, las imágenes del satélite, los drones y los sensores de la IoT, con la información del sistema integrado de gestión (ERP) que aporta otros datos igualmente importantes, como la contabilidad de la explotación o los precios de los productos. El siguiente paso es la estandarización y normalización de los datos. Dada la variedad de sistemas para recoger información y su novedad, muchos de ellos son incompatibles y es necesario un importante esfuerzo para homogeneizar los datos y compartir la información entre los diferentes dispositivos. Esta tarea es la que suele consumir la mayor parte del tiempo en los proyectos de *big data*. Para el almacenaje de los datos masivos el entorno de trabajo suele ser Hadoop, inspirado en arquitectura de Google que, en vez de emplear un superordenador para sus motores de búsqueda, utiliza un gran número de pequeños ordenadores, cada uno de los cuales se encarga de procesar una parte de la información. En cuanto a las técnicas de análisis normalmente se utilizan paquetes estadísticos, como R. Una particularidad que distingue a los proyectos de *big data* en agricultura es que los datos son espaciales y georreferenciados, lo que supone un reto importante, por la dificultad que supone realizar análisis estadísticos sobre este tipo de información, en los que cada dato tiene asociada una coordenada, es decir, no diremos que la temperatura es 25°C, sino que lo es para una determinada altitud y latitud.

El *big data* es una herramienta habitual en muchos sectores, como el financiero o la distribución comercial, pero en la agricultura se encuentra todavía en fase incipiente. A diferencia de un banco, donde la información de los mercados financieros, los datos de las transferencias en formato SWIFT, las facturas en Facturae o las remesas en norma 32 ya se encuentran normalizados desde hace años, en la agricultura los sistemas estándares de comunicación existentes, como la norma internacional ISO11783 (ISOBUS), que trata de estandarizar la comunicación entre los dispositivos electrónicos utilizados en la maquinaria agrícola, no han logrado una base de usuarios crítica. No obstante, podemos encontrar ejemplos de aplicación de *big data* en el sector primario. Mediante *big data* se puede predecir la evolución de una plaga y así, por ejemplo, se ha modelizado la expansión de la avispa asiática en España, importante para tomar las medidas preventivas allí dónde todavía no se ha extendido. El CGIAR (*Consultative Group for International Agricultural Research*) es un consorcio de centros de investigación que trata de reducir la pobreza rural en países en desarrollo y, utilizando *big data* a partir de la información que proporcionan los sensores ubicados en los campos, es capaz de predecir sequías y recomendar a los pequeños agricultores cuándo deben asegurarse y cuándo no, incluso en algunos casos la recomendación es directamente no sembrar. La toma de datos locales puede afinar las predicciones meteorológicas, siendo personalizadas para cada uno de los diferentes microclimas. La información sobre previsiones meteorológicas, en conjunción con la que proviene de los sensores que miden la humedad y los niveles de agua en el subsuelo de cada zona de la finca, permite a los agricultores regar selectivamente, utilizando el agua exacta que precisan las plantas. También el análisis de la evolución de los precios en los mercados internacionales ayuda a la toma de decisiones sobre qué sembrar.

Las multinacionales utilizan la información sobre las semillas, la tierra y el clima para desarrollar los insumos agrícolas, como semillas, pesticidas y fertilizantes. La genómica utiliza *big data* para el desarrollo de organismos modificados genéticamente que sean resistentes a plagas, champiñones que no cambian de color al oxidarse, cultivos resistentes a la sequía o vacas inmunes a la tuberculosis. El *big data* incluso puede ayudar al mantenimiento preventivo de los vehículos agrícolas, como ya hacen los fabricantes líderes en maquinaria agrícola utilizando los datos de las averías del conjunto de usuarios que utilizan la misma maquinaria.

Usos

- Apoyo en la toma de decisiones agrícolas sobre cuándo y cómo regar, en qué momento cosechar o qué tratamientos aplicar.
- Diseño de modelos predictivos sobre el precio de los productos, la producción agraria y la rentabilidad.
- Predicción de las condiciones climáticas a partir de información meteorológica e información local.
- Aplicación en genómica para desarrollar los insumos agrícolas, como semillas, pesticidas y fertilizantes.

BENEFICIOS

El empleo de técnicas *big data* ahorra costes, ya que permite realizar predicciones sobre las necesidades de agua, de fertilizantes y otros insumos, reduciendo su empleo a lo estrictamente necesario. Puede anticipar las plagas y las enfermedades que afecten al desarrollo del cultivo y ayudar al agricultor a tomar decisiones. El *big data* aplicado en genómica permite obtener semillas más resistentes, pesticidas más eficaces y respetuosos con el medioambiente y nuevos fertilizantes.

2.3.3 Proyectos open data en la agricultura

El movimiento *open data* o datos abiertos persigue que determinados conjuntos de datos estén accesibles de forma libre y gratuita para todo el mundo, de forma que puedan reutilizarse sin restricciones impuestas por los derechos de autor o por limitaciones técnicas. Se ha desarrollado especialmente en el sector público, donde se regula por la Directiva 2003/98/EC, transpuesta al ordenamiento español por la Ley 37/2007, sobre Reutilización de la información del sector público (LRISP). Existe una importante tendencia hacia la apertura de datos, y no solo de aquellos generados por las administraciones públicas sino también lo de otros sectores. Esta se encuadra en el contexto más amplio del denominado “conocimiento abierto” que propugna, por ejemplo, que las revistas científicas sean de libre acceso, o el desarrollo del software de código abierto, y que lleva a la popularización de los contenidos abiertos, como fotografías o vídeos. La irrupción de los datos abiertos está suponiendo en algunos sectores empresariales una verdadera revolución como, por ejemplo, en los datos relativos a la salud, ya que permiten lograr notables avances en los estudios médicos desarrollados por los investigadores y las compañías farmacéuticas. Entre los datos abiertos más utilizados por los usuarios destacan los relativos al transporte, al clima e información meteorológica, los datos geoespaciales, como mapas, y los datos medioambientales, como las emisiones de CO₂.

La agricultura también puede y debe adoptar la filosofía de datos abiertos. No es lo mismo gestionar una parcela exclusivamente con la información que proporcionan los sensores instalados en la misma, que contar con la información de los sensores que hay en los campos de los vecinos, en la cuenca hidrográfica o en el país. Por ejemplo, si se detecta una plaga de roedores a varios kilómetros y se observa su evolución se pueden tomar medidas antes de que sea tarde. Como en otros sectores el acceso a los datos abiertos agrícolas favorece el desarrollo de apps, de servicios innovadores y soluciones técnicas, y de nuevas herramientas de ayuda a la toma de decisiones para los agricultores. Uno de los países más avanzados en datos agrarios abiertos es Francia, donde se está creando AgGate, un Portal Digital de Datos Agrícolas que verá la luz a finales de 2017 y cuyo objetivo es distribuir y explotar los datos digitales para el mundo del campo. Los responsables hacen hincapié en que los datos agrícolas tienen que ser abiertos ya que, de lo contrario, existe el riesgo de ver cómo se desarrolla un mercado de servicios de e-agricultura controlado por multinacionales, bien de suministros agrícolas, bien del mundo digital. Se pretende que la iniciativa sea pública para que los datos que generan los agricultores reviertan en su propio beneficio, evitando que la valiosa información se concentre en manos de unos pocos actores, lo que a la larga perjudicaría a la independencia de los agricultores e incluso a la propia soberanía alimentaria. El proyecto recopilará, a modo de ventanilla única, los datos sobre sistemas de información geográfica, datos meteorológicos, imágenes de satélite, y datos sobre el suelo o fenotipificación. Otros proyectos similares son SGES en Dinamarca, Agricultural Data Coalition (ADC) en Estados Unidos, o Agrimetrics en el Reino Unido.

En Aragón Open Data hay varios conjuntos de datos sobre agricultura, que tratan sobre las comarcas agrarias de Aragón, la Política Agraria Común (PAC), las relaciones entre parcelas PAC, códigos catastrales y SIGPAC en Aragón, y las variedades y cultivos agrícolas. De hecho, la relación entre parcelas PAC, códigos catastrales y SIGPAC en Aragón es, de acuerdo con el portal Datos.gob.es, uno de los conjuntos de datos más descargados en España. Otros conjuntos de datos agrícolas populares incluyen la información meteorológica —histórica, en tiempo real y predicciones—, conjuntos de datos geoespaciales —información topográfica

acompañada de mapas físicos e imágenes de satélites—, el uso de la tierra y los cultivos de las parcelas, información catastral, información hidrológica, datos de mercados y precios de productos agrícolas e insumos, datos sobre alimentos y nutrición, sobre seguridad alimentaria, sobre productos fitosanitarios y proveedores de insumos para la agricultura.

Un ejemplo de datos abiertos en agricultura es el proyecto liderado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en el que se han puesto en marcha las “recetas climáticas”, que son el conjunto de pasos e instrucciones que intervienen en el desarrollo de una planta e incluyen variables como el nivel óptimo dióxido de carbono, la temperatura en cada una de las fases de crecimiento, la humedad o el PH, entre otras. Todas estas variables se pueden controlar mediante un dispositivo llamado “Food Computer”, del tamaño de una lavadora, que a partir de la receta puede replicar cualquier vegetal, su color, tamaño e incluso sabor. Estas recetas, a semejanza de las recetas de los platos de cocina, se comparten en un repositorio abierto para todo el mundo. Por ejemplo, cuando un hortelano cultiva un tomate de cuyo sabor, textura y color se siente especialmente orgulloso comparte la receta y cualquiera que disponga del “Food Computer” puede replicarlo.

Por otra parte, los datos abiertos agrícolas compartidos han mostrado su utilidad en casos concretos. Por ejemplo, ayudan a los agricultores a predecir brotes de enfermedades en el ganado y los cultivos compartiendo la información en Plantwise.org y obteniendo después asesoramiento en la base de conocimiento que se ha creado en la misma plataforma. De forma similar, la herramienta Groenmonitor.nl muestra un mapa con la vegetación de los Países Bajos, realizado a partir de las imágenes de los satélites y mapas de la Agencia Espacial Europea (ESA) que identifica plagas, especialmente de ratones, y permite anticipar las medidas oportunas a los agricultores. El Departamento de Recursos Hídricos de California cuando tuvo que gestionar los escasos recursos hídricos durante la sequía que asoló el Estado utilizó datos abiertos para modelizar el reparto de los escasos recursos hídricos, asignando los recursos de forma más eficiente y también para informar a los agricultores sobre cómo se iba a repartir el agua, aumentando la transparencia y reduciendo los conflictos.

Usos

- Apoyo a la toma de decisiones agrícolas al poder utilizar la información externa a la explotación, proveniente de otros agricultores.
- Incremento de la colaboración entre agricultores, asociaciones y administraciones.
- Contribución a la investigación en mejores prácticas agrícolas, fitosanitarios, fertilizantes y semillas y que los resultados de las investigaciones sean abiertos.
- Logro de mercados más eficientes y precios de productos e insumos más justos.

BENEFICIOS

El empleo de datos abiertos en la agricultura contribuye a aumentar el conocimiento abierto en una materia importante, que aspira a lograr los principales retos que tiene la seguridad alimentaria mundial, como son el aumento de la producción agrícola y ganadera, el desarrollo de plantas más resistentes, extender el uso de prácticas agrarias responsables y la creación de mercados de productos agrarios más justos.

2.3.4 La computación en la nube

"*The network is the computer*" es una frase de John Gage, Vicepresidente de Sun, que ya en 1984 anticipaba esta manera de trabajar, que hoy en día es habitual y que se llama "computación en la nube". Básicamente, se trata de un conjunto de tecnologías que permiten ofrecer servicios informáticos a través de Internet. El proveedor pasa a ser un ASP, siglas que corresponden a proveedor de servicios de aplicaciones y que denominan a las empresas de tecnología que ofrecen su software a terceros en modalidad de alquiler. El cliente final no es el dueño de la aplicación, sino que la utiliza, pagando una tarifa. De esta forma, no precisa instalar nada en su equipo, ya que accede remotamente y utilizando el navegador de Internet u otro software liviano, a los servidores en los que corren las aplicaciones en cuestión. Otra ventaja importante para el usuario, es que dispone siempre de la última versión y si surgen problemas técnicos los soluciona el proveedor, es decir, no debe ocuparse de las tareas asociadas a la administración y mantenimiento del software. Como inconvenientes cabe señalar la dependencia de Internet, limitación importante porque en el mundo rural no siempre hay una conexión adecuada, aunque, no obstante, se puede trabajar con copias locales en el caso de que se acceda a fincas sin cobertura. Otra barrera es que los datos de la empresa están en manos del proveedor del servicio informático, lo que exige contratar con empresas serias y profesionales, que garanticen su confidencialidad y seguridad.

Buena parte del software tradicional ya está migrando a entornos en la nube y el número de usuarios no deja de crecer. De acuerdo con los datos más recientes del INE, correspondientes a la "Encuesta sobre el uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y Comercio Electrónico en las Empresas" realizada en 2016, el 15,31% de las empresas aragonesas con conexión a Internet compraron algún servicio de *cloud computing*. De ellas, el 64,55% adquirieron servicios de correo electrónico en la nube, el 28,80% software de oficina, el 52,20% servicios de servidor de bases de datos de la empresa, el 62,23% almacenamiento de ficheros, el 28,89% aplicaciones de contabilidad, y el 30,75% aplicaciones para tratar información de clientes.

La forma de trabajar con aplicaciones de gestión agraria en la nube presenta ventajas indudables. Supongamos que un trabajador del campo realiza una labor, como puede ser aplicar un tratamiento herbicida. Al acabar su tarea y sin bajarse del tractor se conecta con su móvil a la aplicación en la nube e informa de la actividad realizada con un par de clics. En ese momento la información se actualiza en la base de datos compartida en la nube, de forma que el ingeniero agrónomo al consultar el cuaderno de explotación controla que las dosis han sido las adecuadas, consulta el histórico de los tratamientos realizados, accede a la plataforma en la nube en busca de contenidos técnicos sobre el buen uso de ese herbicida y planifica las tareas siguientes. La información también ha alimentado el sistema integrado de gestión (ERP) y el gerente ha tomado nota de las horas para abonar al tractorista su remuneración. El contable también dispone de la información para realizar precisos cálculos sobre los costes reales, poder calcular desviaciones sobre lo presupuestado y calcular rendimientos. El taller recibe un aviso de que el tractor ya ha superado las 200 horas de trabajo y toca cambiar el aceite y filtro. Por último, el almacén registra el consumo del tratamiento realizado y, si hace falta, realiza un pedido para reponer el insumo aplicado.

La gestión ganadera también utiliza la computación en la nube. Con ella se pueden administrar las bases de datos de los animales, acceder al historial de producción, de partos, destetes, pesajes, controles lácteos, ingesta de agua, celos o registro de venta de leche, garantizando el cumplimiento de las normas sanitarias, planificar las vacunas, capturar la información que proviene de los sensores de la granja — que miden aspectos como la temperatura o la humedad—, obtener informes y estadísticas sobre rendimiento, mortalidad, tratamientos, recibir asesoramiento técnico o sanitario *online* y llevar la contabilidad de la explotación ganadera. Además, existen muchas aplicaciones en la nube especializadas para ganaderos, por ejemplo, la Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental (SARGA), que es la sociedad instrumental del Gobierno de Aragón que se ocupa de la recogida, el transporte y la destrucción adecuada de los animales de una cabaña ganadera, utiliza una plataforma en la nube, que facilita el trabajo al ganadero y que ha supuesto una mejora del servicio y una reducción de los costes para el ganadero.

Una visión más futurista viene de Japón, donde desde el año 2016, se están desarrollando verdaderas fábricas de alimentos, recuperando antiguas fábricas cuya producción se deslocalizó a otros países vecinos, para crear cultivos hidropónicos, en los que no hay tierra y la planta se alimenta rociándola con agua que lleva disoluciones minerales. Los sensores situados en las plantas y en el ambiente informan a un software en la nube, que analiza los datos y decide accionar los ventiladores, encender la calefacción y suministrar los nutrientes necesarios a cada planta. Akisai, que así se llama la plataforma en la nube para la agricultura desarrollada por un consorcio de empresas liderado por Fujitsu, actúa en toda la cadena de valor de la agricultura y, por ejemplo, también recibe información del mercado, analiza las tendencias y decide qué sembrar, para realizar una producción planificada de acuerdo a la demanda de los consumidores. Akisai no solo se utiliza en estas fábricas recuperadas para la agricultura, sino que cualquier agricultor japonés puede alquilar sus servicios.

Usos

- Empleo de las aplicaciones más comunes de gestión agrícola y ganadera, que funcionan en la nube.
- Uso de software especializado creado especialmente para operar en la nube.
- Trabajo colaborativo entre agricultores, ganaderos, ingenieros, veterinarios y proveedores de insumos.
- Formación en agricultura y ganadería mediante el acceso a contenidos técnicos y científicos que suministran las plataformas de servicios en la nube para el agricultor.

BENEFICIOS

La computación en la nube mejora la eficiencia en la captura de datos por la mayor facilidad para integrar la información de diferentes fuentes, minimizando los problemas ocasionados por la pérdida de los mismos. Permite que el agricultor se centre en las tareas agrícolas, al externalizar la informática, y no tenga que estar pendiente de instalar nuevas versiones de los programas o realizar copias de seguridad. Al no comprar el software sino alquilarlo este pasa de ser un coste fijo a variable, dependiendo de la intensidad del uso del programa. El software en la nube posibilita monitorizar a distancia la explotación y los indicadores clave, ya que se accede a la aplicación con un navegador desde cualquier equipo, en cualquier lugar, y a cualquier hora.

2.3.5 Los sistemas integrados de gestión (ERP)

Más que programas de ordenador, los sistemas integrados de gestión (ERP) son sistemas de información que tratan de integrar las aplicaciones informáticas necesarias para gestionar todos los departamentos y funciones de una empresa — es decir, la producción, el mantenimiento, la logística, los recursos humanos, la contabilidad y finanzas— y para realizar las distintas actividades —como compras y pagos, ventas y cobros, bancos y efectos, tesorería, cartera, materiales, gestión de activos, elaboración de presupuestos y control de costes o la gestión de proyectos, entre otras—. Por tanto, la característica principal que distingue a un ERP es la integración. En un ERP está disponible la información de todas las áreas de la empresa, pudiendo obtener informes que precisen datos de varios departamentos, a diferencia de la situación habitual en muchas empresas donde cada departamento tiene su propia información y, por ejemplo, un mismo cliente puede aparecer con una dirección si consultamos su ficha en el programa de contabilidad y con otra si la consulta la hacemos al departamento de marketing.

Los ERP incluyen varios componentes. En primer lugar, el hardware, en el que el requerimiento mínimo es un servidor, pero son frecuentes las llamadas granjas de servidores multiprocesador, con elevados requerimientos de seguridad y tolerancia a fallos. Pero, muchos ERP funcionan en la nube, con lo que, como se acaba de ver, es el proveedor de servicios de aplicaciones el que se ocupa del mantenimiento, actualización y de tareas como las copias de seguridad. En cuanto a la aplicación propiamente dicha, proporciona las funcionalidades requeridas por el usuario, reflejando los procesos internos de cada empresa. Normalmente, se instala por módulos. Es típico empezar con la gestión financiera y comercial, para ir añadiendo la gestión de la nómina, la fabricación y el resto de módulos. Cada módulo gestiona las funciones de un área, pero los datos son comunes. El ERP precisa de un gestor de base de datos y de un interfaz de usuario, siendo cada vez más habitual que funcionen en la nube, y nos podamos conectar utilizando el propio navegador web. El ERP puede interactuar con otros programas y dispositivos, como pistolas para controlar el stock en los almacenes o sensores de las granjas y cultivos. Hasta hace unos años los ERP eran grandes sistemas de información, que sólo se implantaban en empresas de tamaño considerable, pero actualmente los hay también enfocados a las pymes.

Además, se desarrollan ERP verticales, que tienen características diferenciales en función del sector. Entre ellos se encuentran los ERP para el sector agrícola y ganadero, algunos de los cuales son adaptaciones de los más utilizados en la industria, a los que se han añadido módulos que abarcan todo el ciclo de vida de los cultivos en cada parcela, que documentan las incidencias en los procesos de crecimiento, las labores realizadas, la aplicación de fertilizantes e incorporan módulos de gestión de riego, así como un registro detallado de las cosechas. Otros módulos documentan las plagas y enfermedades, y registran los productos fitosanitarios aplicados. Estas funciones de trazabilidad permite cumplir con la legalidad vigente y gestionar el preceptivo cuaderno de explotación. Entre las funcionalidades más avanzadas, destaca la integración de la información recibida por los sensores, como temperatura o humedad, procesada por el sistema de información geográfica (SIG), lo que permite visualizar desde el ERP mapas de calor que muestran los datos capturados, como el tipo de semilla cultivada, las labores realizadas o el efecto de una plaga. Los módulos analíticos tienen capacidad para cruzar la información y generar análisis para apoyar al agricultor en la toma de decisiones. Además, existen ERP específicos para negocios muy concretos, como las bodegas, los viveros, las cooperativas agrarias, las almazaras, los productores de forraje, de frutos secos, de semillas o los horticultores, entre otros.

Los ERP para ganadería disponen, entre otros, de módulos para registrar el proceso de cría y engorde del ganado, su genealogía —como el inventario del semen y embriones, el precio, los índices genéticos o el pedigrí—, módulos para administrar el inventario de cabezas de ganado y de los insumos, para registrar el transporte de animales, las altas y bajas producidas por la compraventa de animales, módulos para documentar los partos, la alimentación del ganado y el manejo de los pastos, la gestión de los purines, la producción de carne —y leche o huevos, en su caso—, módulos para gestionar la trazabilidad, tanto en productos —es decir, el seguimiento del animal desde que nace hasta su sacrificio— como en procesos —fundamentalmente en lo referente a los aspectos sanitarios y tratamientos—, así como calcular la tasa de preñez y obtener la rentabilidad de cada animal, lo que permite generar rankings y descartar los ejemplares menos productivos e identificar los mejores cruces, sobre la base de las características fenotípicas de cada hembra y cada reproductor.

Usos

- Acceso a todos los detalles de las operativas y labores del campo, con una visión integral de los distintos sistemas y aplicaciones de la empresa que evita duplicidades.
- Generación de informes y cuadros de mando que incorporen información de varios departamentos, como datos del subsistema contable y de producción.
- Obtención del cuaderno de explotación, garantizando la completa trazabilidad.

BENEFICIOS

La instalación de un ERP incrementa la eficiencia en la organización, al tener disponible en un mismo sistema todas las operaciones de la empresa. Disminuyen los errores, al evitar la inserción de datos duplicados y el procesamiento manual de la información. El empleo del ERP favorece el control de la calidad en todos los procesos, desde la fabricación hasta la distribución del producto. Cuando una empresa instala una de estas aplicaciones es frecuente que redistribuya su personal y elimine procedimientos, con lo que logra una mejor planificación de la producción y obtiene mayor rentabilidad.

2.3.6 La inteligencia artificial y el aprendizaje automático

La inteligencia artificial trata de conseguir que los ordenadores simulen en cierta manera la inteligencia humana. Se acude a sus técnicas cuando se quiere incorporar conocimiento en un sistema informático, para lo que se pueden seguir dos estrategias: deductiva, como hacen los sistemas expertos; o inductiva, como hacen los algoritmos de aprendizaje automático (*machine learning*). Los sistemas expertos parten de la premisa de que los especialistas humanos utilizan gran cantidad de conocimientos específicos de un campo y que estos pueden ser incorporados en un programa informático. Desde este punto de vista, la inteligencia es un programa que funciona independientemente del lugar donde se ejecute: ordenador o cerebro. El sistema tiene capacidad de justificar su propia línea de razonamiento de un modo inteligible para el interrogador y la técnica adoptada para alcanzar estas características es la programación basada en reglas.

El conocimiento se representa mediante el uso de símbolos, y así se crea el primero de los componentes de un sistema experto, la base de conocimiento. Una vez creada esta, se debe diseñar un método para utilizarla, que da lugar al segundo elemento, el programa de inferencia. Este manipula la información simbólica almacenada en la base de conocimiento mediante un proceso de búsqueda. La forma en que se representa el conocimiento es apropiada cuando es posible extraer un conjunto de reglas y normas. Algunos programas de gestión agrícola y ERP incorporan módulos de sistema experto, en los que, a partir de los datos introducidos, como las características del cultivo —por ejemplo, un “limonero de tal variedad, con un determinado marco de plantación y tal caudal en los goteros”— el sistema asesora sobre la frecuencia y duración de riego, los fertilizantes más apropiados y los tratamientos fitosanitarios recomendables. En este caso, para desarrollar la base de conocimiento el ingeniero ha debido contar con especialistas en cítricos, agricultores experimentados y académicos.

Otra aproximación a la inteligencia artificial es aplicando el método inductivo, mediante el aprendizaje a partir de ejemplos. Estos sistemas de *machine learning* operan sobre la base del reconocimiento de patrones, y pueden adquirir, almacenar y utilizar conocimiento experimental, obtenido a partir de bases de datos con ejemplos. En este caso el conocimiento no se programa de forma directa como en los sistemas expertos, sino que se adquiere a partir de datos reales, por ajuste de parámetros de unos modelos matemáticos que incorporan algoritmos de aprendizaje. Se utilizan técnicas estadísticas y matemáticas, como las redes neuronales, máquinas de vectores de soporte y árboles de decisión, entre otros. Para su desarrollo no se necesita tanto de expertos como de bases de datos que incluyan las variables de entrada. En el ejemplo anterior, estas serían las variedades de los cultivos, los marcos de plantación y resto de variables, como los tratamientos fitosanitarios aplicados, junto con el rendimiento obtenido. Los algoritmos de aprendizaje actúan sobre estas y extraen automáticamente el conocimiento. Luego, como antes, al introducir los datos de nuestro cultivo, el programa nos dirá la frecuencia y duración de riego, los fertilizantes más apropiados y los tratamientos fitosanitarios recomendables para maximizar el rendimiento. La última tendencia es el denominado aprendizaje profundo (*deep learning*), caracterizado por la utilización de múltiples capas de procesamiento no lineal y en el que se basan aplicaciones como el reconocimiento de voz de Google, el reconocimiento facial de Facebook o Siri, el asistente personal de Apple.

La inteligencia artificial está detrás de muchas de las tecnologías descritas en otros apartados. Es el caso de los drones que operan de forma autónoma, salen de su base, realizan una tarea como esparcir un producto fitosanitario y cuando acaban su trabajo vuelven a la base, sin que intervenga un operador humano. También de los tractores sin conductor, ACV o *Autonomous Concept Vehicle*, que ya están a la venta y realizan la siembra, aran la tierra y llevan a cabo el resto de labores del campo. Existen robots que examinan el suelo antes de plantar cada semilla y eligen la mejor variedad para ese lugar. Otros están especializados en la cosecha, y son capaces de identificar las fresas en el punto óptimo de maduración y recogerlas. En Estados Unidos, el 10% de las plantaciones de lechuga dispone de maquinaria dotada de visión artificial y un algoritmo de aprendizaje profundo que elimina las malas hierbas y realizan el aclarado de las plantas sobrantes, esparciendo fertilizante, si procede. Es decir, el sistema está dotado de una cámara, que captura una imagen, sobre la que el software de inteligencia artificial reconoce el patrón. Si este se identifica como una mala hierba, recibe una dosis de herbicida, y si se reconoce como una planta de lechuga, tras calcular su tamaño y la distancia a las demás, si este es suficiente se le fertiliza y, en caso contrario, se le elimina. El sistema toma 5000 decisiones por minuto, y en una jornada trabaja de forma incansable sobre 16 hectáreas de terreno, con una precisión del 98%, ahorrando hasta el 90% de los insumos agroquímicos.

Una empresa con gran experiencia en inteligencia artificial es IBM, que creó Watson, el superordenador que es capaz de responder en lenguaje natural y resultó vencedor en el popular concurso Jeopardy!, en el que se pregunta sobre numerosos temas como historia, idiomas o literatura, y también desarrolló un sistema similar, especializado en medicina, con gran éxito e inmediatez. Sin embargo, otro sistema similar destinado a la agricultura no alcanzó, para su sorpresa, los resultados previstos. La causa fue la mayor variabilidad del entorno agrario. Una persona con gripe se comporta igual, más o menos, en todo el mundo y el tratamiento es similar, por el contrario, lo que se sabe del maíz en Estados Unidos no aplica para el caso australiano, con más horas de sol, menos humedad y una problemática completamente distinta. Además, está el impacto de las variables de entorno — como las climáticas— que son muy difíciles de predecir en la agricultura. La respuesta de IBM ha sido dejar de buscar respuestas universales y focalizarse en contextos locales como, por ejemplo, utilizar a Watson en la India para proteger a los cultivos frente a las plagas más habituales.

La inteligencia artificial se aplica en la agricultura para el desarrollo de sistemas automatizados de riego. El sistema recibe información sobre la humedad del suelo, la temperatura, la luz del sol, la velocidad del viento, las precipitaciones, la previsión meteorológica y la disponibilidad de agua y, sin intervención humana, toma decisiones detalladas sobre cuándo regar y cuánta agua aplicar, lo que reduce los costos de producción, aumenta los rendimientos y minimiza el impacto ambiental originado por el exceso de agua aplicada y la subsiguiente lixiviación agroquímica. Otras aplicaciones permiten monitorizar la salud de los cultivos, mediante técnicas de reconocimiento de patrones que automatizan el análisis de las imágenes hiperespectrales que genera el GIS, o con programas basados en aprendizaje automático analizan los datos que proporcionan los sensores y emiten automáticamente mensajes de advertencia a los agricultores cuando detectan un brote que puede derivar en una plaga. La inteligencia artificial también se utiliza en la industria agroalimentaria para clasificar y eliminar los frutos con taras.

En la ganadería se emplean sistemas expertos diseñados para prescribir las raciones de piensos y medicamentos que debe tomar el ganado en función de las condiciones de salud actuales. También ofrecen asesoramiento sobre la salud y las mejores prácticas ganaderas, replicando los sistemas expertos que ya funcionan en medicina. Otros sistemas expertos y de reconocimiento de patrones recomiendan los mejores compañeros para aparearse, con el objetivo de mejorar el potencial genético de la descendencia, usando la misma tecnología que las páginas de citas en Internet que buscan tu media naranja. La información que proporcionan los sensores de la granja es analizada por algoritmos de aprendizaje automático para regular variables climáticas como la temperatura y la humedad. Ya se habla de granjas inteligentes, verdaderos edificios completamente domotizados, con docenas de sensores que activan la calefacción, los ventiladores o los sistemas de refrigeración, limpian automáticamente el estiércol e incluso generan su propia electricidad a partir de los purines, disponen de iluminación inteligente, alimentan a cada animal con la ración justa que necesita, en función de su estado de desarrollo, y conducen al ganado a realizar las actividades de ordeño o pastoreo.

Usos

- Desarrollo de robots agrícolas que siembran, eliminan las malas hierbas y cosechan los frutos.
- Detección temprana de plagas y enfermedades de los cultivos.
- Desarrollo de sistemas inteligentes de riego automatizado.
- Análisis de imágenes para la monitorización de cultivos.
- Prescripción de las raciones de piensos y medicamentos para el ganado.
- Regulación de la temperatura y la humedad en granjas e invernaderos.

BENEFICIOS

La inteligencia artificial puede suplir la carencia de mano de obra en la agricultura, al realizar tareas monótonas y repetitivas con mayor precisión. Con ello aumenta la eficiencia y se reducen los costes de producción, a la par que se minimizan los impactos ambientales al emplear menos insumos.

2.3.7 *Los sistemas de ayuda a la toma de decisiones (DSS) y la inteligencia de negocios*

Los sistemas de ayuda a la toma de las decisiones o *decision support systems* (DSS) son aplicaciones informáticas que procesan datos, generan alternativas, las evalúan y ayudan a los gerentes a tomar decisiones de negocio. Entre sus principales características destaca su capacidad para analizar datos desde diferentes perspectivas, utilizar un conjunto de variables simultáneamente, realizar proyecciones de los datos para analizar tendencias, y elaborar predicciones. El DSS supone un paso más en la evolución de los sistemas integrados de gestión (ERP). El ERP tiene toda la información de la empresa y, por ejemplo, una empresa que exporta naranjas puede obtener fácilmente una tabla con las ventas realizadas a cada uno de sus clientes, dato que está en el módulo de contabilidad. También puede obtener informes con otros datos de los clientes, como el tamaño de la empresa, el sector, país, antigüedad o cualquier información que haya recogido el módulo de marketing del ERP. Si el agricultor quiere determinar el máximo límite de crédito que puede conceder a cada uno de los clientes, manteniendo el riesgo crediticio bajo control, deberá utilizar un DSS, que le ayudará a tomar decisiones como la de si seguir vendiendo a crédito a un cliente que acaba de hacer un pedido importante, pero que ya debe una cierta cantidad de dinero, rechazándolo o aceptándolo, pero asegurando el cobro con una póliza. Los DSS forman parte de un concepto más amplio, el de inteligencia de negocios o *business intelligence* (BI), que es el marco conceptual donde se integran aplicaciones, tecnologías y procesos que incluyen varios DSS y otras herramientas, como los cuadros de mando, que muestran de forma sinóptica los indicadores clave de gestión. Como la mayor parte de los programas informáticos, hoy en día un DSS puede ejecutarse en un ordenador personal, en una aplicación web o en un teléfono móvil.

Todas las empresas, independientemente del sector en el que operan, tienen problemas comunes y allí intervienen con éxito los DSS y BI. El área de ventas quiere conocer la evolución de los pedidos y realizar predicciones, segmentar a los clientes y detectar a aquellos que suponen la mayor parte de las ventas o actúan como embajadores, porque nos traen nuevos clientes. El área de producción quiere conocer más sobre nuestro portafolio de productos, cuáles son los mercados emergentes y realizar proyecciones, analizar los problemas de calidad y sus causas. En finanzas se estudian los gastos, se optimiza la tesorería, se realiza un seguimiento de los clientes morosos y se calculan indicadores financieros que señalan las dificultades y tensiones. En recursos humanos se estudia la rotación de empleados y el absentismo laboral y se decide dónde hay que mejorar la formación o a quién aumentar el sueldo. En todos estos aspectos los DSS ayudan en la toma de decisiones diarias y el uso de un BI puede conseguir ahorros importantes de costes, incrementos en las ventas y aumentos en la productividad de los empleados.

Pero, además, cada sector es diferente y existen DSS y BI específicos para la agricultura y la ganadería. A partir de la información introducida a mano por los agricultores, o automatizada mediante sensores, procedente de satélites o drones, el BI genera todo tipo de indicadores plasmados en cuadros de mando para el sector primario y los DSS ayudan en la toma de decisiones agrarias, como identificar los productos más adecuados para sembrar, el calendario preciso en que deben realizarse las labores, si la siembra directa es apropiada, cuándo desbrozar, qué fertilizantes son los más adecuados y qué dosis emplear, qué productos fitosanitarios aplicar o cuándo regar, con qué frecuencia, determinando la cantidad de agua que necesita el cultivo.

Un ejemplo de DSS específico para la agricultura son los programas informáticos que ayudan en la toma de decisiones sobre qué herbicida aplicar y qué dosis. No existe una respuesta única y cada cultivo y parcela precisa una solución distinta. En un entorno tradicional el agricultor decide sobre la base de su experiencia si tratar toda la parcela o solo donde hay rodales de maleza. Tratar toda la parcela exige tiempo y consumo de gasoil y herbicidas, o utilizar la grada de discos u otra herramienta. Si optamos por echar herbicida la decisión es la dosis, que podemos modular abriendo más o menos la boquilla. Un DSS tomará datos como el coste del herbicida, el tamaño del cultivo, el coste del gasoil y la mano de obra, estimará las pérdidas por no aplicar tratamiento —a partir de datos como el nombre de la mala hierba, la densidad de maleza y del cultivo y los rendimientos esperados en cada caso— y propondrá la mejor solución. También en la ganadería los DSS sirven en decisiones estructuradas, como asignar las raciones de comida adecuadas para cada animal, o no estructuradas, como el apareamiento, es decir, determinar aspectos como el momento adecuado y los ejemplares reproductores.

Los DSS más avanzados, como CROCUS, premiado en la edición 2017 de SIMA —el salón internacional de la ganadería y el equipamiento agrícola que se celebra en París— son herramientas de ayuda para la toma de decisiones que aúnan modelos agronómicos y meteorológicos, capturan la información de sensores inalámbricos, la analizan y generan informes que prevén el riesgo de desarrollo de plagas, calculan la probabilidad de precipitaciones y asesoran sobre las decisiones expuestas anteriormente.

Usos

- Mejorar las decisiones sobre prácticas agrícolas, como siembra, fertilización, tratamiento o riego.
- Monitorizar tendencias y ayudar a descubrir anomalías.
- Generar cuadros de mando con indicadores clave de gestión.
- Realizar el análisis de los datos, obtener gráficos y modelizar situaciones.

BENEFICIOS

El empleo en el sector primario de sistemas de ayuda a la toma de decisiones e inteligencia de negocios mejora el proceso de la toma de decisiones e incrementa el control de la empresa, identificando y monitorizando los indicadores clave de gestión. Al tomar mejores decisiones se reducen los costes de insumos como fertilizantes, fitosanitarios y los efectuados en las labores agrarias. Constituye el primer paso para automatizar los procesos de gestión.

2.4 Tecnologías para la actividad agrícola

En este apartado se tratan las tecnologías que ayudan al agricultor y ganadero a realizar las actividades agrícolas, como preparar la tierra, sembrar, regar, aplicar fertilizantes y productos fitosanitarios o cosechar. Concretamente se describirán la tecnología de Aplicación Variable de Insumos (VRT), las tecnologías que favorecen la automatización y robotización en la agricultura, el regadío de precisión, la ganadería de precisión, los vehículos autónomos para la agricultura y los sistemas de control de rodadas.

2.4.1 La tecnología de aplicación variable de insumos (VRT)

Un agricultor ha comprado tres campos que han tenido usos distintos, en el primero hubo alfalfa durante cinco años, otro ha tenido una explotación ganadera de vacuno y un tercero lleva varios años con maíz. Puede unirlos, sembrar lo mismo, realizar las mismas labores y aplicar el mismo fertilizante en toda la parcela, pero no debería. Los agricultores experimentados conocen su tierra y saben que en alguna zona de su parcela hay que echar más abono, porque de lo contrario rinde menos, o que si antes se ha sembrado alfalfa no se necesita aportar tanto nitrógeno. Seguramente la tierra estará más apelmazada donde haya habido ganado y movimiento de camiones. Sin embargo, más allá de estas aproximaciones heurísticas, la aplicación variable de insumos no resulta frecuente: “algunos, hace no más de 15 años, dispusieron su abonadora en la posición del dosificador adecuada para la aplicación de una dosis determinada y en esa posición la han mantenido” como afirma el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, en un trabajo sobre agricultura de precisión (IDAE 2010, p. 18). La tecnología de aplicación variable de insumos permite seleccionar los inputs necesarios y adecuados para el caso habitual en las parcelas agrícolas: la variabilidad intraparcularia. Hay situaciones en las que la aplicación variable de insumos resulta especialmente adecuada, como en zonas de la parcela que presentan carencias, por ejemplo, en nitrógeno, y precisan un mayor aporte de abono. También hay zonas en las que por más abono que se distribuya no va a aumentar el rendimiento, por lo que no merece la pena el gasto realizado. Argumentos similares justifican la aplicación variable de tratamientos fitosanitarios, de herbicidas, de la siembra o de las labores para preparar los suelos.

La gestión de cultivos atendiendo a la variabilidad interparcelaria o *Site-Specific Crop Management* (SSCM) pretende dar un tratamiento determinado a cada zona concreta de la parcela, y precisa de varias tecnologías para su desarrollo. En primer lugar, es necesario detectar la variabilidad intraparcularia, para lo que utilizan dispositivos como los sensores ya descritos, en combinación con las imágenes capturadas por satélites o drones. Otras tecnologías imprescindibles son el GPS, para geolocalizar los datos, y los SIG, que permiten analizar toda esta información para determinar con precisión la variabilidad de la parcela, la necesidad de aplicar de forma variable los insumos y el rendimiento esperado, obteniendo los oportunos mapas de rendimiento, de distribución de malezas, de salinidad, de extensión de enfermedades o de estrés hídrico, entre otros. Finalmente son necesarias máquinas para aplicar selectivamente los insumos, como fertilizantes y plaguicidas y tractores dotados de dispositivos mecatrónicos, que pueden ajustar sobre la marcha aspectos como la profundidad del laboreo. Es importante la integración de los diferentes mecanismos, por ejemplo, una vez creado el mapa de fertilización con el GIS, la abonadora puede leerlo, conectar con el GPS, y distribuir el producto según los datos recibidos.

Tomando una de las aplicaciones como ejemplo, pensemos en un agricultor que desea aplicar selectivamente los fertilizantes, fundamentalmente para ahorrar costes de adquisición de abonos. El agricultor sospecha que el suelo de algunas zonas de su parcela tiene una composición distinta y antiguamente, cuando el abonado se hacía manualmente con una talega, se trataba de echar mayor cantidad de abono, pero al mecanizar las explotaciones esto resultaba poco menos que inviable ya que exigiría parar la labor y abrir manualmente la tolva para que saliera mayor cantidad de producto. Las nuevas tecnologías pueden ayudar a recuperar esas prácticas tradicionales, pero con una precisión mucho mayor. En primer lugar, se necesita conocer las características químicas de la parcela, información que puede obtenerse fundamentalmente realizando muestreos del suelo y mediante sensores, pudiendo complementarse con las imágenes tomadas por el satélite o por drones. Cabe señalar, además, que son aproximadamente una docena los nutrientes los que precisan la mayoría de los cultivos. Los sensores son capaces de detectar la mayor parte de ellos, así como la salinidad, compactación, humedad o el pH. Los sensores ópticos también son importantes, porque el color caracteriza la heterogeneidad del suelo agrícola (IDAE, 2010) y porque pueden medir en tiempo real la cantidad de clorofila y de biomasa y así determinar las necesidades de nitrógeno. Toda esta información permite al GIS obtener los mapas de fertilización. Finalmente precisará una abonadora equipada con sistemas de control volumétricos o máscicos, y conexión directa al GPS para la distribución de abono de acuerdo con el mapa de fertilización.

Usos

- Dosificación en la aplicación de semillas.
- Laboreo selectivo modificando la profundidad y el alineamiento.
- Fertilización mediante abonadoras que permiten la dosificación variable.
- Aplicación de las dosis necesarias de productos fitosanitarios para el control de enfermedades y plagas.
- Aplicación selectiva de herbicidas.

BENEFICIOS

La tecnología de aplicación variable de insumos trata de maximizar la producción y minimizar los costos ahorrando insumos, como fertilizantes o productos fitosanitarios, sin disminuir el rendimiento. Al aplicar la cantidad justa de producto el impacto medioambiental se reduce.

2.4.2 La automatización y robotización en la agricultura

El desarrollo, en tan corto periodo de tiempo, de tantas y tan diversas tecnologías para la agricultura, provoca que generalmente se utilicen de forma aislada. Por ejemplo, suele suceder que los sensores generan valiosa información que el agricultor puede consultar con el móvil, pero el ERP —diseñado hace años para llevar la contabilidad de la explotación y atender los aspectos gerenciales— no tiene la capacidad de conectar con esos modernos dispositivos. O que el agricultor disponga de un GPS diferencial muy exacto, con un margen de error de centímetros, pero que el modelo adquirido solo permita el guiado visual del tractor, —es decir, que carezca de la función de autoguiado— que permite controlar la dirección y que facilita la agricultura de precisión. Como tendencia general, el futuro pasa por la integración de la información procedente de los distintos equipos y la automatización de las tareas que ahora se hacen manualmente. Es decir, se

trata de que se monitorice la explotación y de que se realicen sin intervención humana actividades como regar o fumigar. Un ejemplo sencillo puede ser el sensor de heladas que, en una plantación de árboles en flor, activa automáticamente el riego por aspersión cuando las temperaturas bajan a 2°C, de forma que las finas gotas rieguen la planta hasta que el hielo formado se haya fundido y el termómetro alcance los 0°C. Como ejemplo más futurista, un sensor puede detectar que algunos árboles del bosque están siendo afectados por procesionaria del pino y activar automáticamente la orden de enviar un dron equipado con el tratamiento necesario para solucionar el problema.

Para ello es necesario que la maquinaria agrícola utilice estándares, como la norma ISO 11783 (ISOBUS), que especifica la comunicación entre los dispositivos electrónicos utilizados en la maquinaria agrícola. La norma define desde los componentes físicos, como pantallas y conectores, hasta los detalles de desarrollo de los programas de control. Los principales fabricantes de maquinaria agrícola están apostando por la integración de información procedente de distintos mecanismos y por la automatización. Por ejemplo, las cosechadoras monitorizan sobre la marcha la carga de trabajo de corte, y disminuyen automáticamente la velocidad si detectan una elevada cantidad de producto, mejorando la eficiencia. Conectar tractores, sembradoras y cosechadoras entre sí y con aperos como abonadoras, fumigadoras y resto de instrumental agrario es relativamente sencillo porque todos son herramientas diseñadas para el campo. El problema surge cuando incorporamos dispositivos diferentes, que no proceden exclusivamente del ámbito agrícola. Ahí es fundamental la integración del software, tarea de la que se ocupan empresas del sector TIC especializadas en proporcionar servicios a la agricultura. Por ejemplo, una bodega quiere implementar un sistema para aplicar de forma selectiva el fertilizante en sus viñas. Parece sensato que sea un dron el que se encargue de capturar la información sobre la variabilidad del cultivo, se analice el suelo con los sensores colocados estratégicamente en la propiedad y el tractor, dotado de GPS y la abonadora que permite la dosificación variable haga el resto. Sin embargo, toda esa información está dispersa y debe diseñarse un software que capture los datos, los analice y envíe las instrucciones a las electroválvulas del vehículo para que abran y cierren, liberando la cantidad precisa de abono.

Mención aparte merecen los robots, sistemas electromecánicos que son conducidos por un software y ayudan o sustituyen a las personas en múltiples tareas. Los robots son compañeros habituales de trabajo en las fábricas manufactureras que producen bienes en masa, como los populares brazos robóticos de la industria del automóvil. En la agricultura el uso de los robots no está tan extendido, pero ya existen, como se vio, prototipos de robots dotados de visión artificial con capacidad para reconocer patrones y capacidad de actuar, que transitan por el campo detectando y eliminando las malas hierbas, con importantes ahorros en herbicidas. También hay robots que realizan la poda y el deshoje del tomate —laboriosa tarea, necesaria para obtener plantas equilibradas, mantener el cultivo aireado y posibilitar el ingreso de luz al interior—. El robot, que circula por unos railes, visualiza la tomatara e identifica los puntos por donde hay que cortar —las hojas por debajo del primer racimo y las hojas escondidas o parásitas— y realiza la poda con una tijera, de forma compensada y con rapidez. Aproximadamente se necesita un robot por hectárea, por lo que es viable económicamente. La empresa que comercializa este robot —la multinacional Priva—, está también trabajando en el diseño de robots para la cosecha de pepinos.

Los invernaderos han sido las primeras instalaciones agrícolas en acoger robots. Son relativamente conocidos los que recorren sus pasillos, monitorizando las condiciones de los cultivos y ordenando la ejecución de tareas como ventilar, irrigar o encender la calefacción. Otros, inspirados en los robots utilizados en logística, mueven cada mañana los pesados maceteros, y los devuelven a su sitio por la

noche. En los cultivos hidropónicos se da un paso más y los robots trasladan las lechugas conforme crecen, pasándolas a otra zona de cultivo. Numerosas máquinas realizan la recolección de verduras sin intervención humana, pero algunas adoptan la forma de robot y disponen de brazos articulados que realizan la tarea de recolección, por ejemplo, de fresas, manzanas o pimientos. Cabe destacar que a diferencia de sus hermanos mayores —en tamaño y en edad— del mundo del automóvil, estos robots no realizan siempre la misma tarea —como apretar un tornillo—, sino que están dotados de visión artificial para observar la escena, reconstruirla en 3D, extender el brazo y mediante una pinza articulada sujetar y tirar, por ejemplo, de un pimiento, uno cada seis segundos aproximadamente. La mayoría de estos robots son prototipos que están en fase de investigación o desarrollo por parte de Universidades o centros de investigación de empresas, esperando su oportunidad en el mercado. También en esta fase se encuentran los robots para polinizar plantas, impregnando de polen las flores que visitan. Algunos prototipos provocan una sonrisa escéptica, pero también lo hacían las primeras máquinas que vareaban los olivos o recolectaban la uva, y hoy en día se han consolidado donde se precisa cosechar extensas superficies con rapidez.

En la ganadería existen *farmbots*, que son robots que pastorean al ganado, lo alimentan si está estabulado o lo ordeñan. De hecho, el ordeño fue la primera aplicación notable de la robótica en el sector primario, teniendo en cuenta que existen máquinas para ordeñar desde el siglo XIX. Pero, durante todo el siglo XX, las máquinas necesitaron siempre de un operario para instalar las copas ordeñadoras y lavar los pezones, y solo desde hace unos pocos años existen verdaderos robots que realizan todo el proceso sin intervención humana. Los robots de ordeño de última generación detectan los problemas de salud de la vaca, así como el celo en su primera fase. Incluso en algunos prototipos, es la propia vaca la que aprende a poner en marcha el robot cuando necesita ser ordeñada. La alimentación está completamente automatizada, pudiendo servir raciones individuales a cada res. Los robots que pastorean, circulan entre los animales y los alejan de las zonas peligrosas están en fase inicial de comercialización y disponen de cámaras y sensores para detectar si algún animal está enfermo.

Usos

- Automatización de tareas que tradicionalmente se realizan de forma manual o con supervisión humana, como regar o fumigar.
- Robots en horticultura que eliminan malezas, podan las plantas y recolectan.
- Cosecha de frutos mediante brazos robotizados.
- Ordeño robotizado sin intervención ni supervisión humana.
- Alimentación automatizada de ganado estabulado.

BENEFICIOS

La automatización optimiza el uso de personal, energía e insumos agrarios. Se reduce el tiempo de procesamiento de información y hay menos errores, a causa de la menor intervención humana. Los robots realizan muchas tareas laboriosas con mayor precisión y velocidad, pudiendo realizar las tareas rutinarias, pesadas, repetitivas o peligrosas. Pueden programarse para realizar las tareas en el momento más adecuado, como recolectar los productos de madrugada. El empleo de robots reduce los costes de mano de obra, aumentando la productividad de las explotaciones. Palían la necesidad de mano de obra en actividades del mundo rural poco cualificadas y de baja remuneración. Surgen nuevos empleos más cualificados ligados a su mantenimiento y puesta a punto, manteniéndose los empleos que exijan mayor profesionalización.

2.4.3 El riego de precisión

El regadío en Aragón supone aproximadamente un 25% de las tierras labradas, pero genera el 74% de la producción agraria (Gobierno de Aragón, 2013). El total de tierras de cultivo en regadío supone 403.157 ha, destacando las 210.694 ha de cereales en grano, las 88.440 ha de cultivos forrajeros —fundamentalmente alfalfa— y las 7.146 de hortalizas (Mapama, 2016). El tradicional riego a manta, que consiste en inundar toda la superficie del campo y solo precisa abrir y cerrar las compuertas o tajaderas de canales y acequias, se está sustituyendo por prácticas que consumen menos agua, como el riego por pulsos, por aspersión y microaspersión, y por goteo aéreo o subterráneo. El riego de precisión trata de optimizar cada mililitro de agua disponible, distribuyéndolo en el momento y cantidad justa, dependiendo de las necesidades de cada cultivo y teniendo en cuenta factores como la calidad del suelo y la temperatura que, como varían dentro de cada parcela, hacen que las aplicaciones de agua también puedan variar. Para determinar el momento, la frecuencia y el tiempo de riego adecuado se aplican metodologías como la *time-temperature threshold* (TTT) o umbral de tiempo y temperatura, que tienen en cuenta los factores anteriores y se basan en estudios empíricos sobre el lapso de tiempo a partir del cual cada cultivo, a una determinada temperatura, padece estrés hídrico.

En el riego tradicional la toma de datos y el control es manual, la observación de cómo está el terreno de seco y el aspecto de las plantas tienen un papel importante y las decisiones sobre cuándo y cuánto regar se basan en la intuición. En contraste, las decisiones en el riego de precisión parten de la monitorización mediante sensores, y los datos obtenidos se organizan y almacenan, para ser posteriormente analizados y modelados adecuadamente (Perea et al 2017). El riego de precisión utiliza sensores de humedad del suelo o sondas, sin duda más precisos que la mera observación visual, ya que un terreno aparentemente húmedo puede estar seco profundizando apenas un par de centímetros. La información que generan las sondas debe analizarse meticulosamente, de forma que estén correctamente calibradas. Completarían los elementos básicos utilizados para el riego de precisión los sensores para medir la temperatura de las hojas, así como los emisores de riego —normalmente goteros autocompensantes y antidrenantes—, electroválvulas que permiten la automatización del riego, contadores inteligentes que permiten conocer las variaciones de caudal y el consumo de los sectores de riego, reguladores de presión mediante nanómetros, un programador de riego y una estación agroclimática. Finalmente, un software que permite optimizar la programación de riego para cada una de las zonas de la finca y cultivos, proporcionando la información a los agricultores a través de una aplicación, normalmente en la nube y accesible, por tanto, mediante el móvil u ordenador personal.

El riego de precisión es especialmente utilizado en viveros e invernaderos, donde los sensores miden la humedad del suelo y la temperatura y, cuando alcanza unos umbrales, el cultivo se riega automáticamente. También en el arbolado y no solo en zonas donde escasea el agua, ya que el control del riego permite regular el crecimiento de las plantas, someténdolas a déficit hídrico cuando proceda, puesto que el exceso de agua puede afectar negativamente a su crecimiento —un ejemplo lo tenemos en el arbolado de algunas ciudades, cuyo riego continuo y realizado con más frecuencia de lo necesario, provoca ejemplares con raíces poco profundas y débiles frente al viento—. Asimismo, los frutales, si tienen exceso de agua producen frutos grandes, pero con menos sabor y calidad.

Usos

- Riego en invernaderos y viveros.
- Riego en cultivos con alto valor añadido como viñas o frutales.
- Regulación del crecimiento de las plantas.

BENEFICIOS

El regadío de precisión permite reducir el consumo de agua. Aumenta la producción, porque los cultivos reciben el agua necesaria y en el momento adecuado. La menor superficie húmeda implica una menor presencia de maleza, disminuyendo el riesgo de plagas y enfermedades. Disminuye la lixiviación o pérdida de los fertilizantes y nutrientes por efecto del exceso de riego, consiguiendo reducciones en las aplicaciones de fertilizante y evitando su incorporación a las aguas subterráneas. Una instalación de riego eficiente implica un menor consumo de energía por los menores costes de bombeo y traslado del agua. Todo ello minimiza el impacto ambiental de la agricultura. Los sistemas de riego automatizado ahorran costes de personal y permiten regar en cualquier tipo de orografía.

2.4.4 La ganadería de precisión

James Harrington, uno de los padres de la mejora continua, decía que “la medición es el primer paso para el control y la mejora. Si no se puede medir algo, no se puede entender. Si no se entiende, no se puede controlar. Si no se puede controlar, no se puede mejorar”. La medición es también el primer paso de la ganadería de precisión, que utiliza las TIC para monitorizar en tiempo real la salud y movimientos de los animales, así como las circunstancias ambientales de la granja y del exterior, con el objetivo de optimizar la producción ganadera, mejorar la salud y el bienestar animal, disminuir el consumo energético y de insumos, y, con todo ello, el impacto ambiental.

La ganadería de precisión trata de hacer más fácil para los pastores el conocer a sus rebaños. Para ello el ganadero cuenta con sensores instalados directamente en los animales —normalmente en el collar o en la oreja—, en los edificios o en las máquinas de ordeño, que miden la temperatura y el peso, vigilan sus movimientos, la actividad, la rumia y el sonido, la producción lechera en su caso y el consumo alimentario, detectan problemas de salud y enfermedades específicas, saben si los animales están en celo y anticipan el momento del parto, enviando una señal al móvil de ganadero. Los sensores de posicionamiento global, que se instalan en el collar y envían datos georreferenciados de la posición del animal, permiten investigar los patrones de circulación y conocer los hábitos de los animales que pastan en el exterior, lo que mejora la toma de decisiones para el manejo de los pastos y del ganado. Los sensores situados en el exterior tratan de mejorar el bienestar animal y miden aspectos como la temperatura, humedad, gases —como CO₂— y la ventilación del aire. Otros dispositivos valoran la calidad del producto, como su composición, las características fisicoquímicas, la presencia de hormonas e incluso mediante ecografías o ultrasonografías se identifica el tipo de grasa de cobertura e intramuscular, responsable del sabor y la textura de la carne del animal. Existen sensores específicos para cada tipo de explotación, por ejemplo, en una granja avícola cuentan los huevos, detectan si alguno está roto o tiene una fisura, o si el color o forma es anormal.

Un área prometedora es la alimentación de precisión, que trata de proporcionar la alimentación adecuada para cada ejemplar —es decir, de forma individualizada— considerando la variabilidad que existe entre los animales de la granja. Por ejemplo, si se trata de una vaca lechera, se parte de una ración base que se ajusta según parámetros como el peso, la condición corporal o la producción de leche y su composición. Además de los sensores y el software para analizar los datos, es necesario contar con dispensadores de comida inteligentes. Normalmente, la alimentación es el mayor coste de la ganadería y, además, mientras los animales con déficit alimentario reducen su crecimiento, los sobrealimentados suponen un sobre coste que no se justifica. El empleo de dietas individualizadas reduce el coste total del pienso, pero el rendimiento se mantiene, disminuyendo las enfermedades de origen nutricional.

Otro de los objetivos de la ganadería de precisión es la mejora genética de las distintas razas, apoyando con sus datos a la biotecnología. Permite identificar los factores que pueden ser modificados genéticamente para obtener una mayor producción. Un ejemplo es el uso de sistemas electrónicos de identificación animal mediante radiofrecuencia, que ayudan a construir las matrices de genealogía necesarias para la evaluación genética de reproductores de las diferentes especies. Las TIC proporcionan datos objetivos del mérito genético de los distintos ejemplares y ayudan a desarrollar los esquemas de apareamiento óptimos.

Usos

- Detección precoz de problemas sanitarios en el ganado, análisis del peso y de la condición corporal.
- Detección de celos y determinación del momento óptimo de inseminación para conseguir los mejores índices reproductivos.
- Alerta temprana ante el parto y problemas en el ganado.
- Alimentación de precisión para proporcionar la alimentación adecuada a cada ejemplar.
- Planificación de la compra de insumos como forrajes y piensos.
- Captura de información para la mejora genética.

BENEFICIOS

Aumenta la productividad y se producen ejemplares más sanos y de mayor calidad. El uso de dietas individualizadas diariamente reduce el coste total del pienso, manteniendo el rendimiento y la composición de la canal. Gracias a la ganadería de precisión la ganadería se vuelve más previsible, pudiendo conocer los kilos de carne o litros de leche que se obtendrán en cada fecha, lo que permite realizar previsiones financieras más ajustadas y proyectos de inversión realistas.

2.4.5 *Los sistemas de control de rodadas*

El peso de la maquinaria, ejerciendo presión en los mismos puntos de la superficie, favorece la compactación del suelo, que se va degradando. La compactación reduce la porosidad y aireación, lo que afecta a la oxigenación y disminuye la actividad de las raíces, que absorben menos agua y nutrientes. La compactación también aumenta la resistencia mecánica del suelo, lo que restringe las posibilidades de crecimiento de las raíces produciendo un menor desarrollo de la planta. Ambos factores provocan una menor producción. Para evitar la compactación del suelo se han planteado diversas estrategias y tecnologías. Tradicionalmente se suele utilizar un arado subsolador para preparar la tierra, que es capaz de romper la capa

compactada, pero esta es una labor costosa, que hay que repetir con frecuencia y que a largo plazo tiene efectos negativos. La propia FAO afirma que el subsolado para romper la compactación no debería ser considerado como una actividad periódica sino como una excepción². Otra opción es utilizar vehículos en forma de puente o *gantry vehicles*, pero no son habituales en España, salvo en alguna viña. También se pueden utilizar tractores más pequeños, siempre que no sea estrictamente necesario el empleo de tractores más pesados. Los sistemas de laboreo de conservación, como los de siembra directa también ayudan. El empleo de plantas que regeneran el suelo de forma natural, como la alfalfa es también muy recomendable, así como el barbecho.

Una prueba de que la compactación de la tierra preocupa a los agricultores es que las dos medallas de oro a la innovación en la edición 2017 del Salón internacional de la ganadería y el equipamiento agrícola (SIMA) que, como ya se dijo, se celebra en París, hayan sido para sendos sistemas que regulan la presión del neumático. El primero lo hace en función de la carga real, para lo que dispone de sensores que miden la deformación, la presión y la temperatura. El segundo se basa en un neumático que se adapta a las circunstancias, si el tractor conduce por carretera sube la presión de forma que solo la parte central de la banda de rodadura está en contacto con el suelo, lo que garantiza el rodamiento continuo sin vibraciones y proporciona un mayor confort en la conducción, si el tractor está en el campo baja la presión aumentando la superficie de contacto para reducir la compactación del suelo.

Otra opción son los sistemas de control de rodada, que utilizan tecnologías como el GPS (IDEA, 2010). La idea es que todos los vehículos agrícolas que trabajen la finca discurren siempre por las mismas huellas. Se tienen así dos áreas de manejo, las líneas de rodada por donde pasan los vehículos agrícolas, que se benefician de una superficie altamente compactada y las zonas de cultivo, que se benefician de un suelo no compactado. Para lograrlo es imprescindible contar con un sistema de navegación por satélite. Las señales de los satélites GPS no son suficientemente precisas para el control de rodadas y se corrigen mediante estaciones en tierra, que utilizan la ya mencionada tecnología RTK (*Real Time Kinematic*), la cual garantiza que los vehículos pasan exactamente por el mismo camino. Para determinar la ruta óptima por donde deben circular los vehículos agrícolas se puede utilizar un software de planificación de rutas diseñado para minimizar el impacto del tráfico.

Usos

- Evitar la labor de subsolado de la tierra
- Preparar el terreno para la siembra en condiciones óptimas

BENEFICIOS

El empleo de los sistemas de control de rodadas mejora la porosidad y aireación de la tierra y disminuye la resistencia mecánica del suelo, favoreciendo el desarrollo de las raíces y el crecimiento de la planta. Aumenta el rendimiento de las explotaciones, reduce los costes de combustible, de producción y de maquinaria y disminuye los tiempos de trabajo.

² FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura <http://www.fao.org/aq/ca/es/3e.html>

2.4.6 Vehículos autónomos para la agricultura

Los principales fabricantes de automóviles, las empresas de tecnología e incluso los líderes de Internet tienen proyectos en marcha para lograr automóviles sin conductor (*Autonomous Concept Vehicle*, ACV). La llamada curva de Gartner o ciclo de sobreexpectación muestra que muchas tecnologías se caracterizan por pasar de una fase de lanzamiento en las que apenas son conocidas a un entusiasmo sobredimensionado, con gran interés y presencia en los medios, etapa a la que sigue la de decepción, porque no se cumplen las expectativas. Finalmente, la tecnología llega a la meseta de la productividad, lo que sucede cuando sus beneficios están ampliamente demostrados y aceptados. De acuerdo con la curva de Gartner más reciente —correspondiente al año 2017— los vehículos autónomos están en el pico de expectativas sobredimensionadas y, aunque todo el mundo habla de ellos, se estima que su consolidación no llegará hasta dentro de 10 años³. Sin embargo, en la agricultura ya se utilizan desde hace años tractores autónomos. Basta consultar el catálogo de cualquiera de los grandes fabricantes de maquinaria agrícola, como John Deere, New Holland o CaseIH, para ver que se comercializan tractores que trabajan sin conductor o sistemas de autoguiado, que pueden adquirirse incluso en forma de sencillos *kits*, que se componen de una antena, una tableta y el sistema que actúa sobre la dirección del tractor.

Por tanto, en una primera aproximación, no se trata de tractores que conducen solos por la carretera, por la que circulan con conductor, sino que operan de forma autónoma en determinadas labores en el campo, realizando en las explotaciones tareas específicas guiados a distancia o autoguiados mediante un GPS. La tecnología más habitual es el autoguiado mediante GPS, que sustituye al anterior sistema mediante laser que, a su vez, reemplazaba a los tradicionales mojones o señales que ayudan al agricultor a seguir una línea recta. El tractor se limita a seguir la ruta marcada en un mapa electrónico, tarea que ejecuta durante horas, de día y de noche, y con mayor precisión que un tractorista profesional. Las señales de los satélites se corrigen mediante estaciones en tierra, que utilizan tecnología RTK. Muchos de estos tractores se controlan desde un ordenador o una tableta, de forma que, mientras el tractor avanza, el agricultor supervisa que las dosis de fertilizante sean las adecuadas, corrige parámetros sobre la marcha o soluciona dudas, como, por ejemplo, cuando aparece una paca de paja y el tractor se detiene a la espera de instrucciones.

En otras ocasiones se trata de vehículos que tienen autonomía supervisada, y están dotados de un sistema *follow-me* mediante el cual un vehículo con conductor —como puede ser una cosechadora— envía información sobre su dirección y velocidad a otro vehículo autónomo que le sigue —en este caso, un tractor con un remolque, que va cargando lo cosechado—. Nótese que es un ejemplo de comunicación V2V (vehículo a vehículo), un caso particular del intercambio de información M2M (máquina a máquina), concepto clave en el Internet de las cosas (IoT), pero que previsiblemente no se implantará masivamente en los coches autónomos hasta dentro de bastantes años.

Una tendencia creciente es el desarrollo de tractores autónomos de tamaño pequeño. Goldman Sachs (2016) predice que esta tecnología tendrá un volumen de negocio similar al que logrará el riego de precisión o la aplicación variable de fertilizantes. Un tractor grande puede pesar 10 toneladas —siendo el record 43— y es capaz de realizar mucha labor, ahorrando tiempo. Sin embargo, puede que sea mejor tener a varios tractores autónomos de pequeño tamaño realizando una tarea

³Curva de Gartner, <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>

simultáneamente. Una ventaja es que se disminuye la compactación de la tierra. Otras son que el coste de estos tractores es menor y que, al tener varios equipos, se minimiza el impacto negativo de una avería. Por tanto, diversificar aumenta la tolerancia a fallos. Además, son tractores más maniobrables, precisos y seguros, tanto para las personas como para los cultivos. En muchas labores, como en viñas, son los únicos que pueden operar.

Finalmente, cabe señalar que existen también tractores sin cabina, completamente autónomos, dotados de cámaras de visión artificial, sonar y sensores LIDAR (*Laser Imaging Detection and Ranging*), y que funcionan exactamente igual que los vehículos autónomos de Google o Tesla, siendo capaces de reconocer patrones y, por ejemplo, detenerse si otro vehículo o persona cruza por delante o encontrar por sí solos el camino al trabajo.

Usos

- Realizar de forma autónoma las tareas realizadas por los tractores como arar la tierra, fertilizar o aplicar tratamientos fitosanitarios, y por otros vehículos agrícolas, como cosechadoras, sembradoras o podadoras
- Utilizar flotas de tractores de pequeño tamaño autónomos, con usos especializados, como vendimiadoras.

BENEFICIOS

La agricultura con vehículos autónomos libera al agricultor de la realización de tareas repetitivas, pudiendo así dedicarse a actividades de mayor valor añadido, lo que conlleva una mejora sustancial de las condiciones de trabajo. Al disminuir la superposición de las pasadas que un tractor realiza en el suelo de una finca, se ahorran insumos como combustible y neumáticos, reduciendo el mantenimiento. El tractor autoguiado no deja ninguna zona sin labrar, sembrar o sin realizar el resto de labores, favoreciendo la agricultura de precisión, lo que supone obtener mayores rendimientos y minimizar los costes. El tractor trabaja día y noche, los siete días de la semana, lo que permite aprovechar al máximo los periodos óptimos en los que se pueden realizar las labores del campo.

2.5 Tecnologías relacionadas con las comunicaciones

En este apartado se describen algunas tecnologías basadas en las comunicaciones y que afectan a la manera en que trabajan y se relacionan los agricultores y ganaderos. En concreto se identifican algunas de las aplicaciones para teléfonos móviles con más impacto y se aborda el estudio de las redes sociales para la agricultura. También se exponen las principales oportunidades que supone el comercio electrónico para el sector primario, en sus modalidades B2B y B2C. Finalmente se tratan algunas de las aplicaciones de la economía colaborativa en la agricultura.

2.5.1 Movilidad y comunicaciones

El teléfono móvil es la tecnología con mayor penetración en los hogares aragoneses. De acuerdo con la encuesta del INE sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares, correspondiente al año 2016, un 98,3% de las viviendas de los aragoneses dispone de móvil. En España, el

principal tipo de conexión a Internet por banda ancha es, desde el año 2014, la conexión móvil a través de un teléfono móvil —67,2% de los hogares—, por delante del ADSL —66,2%—. En el año 2016, el porcentaje de conexión a Internet mediante móvil había ascendido al 80,1%, mientras que el ADSL había descendido al 48,3%. Asimismo, los principales equipos utilizados para conectarse a Internet en los hogares son los dispositivos móviles, por delante del ordenador portátil y del ordenador de sobremesa. Por el contrario, según la Encuesta de uso de tecnologías de la información y las comunicaciones y comercio electrónico en las empresas, del año 2016, en la empresa predomina el acceso a Internet a través de banda ancha fija, con el 98,30% del conjunto de las empresas aragonesas y, dentro de estas, el 77,60% de las del sector primario. El acceso a través de móvil se utiliza en el 54,1% de las empresas aragonesas, siendo el porcentaje algo inferior en las empresas del sector primario, un 50,6%. La mayor diferencia se observa en la conectividad mediante redes de cable y fibra óptica, utilizada por el 26,5% de las empresas aragonesas y solo por el 9,70% en el sector primario. Lógicamente, será difícil que una granja o una explotación agraria cuenten con fibra óptica, por lo que el móvil parece que habrá de ser la tecnología básica que permita la transformación digital del sector primario.

En la navegación mediante móvil existen páginas web que se adaptan al formato del navegador —*responsives*, según la terminología técnica— y en la pantalla del dispositivo se reestructuran los elementos de la página para optimizar el uso del espacio disponible y ofrecer un buen aspecto visual. Pero también existen las aplicaciones móviles o *apps*, que son programas específicamente desarrollados para el teléfono móvil y que se descargan e instalan en el mismo. Cada vez es más frecuente que un agricultor vaya con su móvil por el campo, anotando datos y tomando fotografías mediante alguna *app* agrícola. La información se envía a un servicio en la nube, donde es analizada en tiempo real y el agricultor recibe recomendaciones. Al estar programadas para móviles, tienen la ventaja de un acceso más rápido y sencillo a la información, y permiten desarrollar funcionalidades para realizar tareas específicas. Hay *apps* para casi cualquier cosa, como reservar habitaciones de hotel, comprar o vender productos de segunda mano, jugar, leer los periódicos o participar en las redes sociales. El agricultor puede, además, utilizar *apps* para conocer el estado del tiempo y su pronóstico, necesario para planificar las actividades agrarias, y otras *apps* que forman e informan sobre las tareas agrícolas o sobre la maquinaria agrícola y su correcto mantenimiento. Entre estas, existen *apps* que realizan cálculos como las dosis necesarias de los diferentes tratamientos; aplicaciones móviles de gestión que permiten llevar un control presupuestario riguroso, anotando los consumos de gasoil o cualquier otro gasto de la explotación; aplicaciones que determinan cual es la fertilización correcta para cada cultivo y suelo; otras que optimizan los riegos; y, todas ellas pueden conectarse a los distintos dispositivos que se han visto, como válvulas y tajaderas automáticas, sensores, drones, GPS o a otras aplicaciones y sistemas, como el ERP.

Uno de los primeros pasos de la agricultura de precisión es tomar muestras del suelo con la finalidad de determinar los nutrientes necesarios. Para ello se extrae tierra de varias zonas, de modo que se tenga en cuenta la variabilidad de la parcela, tarea que *apps* como Muestra de Suelo ayudan a realizar. Basta con fotografiar una maleza y una *app* como ID Malezas o Weedsout se encarga de identificarla, información que otras *apps* como aGROSLab utilizan para generar y documentar el tratamiento fitosanitario adecuado para su eliminación, además de cumplir los requisitos legales del cuaderno de explotación. Otras aplicaciones de gestión para la agricultura geoposicionan la parcela con el GPS y con la información del catastro, permiten registrar los fertilizantes aplicados, las entregas de producto en la cooperativa, las horas que han trabajado los jornaleros, calculan las dosis de herbicida y obtienen informes sobre rendimientos. *Apps* como Agro Mide Mapas o

Agri Precision permiten tomar medidas exactas de los campos, cultivos o zonas forestales y calculan el área. iHuerting orienta a los hortelanos sobre las prácticas a seguir para cada cultivo. Commodity Spy o Syngenta Agro informan de los precios que, en el mercado de granos, alcanzan *commodities* como el trigo o el maíz, permitiendo configurar alertas o visualizar gráficos.

En cuanto a la ganadería existen numerosas *apps* que ayudan a la gestión de cualquier explotación. Por ejemplo, ingresando manualmente el código del animal o escaneado un código QR ubicado en la oreja del animal, permiten crear un historial detallado para realizar un seguimiento minucioso de cada uno de los animales. Registran el nacimiento, los resultados de los chequeos ginecológicos y las visitas del veterinario, los partos, la producción de leche en su caso, realizan el control de los pastos y con todo ello generan informes sobre la producción y rendimiento del ganado. Otras *apps* ayudan a preparar mezclas de piensos determinando los valores óptimos de calorías, proteínas, fibra y resto de nutrientes necesarios para cada animal. Algunas aplicaciones ayudan al ganadero o al veterinario a realizar el diagnóstico preciso de las enfermedades de los animales, así como el tratamiento adecuado. Otras ayudan al productor a identificar el momento exacto en el que la vaca está en celo, para comenzar el proceso de reproducción. También hay *apps* que informan de los precios alcanzados en las subastas de ganado.

Finalmente, cabe destacar que muchas administraciones públicas desarrollan *apps* de ayuda a los agricultores. Por ejemplo, SiAR del Ministerio de Agricultura permite la gestión de los riegos, mediante el cálculo de las necesidades hídricas de más de cien cultivos distintos, y, si se suministran datos concretos de la parcela, como su ubicación, fecha de siembra y tipo de suelo, calcula la evapotranspiración a partir de los datos de la estación de seguimiento más cercana a la parcela y proporciona con precisión las dosis de riego del cultivo. El Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón y el Instituto Pirenaico de Ecología han desarrollado una aplicación móvil para realizar el seguimiento de especies y hábitats de interés comunitario con el objetivo de detectar cambios y analizar tendencias en las áreas de ocupación, así como cambios en la estructura y diversidad contenida en algunos hábitats. Cualquier ciudadano puede colaborar introduciendo datos, especialmente los agricultores y ganaderos del Pirineo.

Usos

- Acceso a Internet y utilización de todos sus recursos desde cualquier finca o explotación ganadera.
- Acceso a servicios de computación en la nube.
- Aplicaciones para móvil sobre pronóstico del tiempo, precios de productos, formación e información sobre temas de interés para el agricultor.
- Aplicaciones para registrar tratamientos fitosanitarios y elaborar el cuaderno de explotación.
- Aplicaciones de gestión para llevar el control financiero.
- Apoyo a la gestión ganadera mediante *apps* que realizan un seguimiento minucioso de cada uno de los animales.

BENEFICIOS

El móvil es la forma natural de acceder a Internet para los agricultores y ganaderos, por las dificultades que supone utilizar ordenadores de sobremesa e incluso cargar con un portátil. Los móviles permiten acceder a Internet y consultar las previsiones del tiempo, noticias o información de interés para el agricultor, así como utilizar recursos de computación en la nube. Las *apps* permiten ejecutar programas desarrollados para su uso en móviles y que ayudan a gestionar las explotaciones agrícolas y ganaderas.

2.5.2 Las redes sociales para la agricultura

En la evolución de Internet suelen distinguirse varias etapas. Al principio, en la llamada web 1.0, las páginas eran estáticas. Después, en la web 1.5, se introdujo el concepto de bases de datos dinámicas que, en los negocios electrónicos, se materializó en el desarrollo del software para tiendas virtuales. La web 2.0 aportó la idea de colaboración: los propios usuarios comentan sobre los productos, evalúan la calidad de los hoteles y dan su opinión en blogs. La web 3.0 alude a la denominada web semántica, que dota de significado al contenido de la web, gracias al empleo de metadatos y otros elementos. Las redes sociales forman parte de la web 2.0 y son sitios que construyen círculos de amigos y conocidos en línea. Algunas redes, como Facebook, son generalistas y otras son más específicas estando orientadas, por ejemplo, al empleo como LinkedIn, o a reunir a los jóvenes, como Snapchat, a distribuir fotografías, como Instagram, o videos, como YouTube. También hay redes que unen a grupos de personas con afinidades similares, como las redes sociales para la agricultura. La aplicación en las empresas de las herramientas propias de la web 2.0 ha dado lugar a la aparición del término empresa 2.0, para distinguir a aquellas empresas que utilizan de forma activa las redes sociales dentro de su estrategia de negocios, como forma de relacionarse con los clientes, así como con otras empresas, empleados, accionistas, proveedores y la sociedad en general. Las empresas 2.0 fomentan el uso de herramientas de la web social tanto en las diferentes unidades operativas de la empresa, como para relacionarse con los grupos de interés o *stakeholders*.

De acuerdo con los datos del INE, el 39,43% de las empresas aragonesas con 10 o más asalariados y que tienen acceso a Internet, utilizan medios sociales, porcentaje que baja al 28,46% en las empresas con menos de 10 asalariados. Pero hay muchas diferencias entre los sectores. Si en el turismo el porcentaje de empresas aragonesas con acceso a Internet que utiliza medios sociales es el 63,10%, ese porcentaje baja al 30,70% en el sector servicios, al 25,30% en la industria, al 21,10% en la construcción y al 13,50% en la agricultura. Entre los medios sociales más utilizados destacan las redes sociales, utilizadas por el 94,60% de las empresas que utilizan medios sociales, seguidas de los medios que comparten contenido multimedia, con un 29,40%, los blogs, con un 21,70%, y las herramientas para compartir conocimiento —basadas en wiki y cuyas páginas pueden ser editadas por múltiples voluntarios—, con un 7,80%. Los porcentajes anteriores corresponden al total de empresas de Aragón, ya que el tamaño de la submuestra del sector primario no es suficiente para proporcionar estimaciones fiables.

Twitter es una red social que permite enviar mensajes de texto plano con un máximo de 140 caracteres —los *tweets*— que se muestran en la página principal del usuario. Las empresas utilizan Twitter para conectarse con sus clientes, actuales y potenciales, y para construir su imagen de marca. Se ha convertido en un excelente canal para escuchar a los clientes, sus quejas, sugerencias y agradecimientos. Permite realizar promociones puntuales de nuestros productos. Uno de los ejemplos más conocidos de buen uso de las redes sociales en la agricultura es la comercialización de cebollas de Fuentes de Ebro con denominación de origen, que utiliza activamente Twitter, para dar a conocer su producto, vender por Internet y fidelizar a su clientela. Ideas simples como su concurso semanal de adivinanzas —con el *hashtag* #encebollados— entretienen a los clientes y ayudan a crear comunidad.

En cuanto a redes sociales específicas para la agricultura en nuestro país destaca Chil.org, plataforma digital de conocimiento alimentario, medioambiental, agrario, ganadero y rural, en toda su cadena de valor, desde el pequeño agricultor hasta el investigador, que se ha convertido en el portal de comunicación más utilizado del sector primario. Creada por la cátedra Pascual Carrión de la Universidad Politécnica de Madrid, cuenta con el apoyo del Ministerio de Agricultura. Chil.org es un portal de contenidos agroalimentarios que permite alojar blogs, consultoría técnica y aplicaciones móviles profesionales. Las posibilidades formativas son inmensas. Supongamos, a modo de ejemplo, que un agricultor emprendedor se está planteando cultivar pistachos, porque ha leído algo de información sobre el particular. La comunidad de pistacheros alojada en el subportal pistacho.chil.org tiene foros, videos y cientos de documentos estructurados en categorías que tratan sobre el cultivo del pistacho, las plagas, enfermedades y otros problemas no infecciosos, eventos, viverismo, injertos, poda, cultivo ecológico, maquinaria, comercialización, subvenciones y ayudas, entre otros. Son 318 usuarios registrados, que plantean debates, aportan soluciones y comparten conocimiento sobre el cultivo del pistacho, lo que hace que sea una de las mejores fuentes de información para nuestro emprendedor.

Usos

- Conocimiento de las novedades del sector agrícola, intercambiando experiencias con otros agricultores.
- Establecimiento de nuevos contactos profesionales y recuperación de contactos perdidos.
- Difusión de las actividades y novedades de la empresa, y de los productos y servicios que ofrece.
- Captación de nuevos clientes y canal para la comunicación con clientes, proveedores, etc.
- Búsqueda de nuevos proveedores y socios potenciales.
- Identificación de oportunidades de negocio y apoyo para la internacionalización de la empresa.
- Realización de procesos de selección de personal.

BENEFICIOS

Las redes sociales permiten la comunicación directa con otros agricultores y ganaderos y con los clientes y proveedores, pudiendo conocer su opinión directa y aumentando las posibilidades de fidelización. Aumentan la visibilidad de los productos agrícolas o ganaderos, siendo un escaparate de los mismos a un coste muy económico, ayudando a mejorar la imagen de la marca de la empresa.

2.5.3 Comercio electrónico B2B y B2C

Podemos definir el comercio electrónico como cualquier forma de transacción comercial —no sólo comprar y vender— en la que las partes interactúan electrónicamente en lugar de por intercambio postal o contacto físico directo. Según los agentes que intervengan en la relación comercial podemos distinguir varias modalidades, siendo las más conocidas el B2C (*Business to Consumer*), que consiste en la venta de productos finales a un consumidor mediante una tienda virtual, y el B2B (*Business to Business*) que identifica al comercio entre dos empresas, que se registran en plataformas online en las que pueden comprar y

venden sus productos a otras empresas. En el ámbito del estudio, la primera modalidad (B2C) se corresponde con agricultores que han puesto en marcha una tienda virtual y venden sus productos a los consumidores finales, siendo bien conocidos los casos de agricultores que comercializan sus productos en Internet, sin intermediarios, con eslóganes del tipo “desde el campo a su mesa”. En el otro sentido, los agricultores y ganaderos pueden comprar insumos en tiendas virtuales en Internet ahorrando en intermediarios, en desplazamientos y con la posibilidad de obtener para su negocio productos de cualquier lugar del mundo. Gracias al comercio electrónico el consumidor puede buscar un producto, informarse sobre sus características, comparar precios y calidades, comprarlo con comodidad y seguridad y recibirlo en un breve plazo.

El comercio electrónico no para de crecer y, dentro de este, las ventas de alimentación son las que mayor crecimiento han experimentado en España. De acuerdo con los datos más recientes de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), en el año 2016 la facturación del comercio electrónico superó en España los 24 mil millones de euros, un 20,8% más que en 2015⁴. Pocos sectores pueden presumir de haber crecido los últimos años —incluyendo los peores años de la crisis— con cifras de dos dígitos. Los sectores de actividad con mayores ingresos son las agencias de viajes y operadores turísticos, que suponen el 10,7% de la facturación total; el transporte aéreo, con el 9,3%, y las prendas de vestir, con el 7,2%. Hipermercados, supermercados y tiendas de alimentación ocupan la novena posición y suponen actualmente el 3,7% del volumen de ventas. Pero, es una de las actividades que más crece ya que, además de los supermercados electrónicos, las grandes cadenas de hipermercados y supermercados están ofreciendo a sus clientes la posibilidad de hacer la compra online. Por volumen de negocio, esta categoría facturó 80,6 millones de euros en el primer trimestre de 2016, frente a los de 49 millones registrados en el mismo periodo de 2015, lo que supone un incremento de un 64,6% interanual. El gasto medio por transacción de comercio electrónico en hipermercados, supermercados y tiendas de alimentación, entre el primer trimestre de 2015 y el primero de 2016, se ha situado en torno a los 100 euros. La mala noticia es que el 46,6% de las ventas son realizadas por webs de comercio electrónico de fuera de España, el 13% son exportaciones y solo el 40,4% restante es comercio local, lo que se traduce en un déficit de 2241,2 millones de euros. Si consideramos el número de transacciones, el 42% de las compraventas se registran en webs españolas y el 58% en webs del extranjero.

En cuanto al B2B, fracasaron numerosos proyectos hasta que Jack Ma, fundador de Alibaba, dio con la clave: conectar proveedores de China con empresas occidentales y creó el que hoy en día es el mayor portal de comercio electrónico del mundo y cuyas ventas superan la suma de Amazon y eBay. Alibaba tiene una sección dedicada a la agricultura, en la que es posible encontrar productores aragoneses que comercializan en todo el mundo olivas del Bajo Aragón, arroces de las Cinco Villas y, por supuesto, vino de nuestras denominaciones de origen. A la sombra de Alibaba y Amazon, otras plataformas B2B operan en nichos de mercado especializados, como Freshdeal, que une a varios miles de productores de frutas y hortalizas, tanto mayoristas, como minoristas y *traders*. En estas plataformas B2B el comprador o el vendedor se dan de alta para ofertar sus productos o conocer en tiempo real la oferta de los productores y se realizan las operaciones en apenas unos minutos, de forma transparente y sin intermediarios.

⁴ Portal de datos de CNMC, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, <http://data.cnmc.es/datagraph/>

Otra modalidad de comercio electrónico es el C2C (*Consumer to Consumer*), que consiste en páginas web de subastas en las que usuarios venden productos y que son muy populares entre los agricultores para comprar y vender maquinaria de segunda mano. En el C2B (*Consumer to Business*) se crean centrales de compras en las que los consumidores se agrupan para tener más fuerza y hacer pedidos a empresas, replicando lo que sería una cooperativa agraria pero con las posibilidades que ofrece Internet para realizar compras conjuntas. Por ejemplo, los agricultores pueden unirse para comprar más barato gasoil, fertilizantes o cualquier producto, como posibilita en su web la Asociación Agraria Jóvenes Agricultores (ASAJA). También los productores pueden comercializar grandes cantidades de productos por este medio, ofreciendo sus productos en páginas web y portales de compras conjuntas como, por ejemplo, nosjuntamos.com donde los agricultores y ganaderos ofrecen productos del campo como aceite de oliva o jamones.

También existen variantes más sofisticadas, que superponen varios modelos, como el B2B2C, que permite al agricultor vender sus productos a otra empresa, que aporta un valor añadido y los comercializa a los consumidores finales. Para un agricultor no es sencillo mantener una tienda virtual, no solo por la complejidad de instalar y mantener el software, sino por la dificultad de posicionar la tienda en buscadores, poner en marcha estrategias de marketing online y cuidar otros aspectos, como la seguridad informática o los medios de pago. Los productores pueden optar por comercializar sus productos a través de portales como mumumio.com, en los que el consumidor puede comprar directamente al productor. Mumumio se ocupa de organizar la oferta en un atractivo portal y realiza las actividades de marketing en Internet. Otro ejemplo es Amazon Fresh, que comercializa productos frescos en Estados Unidos y algunos países europeos, en algunos casos directamente del agricultor. Es pronto para saber cuál será su evolución porque de momento no opera en España, pero su puesta en marcha puede suponer una oportunidad para los agricultores. De momento, algunas de las tendencias que se han documentado en Estados Unidos han sido el incremento en el consumo de orgánicos, cuya oferta estaba muy limitada y al estar ahora a un clic ha aumentado su consumo, y también es notable el aumento de la transparencia, porque el tipo de cliente que compra online está acostumbrado a conocer todo sobre los productos que adquiere, incluyendo valoraciones y comentarios de otros usuarios. Los productores tendrán que suministrar productos frescos y de calidad contrastada de forma regular para triunfar en este canal. La consultora Rabobank estima que la cuota de mercado de compras en línea de comestibles alcanzará el 25% del total en el año 2030⁵.

Usos

- Venta directa de los productos agrarios a los consumidores finales en tiendas virtuales B2C.
- Compra de insumos para el sector primario.
- Participación en *marketplaces* B2B en los que vender a distribuidores y a otras empresas.
- Participación en centrales de compra C2B, tanto para adquirir insumos a mejor precio como para comercializar productos.
- Participación en portales B2B2C para vender por Internet sin gestionar una tienda virtual propia.

⁵ <http://rabobank-food-agribusiness-research.pr.co/106344-rabobank-report-wanted-e-daptable-fresh-produce-suppliers>

BENEFICIOS

Gracias al comercio electrónico el agricultor puede vender directamente a los particulares, aumentando los ingresos y márgenes sin depender de intermediarios. El comercio electrónico es una forma de exportar y de internacionalizar la explotación que tiene menos requisitos que establecer una filial comercial, llegar a acuerdos con agentes u otras modalidades. El consumidor puede comprar directamente a los productores con comodidad y seguridad, informándose sobre las características de producto y comparando precios y calidades.

2.5.4 Aplicaciones de economía colaborativa en agricultura

Suele definirse a la economía colaborativa como aquella actividad económica que utiliza las TIC para proporcionar a los particulares, empresas y organizaciones información que permita optimizar la utilización de los recursos ociosos mediante la redistribución de los excesos de capacidad. Supone la extensión de las redes P2P o “persona a persona” —base de los populares sitios de intercambio de música o videos— a la economía. Puede haber economía colaborativa sin tecnología, porque un agricultor puede dejar a su vecino una herramienta que no usa, pero son las TIC las que facilitan el intercambio de información que permite aprovechar los recursos ociosos y, por tanto, son la causa del desarrollo imparable de la economía colaborativa, que se produce a través de plataformas electrónicas diseñadas para canalizar los intercambios.

Hay ya numerosos ejemplos de empresas cuyo modelo de negocio se basa en la economía colaborativa. En el portal airbnb.com, que ha revolucionado el sector turístico tradicional, los propietarios de viviendas las ponen a disposición del público por el precio que ellos mismos establecen, y la plataforma se encarga de gestionar los cobros y pagos. También actúa como red social, favoreciendo la comunicación entre los usuarios. LendingClub.com es una plataforma de préstamos *online* que pone en contacto inversores particulares con solicitantes de crédito, los cuales obtienen financiación y pagan los intereses correspondientes, pero sin que intermedie un banco. BlaBlaCar.com es una plataforma electrónica de coches compartidos, que conecta a conductores que tienen plazas disponibles en sus vehículos con pasajeros que quieren hacer el mismo trayecto.

Colaborar es consustancial a los entornos agrarios. Muchas actividades como sembrar, segar, acarrear de la mies a la era, trillar, aventar y recoger el grano y paja se realizaban tradicionalmente de forma comunal, con la participación de todo el pueblo. Compartir herramientas y maquinaria con el vecino era lo normal. La vecindad era el aspecto clave que aglutinaba a los miembros de la comunidad. Pero el uso de las TIC ha permitido el desarrollo de plataformas electrónicas para que los agricultores puedan compartir herramientas, no solo con el vecino sino también con otros agricultores, desconocidos y que puede estar físicamente alejados. Una de las plataformas de economía colaborativa más conocidas es la francesa WeFarmUp.com, en la que los agricultores se registran con un perfil y establecen contactos entre ellos para intercambiar o alquilar maquinaria agrícola como tractores, desbrozadoras, sembradoras o arados, entre otras. Por ejemplo, en el momento en que se realizó la consulta, un agricultor de Pau podía alquilar un tractor a un particular por unos 150€ al día de promedio y tenía disponibles unos 15 tractores en un radio de 15 kilómetros.

Algunas de las empresas más representativas de la economía colaborativa han sido señaladas por sus agresivas prácticas comerciales y por no fomentar la cooperación sino el capitalismo más descarnado, escapando de todo tipo de regulación y control. Por ello y para evitar que las empresas a las que nos referimos sean clasificadas como pertenecientes a la economía colaborativa, se puede restringir el concepto a aquellas actividades de intercambio de bienes y servicios entre particulares que no tiene un carácter comercial y en las que la función intermediadora está subordinada al intercambio cooperativo. También en Francia es posible encontrar un ejemplo de economía colaborativa en sentido estricto, la plataforma colaborativa agrícola SENCROP, premiada en SIMA 2017. Ya se ha descrito en apartados anteriores cómo el empleo de los sensores en la agricultura puede ayudar a realizar previsiones meteorológicas más precisas. En esta plataforma cada agricultor compra y coloca en sus campos pequeñas estaciones meteorológicas y sensores, que envían información en tiempo real, permitiendo que se monitoricen las condiciones climáticas en el campo y avisando a los agricultores de si hay heladas, llueve o hace demasiado viento para trabajar. La novedad es que dispone de una opción para el trabajo en grupo, que permite colaborar y compartir información con los vecinos —o con toda la comunidad de usuarios del sistema— y acceder recíprocamente también a los datos que proporcionan sus sensores. Al disponer de datos locales y favorecer el conocimiento colaborativo entre sus miembros, la plataforma permite a los agricultores aumentar la calidad de las predicciones meteorológicas, optimizar el empleo de su tiempo, aumentar el rendimiento de los cultivos y disponer de información más precisa sobre los tratamientos adecuados.

Otros ejemplos de economía colaborativa en el mundo agrícola son los huertos compartidos, que lleva a Internet un modelo de producción colaborativa tradicional en entornos rurales, el clásico “yo pongo el huerto, tú lo cultivas y los productos a medias”. Existen plataformas en Internet que ponen en contacto a los propietarios de terrenos disponibles con personas que quieren cultivar sus propios alimentos, tanto en el mundo rural como en entornos urbanos (*shared gardens*), como la plataforma Sharedearth.com.

Otro exponente de la economía colaborativa es el *crowdfunding*, también llamado financiación participativa, colaborativa o en masa, mediante la cual muchos individuos aportan un poco de dinero y entre todos se consigue la financiación que precisa un proyecto. El inversor puede recibir a cambio una parte de los beneficios, o intereses —cuando se trata de un préstamo P2P o *crowdlending*—, o alguna otra compensación, como participaciones de la empresa o acciones en el llamado *equity crowdfunding*. También es posible que no haya contraprestación, en cuyo caso se trataría de una donación. En España el *crowdfunding* se regula mediante la Ley 5/2015, de Fomento de la financiación empresarial. La plataforma internacional más conocida es Kickstarter.com, que está especializada en proyectos creativos, donde tienen cabida proyectos presentados por diseñadores, programadores, artistas y cineastas, entre otros. [Kickstarter](http://Kickstarter.com) tiene una sección para mercados agrícolas que acoge diversos proyectos agrarios, por ejemplo, productores de café de Nicaragua que quieren distribuir directamente en Europa sin intermediarios, recibiendo a cambio el mecenazgo directamente de sus fincas, o un proyecto para apadrinar naranjos en España. La primera plataforma autorizada en España por la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV) es Bolsasocial.com y se encuadra en el llamado *crowdfunding* social, que persigue financiar el crecimiento de empresas con un buen modelo de negocio y potencial de crecimiento, y que además tengan un impacto positivo en la sociedad y en el medio ambiente. En esta línea, algunos de los proyectos que ya han obtenido financiación en esta plataforma están relacionados con la agricultura ecológica.



Usos

- Intercambiar bienes y servicios, ampliando la oferta existente por los medios tradicionales.
- Participación en comunidades que difunden el conocimiento abierto, sin barreras legales.
- Producción colaborativa de bienes y servicios agrícolas para compartir costes y beneficios.
- Obtener financiación para proyectos agrarios mediante *crowdfunding* o financiación participativa.

BENEFICIOS

La economía colaborativa permite el aprovechamiento de recursos infrautilizados, con lo que el agricultor que los cede puede obtener unos ingresos adicionales, aumentando el rendimiento, y el que los utiliza puede hacerlo a un bajo coste, ya que la economía colaborativa amplía la oferta de bienes y servicios disponible en los mercados tradicionales. Por su parte, compartir la información en plataformas de conocimiento colaborativo supone mejoras en la toma de decisiones. También participar en esquemas de producción colaborativa agrícola permite obtener ganancias para todas las partes. Y, por último, la reutilización que suponen los servicios compartidos contribuye a la sostenibilidad medioambiental.



3 Potencialidades y desafíos de las TIC en la agricultura

A continuación, se exponen algunas de las potencialidades de las TIC en la agricultura y también algunos de los desafíos que vienen asociados a la transformación digital de las empresas agrarias, de acuerdo con lo observado al realizar el presente estudio sobre la aplicación de las TIC en el sector agrario.

BANDA ANCHA FIJA Y MÓVIL EN LOCALIDADES PEQUEÑAS.

Las TIC precisan para funcionar un conjunto de infraestructuras que no siempre están disponibles en el mundo rural. Con el Proyecto de banda ancha de nueva generación de Aragón (ConectAragón), del Departamento de Innovación, Investigación y Universidad del Gobierno de Aragón, se está dotando de cobertura de al menos 30 Mbps a 348 núcleos de población, todos ellos situados en las denominadas zonas blancas, que son aquellas en las que, a causa de su difícil acceso y escasa densidad de población, no existe ni es previsible que por parte de los operadores privados se ofrezca cobertura de 30 Mbps. En muchas de estas localidades la agricultura y ganadería desempeñan un papel fundamental, por lo que el proyecto supone una gran oportunidad que contribuirá a digitalizar el sector primario y mitigar la brecha digital que sobrellevan los agricultores y ganaderos aragoneses.

El móvil ha de ser la tecnología fundamental para lograr la transformación digital del sector primario, ya que es la forma natural de acceder a Internet para los agricultores y ganaderos, por las dificultades que supone utilizar ordenadores de sobremesa e incluso cargar con un portátil en un entorno rural. El auge de las aplicaciones móviles o *apps* es una oportunidad para el sector primario, porque estas herramientas posibilitan ejecutar programas, desarrollados para su uso en teléfonos móviles, que ayudan a gestionar las explotaciones agrícolas y ganaderas, destacando su facilidad de uso, el ahorro de tiempo y su ajustado coste.

AHORRO DE AGUA Y RESTO DE INPUTS UTILIZANDO LAS TIC.

Las TIC son una pieza clave de la agricultura de precisión, que tiene su origen en la existencia de variabilidad dentro de las parcelas agrarias y aspira a individualizar los tratamientos que reciben las plantas. Muchas de las tecnologías analizadas en este estudio pueden reducir el consumo de insumos, aminorando los costes de explotación. La mayor precisión en la recolección de los datos que conlleva el uso del GPS, de las imágenes que envían los satélites, de los drones dotados de cámaras de alta resolución, o de los sensores del IoT, permite aplicar menores dosis de productos fitosanitarios o de fertilizantes, así como ajustar la densidad de siembra según las necesidades de las diferentes zonas del campo, con lo que se logra reducir los costes de producción y laboreo. El empleo de técnicas *big data* también puede ahorrar costes, ya que permite realizar predicciones sobre las necesidades de insumos, reduciendo su consumo a lo estrictamente necesario. También el uso de robots supone una oportunidad para reducir los costes de mano de obra. En ganadería, las dietas individualizadas reducen el coste total del pienso, manteniendo el rendimiento y la composición de la canal.

Un insumo particularmente importante es el agua y reducir su consumo supone un desafío para la agricultura. El regadío de precisión optimiza el uso del agua, ya que es distribuida en el momento adecuado y en cantidades precisas, dependiendo de las necesidades de cada cultivo y teniendo en cuenta factores como la calidad del suelo y la temperatura, que varían dentro de cada parcela. La menor superficie húmeda implica menos presencia de maleza, disminuyendo el riesgo de plagas y enfermedades. El riego de precisión disminuye la lixiviación o pérdida de los fertilizantes y nutrientes por efecto del exceso de agua, consiguiendo reducir la aplicación de fertilizante y evitando la contaminación de las aguas subterráneas.

Una instalación de riego eficiente implica también un menor consumo de energía, por los menores costes de bombeo y traslado del agua. Además, los sistemas de riego automatizado ahorran costes de personal y permiten regar en cualquier tipo de orografía.

INCREMENTO DE LOS RENDIMIENTOS Y PRODUCTIVIDAD.

Los datos capturados por las herramientas que facilitan la agricultura de precisión se transforman en información capaz de aumentar el rendimiento de las cosechas y que permite obtener frutos más saludables y de mayor calidad. Las tecnologías de captura de datos que se acaban de enumerar alcanzan todo su potencial cuando se integran en sistemas de información geográfica (GIS), cuyo uso mejora la eficiencia en la gestión y supone una oportunidad para aumentar el rendimiento de las explotaciones. El análisis de los datos masivos o *big data* puede anticipar las plagas y las enfermedades que afecten al desarrollo del cultivo y ayudar al agricultor a tomar las decisiones adecuadas. Más allá del preceptivo registro de los tratamientos fitosanitarios en el cuaderno de explotación, el empleo de sistemas integrados de gestión (ERP) favorece el control de la calidad en todos los procesos, desde la fabricación hasta la distribución del producto. Cuando una empresa instala una de estas aplicaciones es frecuente que redistribuya su personal y elimine procedimientos, con lo que logra una mejor planificación de la producción y se obtiene mayor rentabilidad. El empleo de sistemas de ayuda a la toma de decisiones y de la inteligencia de negocios en el sector primario mejora el proceso de toma de decisiones e incrementa el control sobre la empresa, permitiendo identificar y monitorizar los indicadores clave para la gestión. En otro orden de cosas, los sistemas de control de rodadas mejoran la porosidad y aireación de la tierra y disminuyen la resistencia mecánica del suelo, favoreciendo el desarrollo de las raíces y el crecimiento de la planta. Por su parte, el desarrollo y comercialización de vehículos autónomos para la agricultura y la imparable automatización, e incluso robotización, de los procesos supondrá mejoras en la productividad de las explotaciones agrícolas y ganaderas, como ya ha sucedido en la industria.

CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS Y DEL MEDIOAMBIENTE.

La agricultura y ganadería deben afrontar el desafío de ser sostenibles, minimizando el uso de agua, insumos y energía, y conservando el suelo y los recursos naturales en óptimas condiciones. El empleo de las TIC supone una oportunidad para que los procesos de producción del sector primario sean más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Las TIC pueden contribuir al desarrollo de la economía circular en la agricultura, que se fundamenta en las seis erres: repensar, rediseñar, reducir, reutilizar, reciclar y recuperar los recursos. En definitiva, se trata de producir más con menos. Las TIC contribuyen a disminuir el consumo de herbicidas, fungicidas y productos fitosanitarios, con el consiguiente ahorro y beneficio medioambiental, ya que, a pesar de que la mayor parte de las plantas no precisan tratamientos fitosanitarios, éstos se aplican en toda la parcela. Al utilizar la cantidad justa de producto el impacto medioambiental se reduce. La economía colaborativa, que consiste en el uso de las TIC para proporcionar a los individuos, empresas y organizaciones información que permita optimizar los recursos ociosos mediante la redistribución de los excesos de capacidad, posibilita el aprovechamiento de recursos infrautilizados. La reutilización que conllevan los servicios compartidos contribuirá a la sostenibilidad medioambiental.

Las administraciones con competencias en medioambiente y agricultura, o las comunidades de regantes, también tienen una oportunidad en el uso de las TIC, especialmente mediante el análisis de las imágenes de satélites y drones que, en combinación con los sistemas de radionavegación y posicionamiento y los sensores del IoT, pueden vigilar los vertidos contaminantes, analizar la evolución del uso del suelo, el drenaje y la erosión en una comarca o en una cuenca hidrográfica, así como estimar el grado de explotación de los acuíferos subterráneos o de las vías fluviales, monitorizar el estado de los embalses, realizar el seguimiento de desastres naturales —como un incendio o una riada—, vigilar los desplazamientos de tierras, analizar aspectos de la calidad del agua, como la presencia de sólidos en suspensión, el crecimiento de las algas y la temperatura, o vigilar la composición de los bosques, su estructura y su grado de desarrollo.

LOGÍSTICA AGROALIMENTARIA.

La agricultura no es solo producir, sino sembrar los productos que demanda el mercado, cosecharlos en el momento óptimo en el que los precios son más altos, disponer de almacenes adecuados para su correcta conservación y realizar un transporte y distribución eficientes. El sector primario aragonés puede aprovechar la apuesta que Aragón ha realizado por la logística y que dispone de 1800 ha de suelo dedicado a complejos logísticos y de transporte intermodal, con infraestructuras, equipamientos y servicios de la mejor calidad. En 300 kilómetros a la redonda de Zaragoza residen más de 20 millones de personas y se concentra el 70% del PIB español, lo que brinda importantes oportunidades al sector primario aragonés, como ya han entendido las empresas del sector alimentario que se están instalando en Aragón.

Las TIC también son útiles en la logística de la agricultura y ganadería. El GPS mejora la gestión de los almacenes y el transporte de los productos agrícolas y los insumos. La geo-trazabilidad, es decir, el uso del GPS para geolocalizar los alimentos, los animales y los productos mejora la eficacia de la trazabilidad. La legislación establece que debe asegurarse la trazabilidad de los alimentos, los piensos, los animales destinados a la producción de alimentos y de cualquier otra sustancia destinada a ser incorporada en un alimento o un pienso. Pero los consumidores demandan aún más información, ya que quieren saber quién ha fabricado un producto alimenticio y dónde lo ha hecho, qué tratamientos ha seguido y si contiene productos susceptibles de producir alergias, entre otros muchos aspectos. Además de las tecnologías consolidadas, como el RFDI y los sensores inalámbricos, hay otra emergente que también contribuye a mejorar la trazabilidad, se trata de las cadenas de bloques o *blockchain*, que ya se han utilizado para realizar el seguimiento de productos. Las buenas prácticas en trazabilidad facilitan la certificación de productos y la acreditación de las empresas del sector primario, porque permiten un control más eficiente de la cadena de suministro de los productos agrarios y contribuyen a incrementar la seguridad alimentaria, al permitir un óptimo seguimiento y rastreo de los productos.

OPORTUNIDADES EN INVESTIGACIÓN.

El I+D+i agrícola aragonés es puntero en muchos aspectos, destacando como buque insignia el Parque Científico Tecnológico Aula Dei, verdadero ecosistema de innovación y lugar de encuentro entre instituciones y empresas. Forma parte del mismo el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA),

organismo público del Gobierno de Aragón que impulsa la investigación científica en materia agroalimentaria y su desarrollo tecnológico con el objetivo de que las explotaciones agrarias y las empresas agroindustriales innoven continuamente. También la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD), que depende del Área de Ciencias Agrarias del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que es un organismo público de investigación dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación. Otro centro presente es el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ), del Centro de Altos Estudios Mediterráneos (CIHEAM), que es un referente en materia de formación internacional especializada en el sector agroalimentario. También forman parte del tejido investigador el Laboratorio Agroambiental y el Centro de Semillas y Plantas de Vivero de la Diputación General de Aragón y el Instituto Pirenaico de Ecología (IPE) del CSIC. La Universidad de Zaragoza también dispone de investigadores expertos en agricultura que incluso han creado empresas *spin-off* con productos y servicios al sector primario o agroalimentario.

Estos centros de investigación suponen una oportunidad para el sector primario aragonés. Mejorar la trazabilidad de los productos, la automatización, la robótica aplicada a la manipulación de cultivos, la conectividad, así como el desarrollo de nuevos sistemas de gestión, de la agricultura de precisión y la gestión eficiente del agua de riego, son algunos de los temas en los que se investiga en los centros mencionados. No obstante, sigue habiendo desafíos en investigación dirigida al empleo de las TIC para el sector primario. Por poner un ejemplo, el promisorio programa Galileo —competidor directo del GPS estadounidense— y la puesta en marcha de la red de satélites Copérnico, disponen de presupuestos muy elevados y la Comisión Europea desea que se utilicen y sirvan de apoyo al medioambiente y a la agricultura.

MAYORES VENTAS Y MEJOR COMERCIALIZACIÓN CON COMERCIO ELECTRÓNICO.

El comercio electrónico es una oportunidad para el medio rural. Sin llegar al extremo de China, donde crecen las llamadas “aldeas Taobao” en las que buena parte de la población se dedica al comercio electrónico, en Aragón tenemos ejemplos de pueblos en los que florecen las empresas que venden por Internet. Gracias al comercio electrónico, el agricultor puede vender directamente a los particulares, aumentando los ingresos y márgenes al no depender de intermediarios. Nuevas formas de comercio electrónico, como el B2B2C, que permiten al agricultor vender sus productos a otra empresa, que aporta un valor añadido y los comercializa a los consumidores finales, son una oportunidad para los productores a los que no interesa gestionar su propia tienda online. De hecho, la alimentación es una de las ramas que más está creciendo dentro del comercio electrónico ya que, además de los supermercados electrónicos, las grandes cadenas de hipermercados y supermercados están empezando a ofrecer a sus clientes la posibilidad de hacer la compra online. Además, el comercio electrónico es una forma de exportar y de internacionalizar la explotación, que tiene menos dificultades que establecer una filial comercial, llegar a acuerdos con agentes u otras modalidades. El agricultor, como consumidor, puede beneficiarse del comercio electrónico para buscar los productos necesarios para su explotación, informarse sobre sus características, comparar precios y calidades, comprarlos con comodidad y seguridad, y recibirlos en un plazo breve.

OPEN DATA AGRÍCOLA PARA COMPARTIR CONOCIMIENTO

Los datos abiertos (*open data*) suponen que determinados conjuntos de datos estén accesibles de forma libre y gratuita para todo el mundo. En algunos sectores empresariales están suponiendo una verdadera revolución, como ocurre con los datos relativos a la salud, que permiten obtener notables avances en los estudios médicos desarrollados por los investigadores y las compañías farmacéuticas. El empleo de los datos abiertos en la agricultura es una oportunidad para aumentar el conocimiento abierto en una materia importante, y ayudará a vencer desafíos como aumentar la producción agrícola y ganadera, mejorar la seguridad alimentaria, desarrollar plantas más resistentes, fomentar el uso de prácticas agrarias responsables y crear mercados de productos agrarios más justos. La utilización de datos agrícolas abiertos contribuirá a potenciar la investigación en fitosanitarios, fertilizantes, semillas y en mejores prácticas agrarias, y facilitará que los resultados de las investigaciones sean abiertos. Se debe aspirar a que los datos que generan los agricultores reviertan en su propio beneficio, evitando que la valiosa información se concentre en manos de unos pocos actores, lo que a la larga perjudicaría a la independencia de los agricultores e incluso a la propia soberanía alimentaria.

AGENTES CLAVE PARA LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

El mundo agrario aragonés presenta varios factores que inhiben la implantación de las TIC. La avanzada edad de los agricultores, la menor formación de los trabajadores del sector primario, el pequeño tamaño de las explotaciones, la brecha rural y las deficientes infraestructuras TIC que existen en los pueblos de menor tamaño, son algunos de estos factores. El tamaño promedio de las explotaciones en Aragón es pequeño, lo que dificulta la aplicación de la agricultura de precisión. Además, no todos los cultivos permiten aplicar estas tecnologías y es posible que su coste supere al beneficio que aportan. No es realista pensar que un pequeño agricultor de edad avanzada pueda tomar la iniciativa de consultar los datos e imágenes que ofrecen los satélites, instalar un SIG, aprender a utilizarlo y sacar conclusiones de los datos. Pero, estos desarrollos tecnológicos avanzados suelen implantarse de la mano de cooperativas, asociaciones, administraciones públicas y empresas consultoras, de las que Aragón dispone en cantidad suficiente y que son los agentes necesarios para realizar la transferencia tecnológica. Su ayuda es imprescindible para superar las barreras como la falta de formación específica de los agricultores y el pequeño tamaño de las explotaciones.

La economía colaborativa, que en formas primitivas siempre ha estado presente en la agricultura tradicional, aporta soluciones para lograr un mejor aprovechamiento de recursos infrutilizados, con lo que el agricultor que los cede puede obtener unos ingresos adicionales, aumentando el rendimiento. También el desarrollo de redes sociales para agricultores es un desafío que puede abordarse, ya que el uso de estas redes en Aragón está por debajo del promedio, y son un canal que ofrece grandes posibilidades para que los agricultores y ganaderos puedan conocer las novedades del sector primario, intercambiar experiencias con otros colegas y ampliar su red de contactos profesionales.

MEJORAS EN LAS CONDICIONES LABORALES DEL AGRICULTOR Y GANADERO

La robotización, la automatización de los procesos y los desarrollos de la inteligencia artificial representan una oportunidad para suplir la carencia de mano de obra en la agricultura, ya que crean herramientas que pueden realizar tareas monótonas y repetitivas con la mayor eficacia y precisión. Los robots pueden paliar la necesidad de mano de obra para actividades del mundo rural poco cualificadas y de baja remuneración. Los vehículos y robots autónomos liberan al agricultor de la realización de tareas repetitivas, pudiendo así dedicarse a realizar otras de mayor valor añadido, produciéndose una mejora sustancial de las duras condiciones de trabajo de la agricultura. De forma paralela, también surgirán nuevos empleos en el mundo rural, más cualificados, ligados al mantenimiento y puesta a punto de estas herramientas, manteniéndose además los empleos que exigen del agricultor una mayor profesionalización.

Finalmente, el uso de las TIC en la agricultura y ganadería no solo aumenta la productividad de las explotaciones y protege el medioambiente, sino que además aumenta el prestigio y la autoestima de los productores, lo que es muy importante, porque su insuficiencia es uno de los factores que explican el éxodo del mundo rural. Un ambiente agrícola fuertemente tecnificado, liberado de los trabajos más ingratos, en el que sea habitual utilizar Internet para realizar operaciones de comercio electrónico, compartir información con otros agricultores que tienen los mismos problemas y necesidades, utilizar las TIC para potenciar la economía colaborativa, y que esté guiado por pautas de sostenibilidad, ahorro de agua y del resto de insumos, conservación de la naturaleza y de los suelos, y reutilización de los recursos, puede proporcionar un entorno atractivo para el trabajo en la agricultura, capaz de retener el talento y de atraer a los jóvenes.

A large teal 3D block graphic is positioned on the left side of the page, extending towards the center. The block has a top surface, a front face, and a side face, creating a sense of depth. The text '4 Referencias' is centered on the front face of this block. The background is white, and the overall design is clean and modern.

4 Referencias

- EGSA (2017). "GNSS Market Report", European Global Navigation Satellite Systems Agency, 5, 2017
- Eurostat (2017a). "Estadística para la Economía Digital y la Sociedad", <http://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/main-tables>.
- Eurostat (2017b). "Digital 4 Development", https://ec.europa.eu/europeaid/news-and-events/european-commission-presents-strategy-mainstream-digitalisation-eu-development_en.
- Eustat (2016). "Encuesta de la Sociedad de la Información en el Sector Primario", http://www.eustat.eus/estadisticas/tema_372/opt_0/tipo_1/ti_Sector_primario/temas.html.
- Gobierno de Aragón (2013). "Análisis del sistema productivo en Aragón", Servicio de Estudios, Análisis e Información, Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de Aragón.
- INE (2015). "Encuesta sobre Innovación en las Empresas" <http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t14/p061/a2015/I0/&file=00001.px&L=0>.
- INE (2017). "Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas" http://www.ine.es/dynqs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176743&menu=ultiDatos&idp=1254735576799.
- IDAE (2010). Ahorro y eficiencia energética en la Agricultura de Precisión, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, ISBN: 978-84-96680-51-7, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Madrid.
- Mapama (2016). "Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos", Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- OCDE (2005). Manual de Oslo Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. Luxembourg, <http://www.oecd.org/innovation/inno/oslomanualguidelinesforcollectingandinterpretinginnovationdata3rdedition.htm>.
- Perea, R. G., García, I. F., Arroyo, M. M., Díaz, J. R., Poyato, E. C., y Montesinos, P. (2017). Multiplatform application for precision irrigation scheduling in strawberries. Agricultural Water Management, 183, 194-201.
- Goldman Sachs (2016). "Precision Farming: Cheating Malthus with Digital Agriculture", Equity Research, July 13, 2016
- Vodafone (2016). "Análisis de la Digitalización de Autónomos y Pymes", <http://porquetienesqueestar.vodafone.es/wp-content/uploads/2016/09/informe-digitalizacion-pymes-autonomos-vodafone.pdf>.
- Zarco-Tejada, P. J., Hubbard, N., y Loudjani, P. (2014). Precision Agriculture: An Opportunity for EU Farmers—Potential Support with the CAP 2014-2020. Joint Research Centre (JRC) of the European Commission.

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen ejecutivo	5
1 Uso de las TIC en el sector agrario	11
1.1 Nivel tecnológico del sector primario	13
1.2 Innovación en las empresas del sector primario	27
2 Las nuevas tecnologías	35
2.1 La e-agricultura	37
2.2 Tecnologías relacionadas con la captura de datos	38
2.2.1 Sistemas de navegación por satélite: GPS o Galileo	38
2.2.2 La teledetección mediante satélites	41
2.2.3 Los drones en la agricultura	43
2.2.4 La Internet de las cosas: la agricultura inteligente mediante sensores	46
2.2.5 La visión artificial	48
2.2.6 Trazabilidad para la seguridad alimentaria, uso de blockchain y otras tecnologías	50
2.3 Tecnologías para el análisis de datos y toma de decisiones	52
2.3.1 Los sistemas de información geográfica (GIS)	52
2.3.2 El big data y el small data en la agricultura	54
2.3.3 Proyectos open data en la agricultura	56
2.3.4 La computación en la nube	58
2.3.5 Los sistemas integrados de gestión (ERP)	60
2.3.6 La inteligencia artificial y el aprendizaje automático	61
2.3.7 Los sistemas de ayuda a la toma de decisiones (DSS) y la inteligencia de negocios	64
2.4 Tecnologías para la actividad agrícola	66
2.4.1 La tecnología de Aplicación Variable de Insumos (VRT)	66
2.4.2 La automatización y robotización en la agricultura	67
2.4.3 El riego de precisión	70
2.4.4 La ganadería de precisión	71
2.4.5 Los sistemas de control de rodadas	72
2.4.6 Vehículos autónomos para la agricultura	74
2.5 Tecnologías relacionadas con las comunicaciones	75
2.5.1 Movilidad y comunicaciones	75
2.5.2 Las redes sociales para la agricultura	78
2.5.3 Comercio electrónico B2B y B2C	79
2.5.4 Aplicaciones de economía colaborativa en agricultura	82
3 Potencialidades y desafíos de las TIC en la agricultura	85
4 Referencias	93

El "Estudio sobre la utilización de las TIC en el sector agrícola de Aragón" ha sido elaborado por Carlos Serrano Cinca, catedrático de la Universidad de Zaragoza, y por José Félix Muñoz Soro, investigador de la Agencia Aragonesa para la Investigación y el Desarrollo (ARAIID), por encargo de la Dirección General de Administración Electrónica y Sociedad de la Información del Departamento de Innovación, Investigación y Universidad del Gobierno de Aragón

*Informe publicado bajo los términos de la licencia **Creative Commons-Atribución-NoComercial (CC BY-NC)***



*Dirección General
de Administración Electrónica y
Sociedad de la Información*

Departamento de
Innovación, Investigación y
Universidad
del Gobierno de Aragón

Edificio Pignatelli.
Pº Mª Agustín 36,
puerta 30, planta 1ª
50004 Zaragoza

www.observatorioaragones.es
oasi@aragon.es