

PROGRAMA **EXCELLENCE** 2016/2017

¿NOS QUITARÁN EL EMPLEO LOS ROBOTS?



ALUMNOS

Daniel **Calvo**

Raúl **Alós**

Daniel **Illera**

DIRECTOR DE PROYECTO

Prof. Dr. Francisco **Rovira**

ÍNDICE

Resumen	3
1. Introducción	4
1.1. Dificultades para producir alimentos en países industrializados	4
1.2. La robótica es una economía creciente	6
1.3. La aplicación de nuevas tecnologías a la agricultura es línea prioritaria en programas de investigación europeos	8
2. Hipótesis del trabajo	10
3.1. ¿La automatización generará nuevos puestos de trabajo?	11
3.2. ¿La agricultura de precisión genera beneficios económicos cuantificables hoy en día?	12
3.3. ¿Puede la agricultura de precisión generar beneficios medioambientales constatables científicamente en 2020?	15
3.4. ¿Puede la robótica reducir los costes de producción?	16
3.5. ¿Podría la robótica ayudar a la población rural de avanzada edad?	17
3.6. ¿Podría la robótica atraer a jóvenes agricultores y bajar así el promedio de edad en zonas rurales?	17
3.7. Nuevos mercados demandan nuevas maneras de producir: la era de los datos y las técnicas del <i>big data</i>	18
4. Conclusiones	19
5. Referencias	20

RESUMEN

¿Es posible que un robot me quite el puesto de trabajo? Esta es una pregunta que los agricultores de los países industrializados, sobre todo en Europa y Japón, cada vez se preguntan más, y con más temor. A pesar de ser un sector estratégico para el bienestar de la población, la agricultura parece estar perdiendo fuerza, con una población rural cada vez más escasa y envejecida. Gracias a las nuevas tecnologías van apareciendo nuevos automatismos capaces de realizar múltiples tareas relacionadas con la producción de alimentos. En este proyecto analizaremos las posibles respuestas a esta pregunta desde todas las perspectivas posibles, y veremos que aunque la robótica cada vez está más demandada, y que es cierto que la edad media del agricultor español es muy elevada debido a la poca atracción de esta profesión entre los jóvenes, tiene sentido adoptar una posición optimista y esperanzadora, porque bien utilizadas, estas tecnologías emergentes como la robótica, la agricultura de precisión, y las aplicaciones basadas en *big-data* nos pueden llevar a una situación muy favorable para nuestra sociedad, economía y medio ambiente.

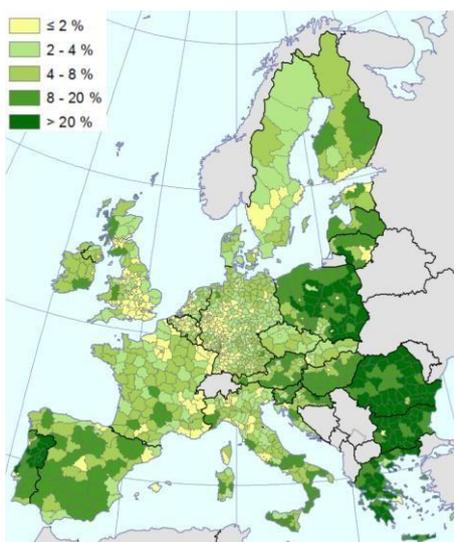
PALABRAS CLAVE

Robótica agrícola, TIC, Agricultura de precisión, Automatización y empleo, big-data, drones.

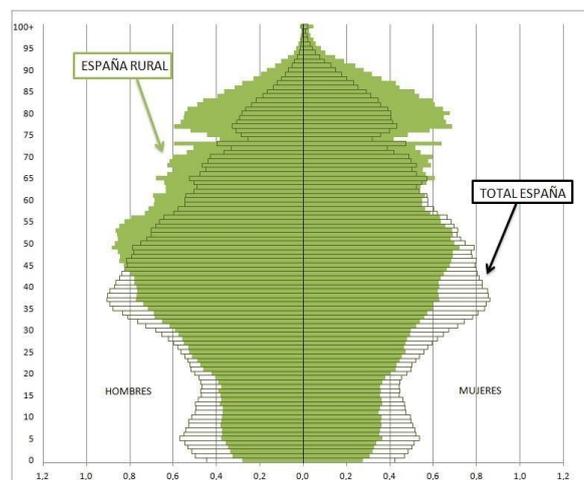
1. INTRODUCCIÓN

Dificultades para producir alimentos en países industrializados.

Los países con altos niveles de industrialización, especialmente Japón, en Europa y en América del norte, cada vez encuentran más dificultades para producir alimentos de una manera sostenible. Entre los problemas que requieren acciones inmediatas por su impacto y complejidad cabe citar el acusado envejecimiento de la población rural, que en definitiva nos indica que la responsabilidad de alimentar a la población va a recaer sobre personas que deberían estar jubiladas o próximas a la edad de jubilación. Centrándonos en Europa, La figura 1-a proporciona una estimación por estados de la población rural dedicada a la agricultura [1], y la figura 1-b muestra la pirámide poblacional de la población española, en la que se aprecia un claro desplazamiento de la pirámide hacia edades avanzadas [2], sobre todo por encima de los 55 años donde se supone debería decaer rápidamente hacia los 65. Esta tendencia se debe fundamentalmente a varios factores: la emigración del campo a la ciudad que se produce en España a partir de la década de los años 50; el incremento de la esperanza media de vida, y el descenso de la natalidad debido a la planificación familiar [3].



a



b

Figura 1. a) Agricultores en la UE (% población activa) [1]; y b) Pirámide poblacional en España [2].

Un segundo factor que está dificultando mucho la supervivencia del agricultor español es el escaso margen comercial que le queda al final de la cosecha. La tabla 1 nos permite comparar el precio que perciben los agricultores para varias verduras, y el precio de venta al público para esas mismas verduras. Los márgenes oscilan entre menos de la mitad para la patata, hasta más de diez veces en el caso de la berenjena y el pepino [4]. Finalmente, no podemos olvidar la relación existente entre el envejecimiento poblacional y las corrientes migratorias. Pese al elevado índice de desempleo que tenemos hoy día en España, cada vez se encuentra menos españoles trabajando en el campo, nicho que es ocupado por inmigrantes de diferentes orígenes. La figura 2, por ejemplo, ilustra cómo ha ido variando el origen de los inmigrantes que trabajan en los campos españoles. Por tanto, es evidente que la población rural es cada vez más mayor, y los trabajos del campo se van trasladando a los inmigrantes en lugar de a las generaciones más jóvenes, cuyo índice de desempleo es cada vez mayor.

Tabla 1. Comparativa entre precio percibido por el agricultor y precio de venta al público para varias verduras [4].

VERDURA	PRECIO PRODUCTOR (€/KG)	PVP (€/KG)
BERENJENA	0,12	1,58
PATATA	0,35	0,80
CEBOLLA	0,43	1,16
PEPINO	0,11	1,56
BRÓCOLI	0,60	2,07

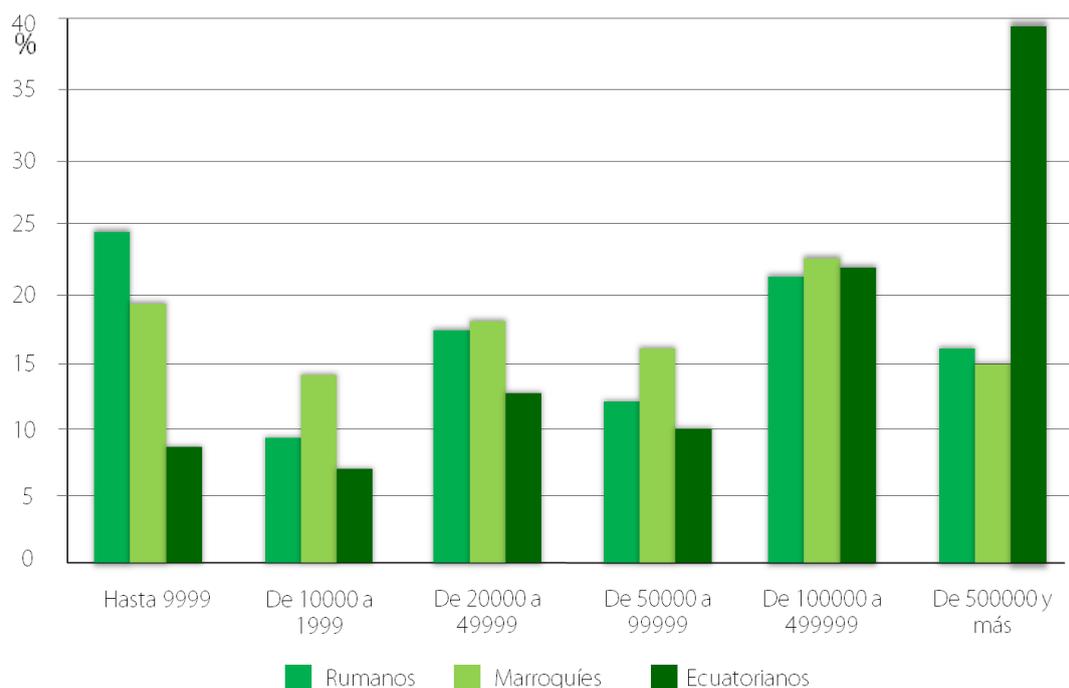


Figura 2. Rumanos, marroquíes y ecuatorianos según el tamaño demográfico del municipio de residencia en 2005 (porcentaje con respecto al total de cada colectivo) [5].

La robótica es una economía creciente.

La demanda de robots envueltos en procesos agrícolas, como la cosecha, la poda o la siembra ha incrementado significativamente en la última década. Esta demanda tiene su origen en el crecimiento de la población, la baja disponibilidad de agricultores profesionales, el coste de la mano de obra, y la automatización de la industria agroalimentaria. Se anticipa que el mercado de la robótica móvil alcance los 3.000 millones de dólares para el final de 2015, y se prevé una tasa de crecimiento que puede llegar a los 16.800 millones de dólares a finales de 2020 y a 73.900 millones de dólares en 2024 para las predicciones más optimistas. La gráfica de la figura 3 demuestra que el mercado de la robótica va a seguir su tendencia al alza iniciada en 2012 hasta el año 2020, tanto en el ámbito profesional (verde menta) como personal (verde pistacho).



Figura 3. Crecimiento global del mercado de la robótica [6].

En cuanto a las ventas globales de la industria robótica, en 2014 fueron de 10.700 millones de dólares, un 13 % más que en 2013. Hay actualmente alrededor de 1.5 millones de robots trabajando, lo que supone un crecimiento del 11 % desde 2013. Si a esto se añaden los servicios de apoyo, tales como integración, accesorios, periféricos, software e ingeniería de sistemas se podría llegar hasta triplicar las ventas mundiales de 2014, llegando hasta los 32.000 millones de dólares. La figura 4 particulariza el crecimiento (unidades) observado en la industria robótica entre 2010 y 2014 para los países que han demostrado mayor actividad.

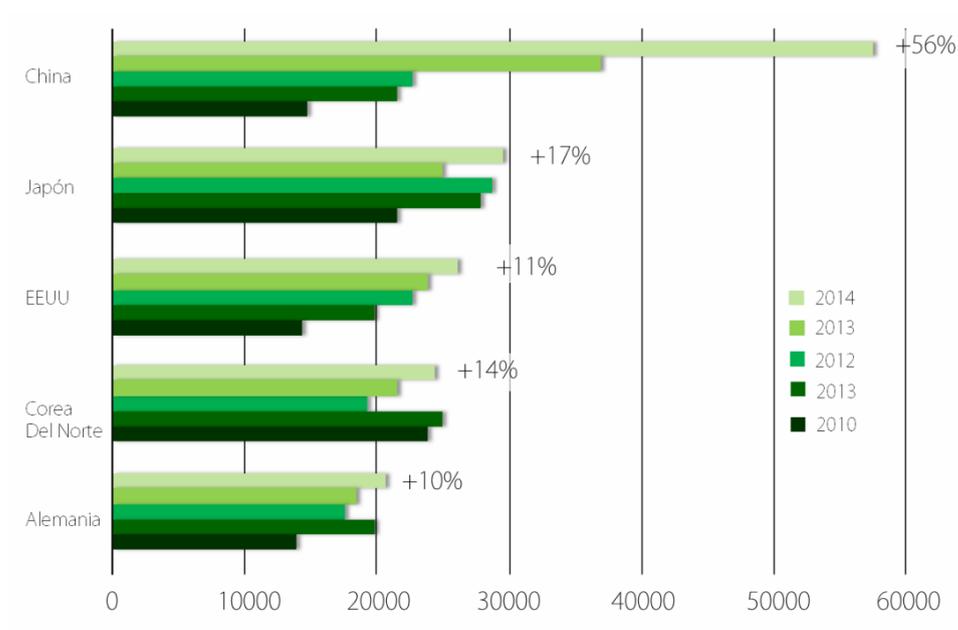


Figura 4. Crecimiento (unidades) por países del mercado de la robótica entre 2010 y 2014 [7].

La aplicación de nuevas tecnologías a la agricultura es línea prioritaria en programas de investigación europeos.

El Séptimo Programa Marco (7PM) fue uno de los programas de investigación e innovación principales de la Unión Europea, que comenzó en el año 2007, y finalizó en el año 2013. En el 7PM ya se demostró el interés de la U. E. en acelerar el desarrollo de las aplicaciones robóticas en varios campos (conocido como *use-cases*), entre ellos el de la agricultura. Muchos de sus proyectos han servido para potenciar esta área, como el experimento GARotics del proyecto general ECHORD++, el cual se puede considerar como un ejemplo de éxito. El sistema robótico desarrollado en este proyecto permitió mejorar la cosecha automatizada de espárragos verdes, mejorando la detección de espárragos y el mecanismo de recolección. La motivación detrás de este proyecto radica en el alto valor de este producto para el centro de Europa, y la falta de mano de obra para realizar esta tarea, que resulta ser muy dura para los trabajadores que deben adquirir una posición incómoda para recolectar los espárragos. La figura 5-a proporciona uno de los prototipos desarrollado dentro del proyecto ECHORD++ GARotics. Dentro del mismo proyecto marco, el experimento CATCH tiene como objetivo desarrollar una solución flexible y rentable para la cosecha automatizada de pepinos en condiciones naturales desafiantes que supongan una dificultad física para el trabajador.



a



b

Figura 5. Proyecto ECHORD++: a) Prototipo de cosechadora automática de espárragos verdes [8]; y diagrama conceptual para la recogida de pepinos en el experimento CATCH [9].

El nuevo programa de investigación promovido por la Unión Europea se denomina H2020, y tiene entre sus líneas prioritarias (ICT, SFS05) alcanzar altos niveles de precisión en la agricultura moderna europea mediante la robótica. Actualmente, ya existen dispositivos automáticos para algunas

funciones agrícolas, pero siguen teniendo inconvenientes importantes, por ejemplo, en eficiencia e inversión de capital. El programa H2020 no sólo pretende aumentar la precisión de las aplicaciones robóticas en la producción agraria, sino que también ayudará a que ésta sea más respetuosa con el medio ambiente, buscando la sostenibilidad tanto económica como medioambiental, siguiendo las pautas de la nueva disciplina *Agricultura de Precisión*. En las acciones que se financiarán, se priorizarán tecnologías como la recolección selectiva, la fertilización ecológica o la gestión del ganado. En concreto, Europa tiene dos objetivos primordiales a impulsar dentro de H2020:

1. El aumento significativo de la productividad agrícola con procesos más respetuosos con el medio ambiente, a través de un uso reducido de agua y sustancias tóxicas, así como evitando la compactación y erosión del suelo.
2. Aumentar la seguridad, fiabilidad y capacidad de gestión de la tecnología agrícola, reduciendo la carga humana excesiva para tareas laboriosas y que impliquen esfuerzos físicos nocivos para la salud de los agricultores.

2.- HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las dificultades mencionadas en los párrafos anteriores, junto a los beneficios que a priori prometen las nuevas tecnologías nos lleva a pensar que la robótica combinada con la agricultura de precisión puede ser la solución para garantizar la sostenibilidad en la producción de alimentos para el S. XXI. Sin embargo, se han levantado algunas voces que critican estas tecnologías a las que acusan de eliminar puestos de trabajo y en consecuencia, llevar a los agricultores a una extinción irreversible. Es cierto que la mayoría de las industrias agrícolas dependen en gran medida de la mano de obra no cualificada de baja remuneración, con carácter estacional, y que proporciona un apoyo económico limitado a la población rural. Sin embargo, según el profesor Burks [10], existen *estudios socioeconómicos que demuestran claramente que la automatización crea más puestos de trabajo para la economía global de los que elimina*, ya que la automatización reduce el trabajos de producción repetitivo y poco cualificado, al mismo tiempo que se crean nuevos puestos de trabajo más especializados en sectores productivos, logísticos, de servicios y financieros, llegando a crearse muchas veces una industria completamente nueva, que suele conducir a mayor prosperidad económica. Este trabajo de investigación va a tratar de demostrar, utilizando las evidencias presentadas en la Sección 3, la veracidad de esa afirmación, o por el contrario, su efecto negativo sobre la supervivencia del sector agropecuario, tal como indica la International Labour Organization [11] que afirma que entre 1950 y 2010, los trabajadores en el sector agrario como porcentaje de mano de obra disminuyeron del 81 % al 48,2 % en los países en desarrollo, y del 35 % al 4,2 % en los desarrollados, concluyendo que la robótica va a empeorar esta situación. Además, el trabajo pretende encontrar otros beneficios tecnológicos, sociales, económicos, e incluso medioambientales que decanten la balanza hacia una visión optimista en cuanto a la introducción de nuevas tecnologías en el sector agroindustrial.

3.- EVIDENCIAS TECNOLÓGICAS, ECONÓMICAS Y SOCIALES A FAVOR DE LA HIPÓTESIS

¿La automatización generará nuevos puestos de trabajo?

En 1810, la agricultura empleó al 84 % de la población activa y el 27 % de toda la población estadounidense, representando un máximo histórico. Incluso en el año 1900, el sector agrícola representó un 40 % de la población activa. Sin embargo, hoy en día solo un 1 % de la población activa se dedica a la agricultura en Estados Unidos. Esta gran pérdida de trabajo se debe mayoritariamente a la mecanización agraria, que permitió que la productividad laboral de cada agricultor incrementara enormemente con la introducción de tractores y cosechadoras. El uso de estas máquinas implica que ese 1 % es capaz de producir suficiente comida para alimentar a EEUU, sobrando aún un 25 % de la producción que se exporta a otros países. La gráfica de la figura 6 muestra las cifras de empleo agrario en comparación con el crecimiento del PIB en EEUU entre 1930 y 2010. A pesar de esta enorme pérdida de trabajadores dedicados al campo, no se produjo ninguna caída preocupante de empleabilidad, ya que ese 83 % de población activa dedicada a la agricultura encontró nuevos trabajos, muchos de los cuales generados por el desplazamiento de trabajadores desde el sector agrario a otros sectores que demandaban trabajos que no existían anteriormente. Algunos, incluso, encontraron trabajo construyendo, diseñando, vendiendo o reparando máquinas que previamente habían reemplazado a esos trabajadores.

El incremento de productividad conseguido mediante maquinaria significa un aumento directo en ingresos, que a su vez implica un incremento del gasto. Ese gasto vuelve a crear nuevos puestos de trabajo, muchas veces creando nuevos productos o proveyendo nuevos servicios. Así, por ejemplo, en 1810 no había analistas informáticos ni cirujanos plásticos, y siguiendo el mismo razonamiento, en 2110 habrá trabajos que hoy todavía no existen y que ni siquiera podríamos anticipar. El error que mucha gente comete al pensar que

todos los trabajos desaparecerán en manos de las máquinas, es asumir que no surgirán nuevos trabajos que requieran habilidades propias de los humanos. La historia de la mecanización agraria demuestra que un gran número de trabajadores puede ser reemplazado por máquinas, sin que haya como consecuencia un gran aumento del desempleo. Por lo tanto, los robots pueden reemplazar a los humanos, pero no en trabajos que todavía no se han inventado, ya que son los humanos los que pueden inventar esos nuevos trabajos [12].

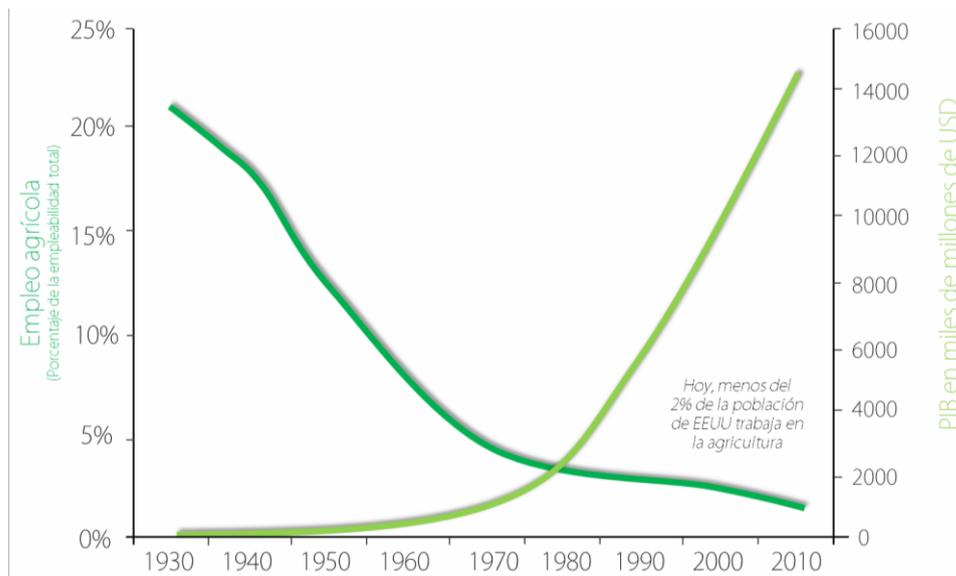


Figura 6. Empleabilidad del sector agrario y PIB en EE.UU. entre 1930 y 2010 [12].

¿La agricultura de precisión genera beneficios económicos cuantificables hoy en día?

Los productores de soja norteamericanos están adoptando cada vez más tecnologías de precisión porque se están dando cuenta de que las operaciones agrícolas les cuestan menos dinero, permitiéndoles obtener mayores ganancias. Estos son los resultados de una encuesta reciente realizada por el *Instituto PrecisionAG* en cooperación con la Asociación Estadounidense de Soja (*American Soybean Association*) para obtener información sobre el retorno de inversión (ROI) derivado de herramientas y tecnologías de agricultura de precisión [13]. La información proporcionada por los productores encuestados demuestra que aquellos que utilizan correctamente estas tecnologías, recuperan rápidamente el dinero invertido, y en algunos casos, tan solo en una temporada. En concreto, se han contabilizado ahorros del 15 % en varios insumos de cultivos como semillas, fertilizantes y productos químicos. A menudo, el ahorro de insumos se recupera gracias a la tecnología en un periodo de un año en una

gran explotación de cultivo, y de dos a tres años en explotaciones más pequeñas, lo que implica que cuanto mayor sea el aumento de hectáreas, más probabilidad habrá de que el agricultor utilice múltiples tecnologías de agricultura de precisión. Las semillas, en particular, son productos donde los costes han aumentado drásticamente. Evitar el solapamiento de pases en la plantación con sistemas de guiado automático por GPS, no sólo reduce la inversión en semillas certificadas, sino que también mejora los rendimientos por hectáreas, que a veces distaban mucho del óptimo debido a la acumulación de semillas.

Además de todos los ahorros y aumentos potenciales de rendimiento mencionados anteriormente, muchos agricultores encuestados señalan que las herramientas de agricultura de precisión hacen que las tareas agrícolas sean menos estresantes, y que los días largos de trabajo no tengan consecuencias nocivas sobre la espalda, los hombros y la salud en general debido a las posturas que requieren estos trabajos. Nuevas herramientas, como el guiado automático, permiten que los operarios de las máquinas pueden dedicar más tiempo a monitorizar las labores del campo, en lugar de centrar su atención en conducir las grandes máquinas agrícolas siguiendo una línea recta, que no siempre es fácil de seguir. La edad promedio de los productores de soja que respondieron a la encuesta es de 54 años, y mientras algunos tienen hijos o consultores que les pueden ayudar, el 80 % de los encuestados se encarga de hacer toda la selección, compra y uso de la tecnología de precisión por sí mismos. Si bien los resultados muestran que los agricultores podrían recibir más formación para aprovechar plenamente los beneficios de estas tecnologías, a medida que vayan apareciendo mejores beneficios tangibles y los productos agrícolas sigan encareciendo, la adopción se espera que se extienda rápidamente a todos los agricultores con independencia de su edad o del tamaño de sus explotaciones. La buena noticia es que el 63 % de los encuestados indicaron que la tecnología de precisión les resultaba "bastante fácil de usar" (41 %), "fácil de usar" (20%) o "muy fácil de usar" (2 %), pero pocos (9 %) indicaron que esta tecnología "no es nada fácil de usar", lo que por supuesto, será un desafío para los proveedores de equipos y servicios en el futuro.

Profundizando en los aspectos económicos de la adopción de estas innovaciones [14], en términos medios se puede considerar que una explotación de 400 ha de cultivo (1.000 acres) puede registrar un aumento en ingresos entre 20.000 y

70.000 dólares por año mediante la agricultura de precisión con la tecnología actual. Sin embargo, serían ingresos y no ganancias. El beneficio real estaría determinado en gran parte por la capacidad de mantener los costes productivos bajos, sobre todo si se puede reducir la inversión de capital en los primeros años en que se adopte la agricultura de precisión. Es importante acumular datos históricos procedentes de varios años para aprender de cada campo y así poder seleccionar la tecnología y los equipos más adecuados para cada agricultor. Como la disminución de costes de adquisición y una mejor funcionalidad ocurren generalmente algunos años después de las grandes revoluciones, ahora podría no ser el mejor momento para comprar equipos caros. Desde un punto de vista agronómico, uno de los aspectos realmente interesantes de las tecnologías de agricultura de precisión, con su capacidad para comprender mejor la biología subyacente y perfeccionar el desempeño de diversas prácticas de manejo, es que los agricultores pueden aumentar la fertilidad de sus campos de una manera sostenible. Algunos resultados preliminares son prometedores y diferentes prácticas de manejo sugieren que una mejor gestión utilizando la agricultura de precisión puede comenzar tímidamente, pero a largo plazo, los aumentos en la salud del suelo y su fertilidad son considerables. No obstante, antes de que un agricultor alcance estos beneficios de manera eficaz, necesita entender bien las propiedades de la fertilidad actual y del potencial de rendimiento de sus campos. En otras palabras, necesitaría comenzar a adquirir datos precisos sobre el rendimiento de las cosechas en cada temporada, así como de los gastos incurridos para cada parcela. En definitiva, la aplicación de todas estas nuevas metodologías no sólo va a significar un ahorro de costes significativo, sino también una mayor producción para poder combatir el hambre de una población creciente. Según informa la FAO [15], y como muestra la figura 7, se esperan incrementos considerables para el año 2030 en el rendimiento de las cosechas (toneladas por hectárea) para aquellos cultivos fundamentales como los cereales y las leguminosas.

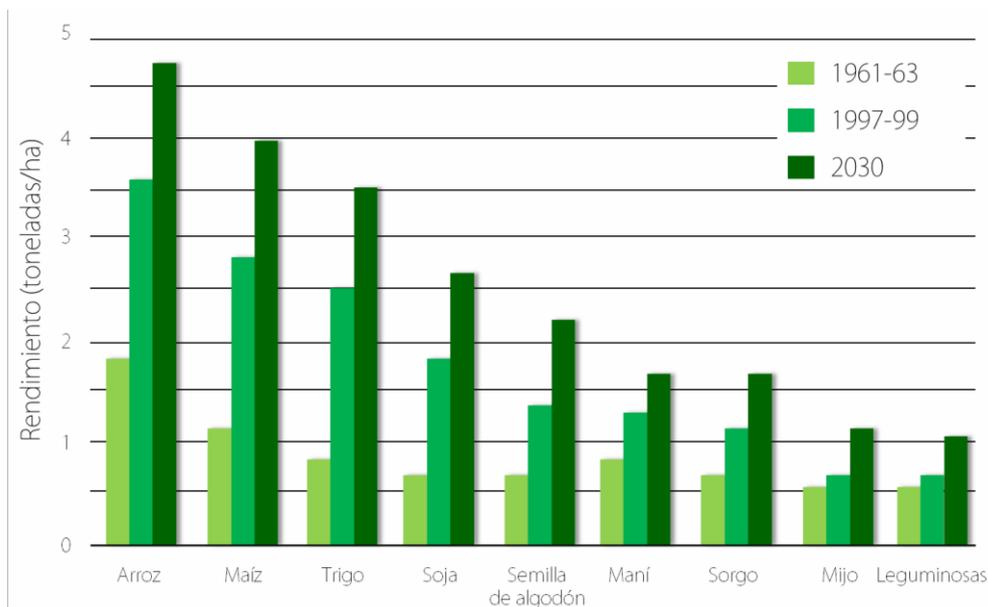


Figura 7. Rendimiento de cultivos fundamentales esperado para el 2030 según la FAO [15].

¿Puede la agricultura de precisión generar beneficios medioambientales constatables científicamente en 2020?

El nuevo modelo de gestión representado por la agricultura de precisión aporta una serie de beneficios que trascienden la parte económica, ya que se reduce el uso de productos fitosanitarios (sustancias que destruyen ácaros, insectos, bacterias, nematodos, etc.), lo que implica añadir al mayor rendimiento económico, una menor exposición de sustancias nocivas para el entorno natural. Concretamente, en cuanto a beneficios ambientales cuantificables, cabe destacar que en este tipo de agricultura se puede aportar una dosis correcta de producto fitosanitario en el lugar idóneo y en el mejor momento del ciclo reproductivo de la plaga a erradicar, lo que beneficia al suelo y a las capas freáticas de donde animales y personas suelen extraer agua para beber. Por otra parte, también resulta beneficioso que las prácticas de cultivo se ajusten bien a las necesidades reales de cada planta. Esto implica poner a disposición del agricultor moderno infinidad de información técnica para ayudarle a tomar decisiones minimizando los riesgos, y mejorando así la calidad intrínseca de los productos agrarios. El problema específico del control de plagas con pesticidas está creciendo en importancia dentro de la Unión Europea dado su impacto económico y la dificultad de supervisión, y es una de las aplicaciones que han despertado el interés del uso de drones en agricultura, como el mostrado en la figura 8. Los drones agrícolas [16], que han dejado atrás a las imágenes por satélite y a las fotografías aéreas, se están utilizando cada vez más porque son más económicos que las imágenes, y tienen mayor resolución al volar a menor altura. Entre las

aplicaciones para combatir plagas a gran escala, cabe destacar los drones fumigadores, que pueden controlar la avispa asiática y también ser utilizados en la lucha contra incendios. Aun así, en estos momentos se está apostando más por los robots terrestres, con el objetivo de asistir a los trabajadores en tareas manuales.



Figura 8. Uso de vehículos no tripulados (drones) en agricultura [16].

¿Podría la robótica reducir los costes de producción?

Según la consultoría Boston Consulting Group (BCG), la inversión en robots industriales se acelerará notablemente durante la próxima década, con un crecimiento anual que se situará cerca del 10 % en los próximos años, lo que supone un incremento notable con respecto al 2 % - 3 % actual. Como resultado, el coste total en mano de obra podría disminuir hasta el 16 % en 2025, en especial en los primeros 25 países exportadores. Las mayores ganancias en el ahorro de mano de obra se producirán en los países que están a la vanguardia de la implementación de robots, como Corea del Sur, China, Estados Unidos, Japón y Alemania. Siendo así, los costes laborales de producción para el año 2025 podrían disminuir desde un 33 % a un 18 % [17]. El carácter general de la robótica hace que se pueda aplicar a cualquier ámbito de la producción agropecuaria, como por ejemplo el robot desarrollado por la Universidad de Lérida para disminuir los costes en la producción porcina mediante la regulación de la alimentación y la producción de residuos contaminantes [18].

¿Podría la robótica ayudar a la población rural de avanzada edad?

Uno de sus beneficios principales del guiado automático de tractores por sistemas de posicionamiento global (GPS) es la reducción importante del consumo de semillas, combustible, fertilizantes y productos fitosanitarios, optimizando los recursos disponibles tanto en tiempo de trabajo como en el

número de operarios necesarios, posibilitando, además, la realización de labores agrícolas en condiciones climatológicas adversas, donde la visibilidad, por ejemplo a causa de la niebla, quede seriamente comprometida. Con la utilización de autoguiado, las tareas del campo pueden realizarse a una mayor velocidad, con mayor precisión, de forma más cómoda y manteniendo la maquinaria agrícola en mejor estado debido a un menor desgaste [19]. Todo este soporte de carácter tecnológico, sin duda resultará idóneo para aquellos productores que vean mermadas algunas facultades como la vista o los reflejos. Siguiendo en esta línea, el robot multitarea desarrollados por las universidades de Copenhague, Wageningen (Países Bajos) y Kaiserslautern (Alemania), junto al instituto de investigación WUR en los Países Bajos, fue capaz de conseguir una reducción del 98 % en la cantidad de producto pulverizado sobre las plantas, ya que el pulverizador robótico desarrollado sólo trataba las superficies o plantas concretas afectadas por enfermedades o plagas, lo que de manera indirecta supone una menor exposición de los operarios a productos tóxicos [20].

¿Podría la robótica atraer a jóvenes agricultores y bajar así el promedio de edad en zonas rurales?

Lo que planteamos en este apartado es la posibilidad de disminuir la edad media de los agricultores profesionales por el atractivo que las tecnologías emergentes ejercen sobre la juventud, ya que, la edad promedio del agricultor español es superior a los 55 años [2]. Esta deseada disminución de edad se realizaría al modernizar nuestra producción de alimentos mediante la implantación de la robótica y de la agricultura de precisión, lo que ayudaría a que la agricultura española siga siendo una economía creciente, sana y esencial dentro de nuestra sociedad. Actualmente, en España solamente el 3,7 % de las personas que tienen como oficio la agricultura tiene 35 años o menos de 35 años [21]. El aumento de mano de obra derivado de la implantación de la automatización y robótica en agricultura requerirá personal formado en informática, análisis de datos, y tecnologías digitales, lo que favorecerá la incorporación de empleados jóvenes más habituados a los ordenadores, las comunicaciones, y un amplio conjunto de tecnologías afines.

Nuevos mercados demandan nuevas maneras de producir: la era de los datos y las técnicas de *big-data*

Actualmente existe en nuestra sociedad una gran necesidad cada vez más urgente e inmediata de producir más alimentos. Para ello, están apareciendo mercados que buscan unas nuevas formas de producción alimenticia, ya que la agricultura tradicional no aporta la cantidad suficiente. Esta necesaria intensificación de la producción se ve frenada en el contexto de la degradación de los recursos naturales. La mitad de las pequeñas explotaciones agrícolas del mundo producen el 80 % de nuestra comida hoy en día, y se estima que en el año 2050, la población mundial habrá aumentado a nueve mil millones de habitantes [22]. El estudio del clima es uno de los ámbitos científicos que, por sus características, resulta adecuado a las investigaciones basadas en *big-data* y el almacenamiento de información en la nube. Por el volumen, velocidad y variabilidad de los datos generados, las ciencias vinculadas al clima tienen en el *big-data* una herramienta apropiada para afrontar los enormes retos que plantean la modelización y seguimiento del fenómeno de cambio climático, tan importante para la producción agraria mundial, ya que se empieza a ver un cambio en las especies plantadas a consecuencia de alteraciones en los patrones climáticos. El *big-data* ofrece respuestas en diferentes campos vinculados al cambio climático. Las predicciones meteorológicas y los modelos climáticos, la relación entre cambio climático y producción de alimentos, los efectos en la economía o la prevención de fenómenos y catástrofes naturales (inundaciones, seísmos y maremotos, erupciones volcánicas, etc.) son algunas de las áreas de investigación sustentadas en estas aplicaciones científicas, e impulsadas por los estados y organismos internacionales como la ONU o la Unión Europea [23]. El uso de redes de sensores para monitorizar el riego como una parte integral del proceso productivo, es un buen ejemplo de cómo aplicar técnicas de *big-data* en la agricultura. El desembarco de estas tecnologías en el sector agrícola estadounidense ha sido posible gracias a la popularización de los teléfonos móviles inteligentes (*smartphones*) entre los agricultores, pero principalmente, a la proliferación de redes inalámbricas de conexión a Internet en zonas rurales. La preocupación de los productores por el coste y la disponibilidad de agua de riego para sus plantaciones han llevado a muchos de ellos a aliarse con la tecnología para sacarle el máximo partido a los recursos disponibles. La

instalación de sondas inteligentes enterradas en los terrenos de cultivo para monitorizar el nivel de agua del subsuelo, es un ejemplo ilustrativo de lo que la tecnología puede ofrecer a un sector especialmente sensible a los cambios climatológicos [24].

4.- CONCLUSIONES

Con una población rural envejecida y cercana a la edad de jubilación, unas cifras de desempleo juvenil excesivamente altas, que sin embargo son incapaces de atraer a jóvenes profesionales hacia el sector agrario, en gran parte dominado por inmigrantes no siempre bien valorados, y una población mundial que a mitad de siglo alcanzará los nueve mil millones y a la que tenemos que alimentar, el futuro no parece muy halagador. Pero lo es. Y lo es porque ante grandes crisis el hombre ha sacado siempre su ingenio y desarrollado tecnología –técnicamente llamada *disruptiva*– para prevalecer. En este proyecto hemos verificado que la automatización de cualquier sector crea más puestos de trabajo a largo plazo de los que destruye. Además, con esta automatización se podrá asegurar una producción de alimentos más eficiente y productiva, necesaria para alimentar a toda la población con nuevos métodos más rápidos y eficaces. Al final, esta mayor productividad llevará a un incremento de ingresos, y por ende un incremento de gastos, que a su vez crearán nuevos trabajos mediante nuevos productos o proveyendo nuevos servicios. Así pues, la implantación comercial de la robótica en la agricultura creemos que acabará atrayendo a un sector más joven y mejor adaptado a las nuevas tecnologías digitales, que junto al correcto uso de la agricultura de precisión, producirá los deseados beneficios económicos, sociales, y medioambientales que tanto necesita la Unión Europea y el mundo en general. Al fin y al cabo, los robots pueden reemplazar a los humanos en tareas pesadas, repetitivas y aburridas, pero nunca nos podrán sustituir en trabajos que todavía no se han inventado, y que obviamente sólo podrán ser inventados por nosotros y para nuestro bienestar.

5.- REFERENCIAS

- [1] Eurostat. http://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/rural-area-economics/briefs/pdf/o8_en.pdf. Consultado el 22 de diciembre de 2016.
- [2] Banco Mundial
<http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.RUR.TOTL.ZS?end=015&start=2015&view=map&year=2015>. Consultado el 18 de diciembre de 2016.
- [3] http://solidaridadintergeneracional.es/public/index.php?pid=contenidos&id_contenido=8. Consultado el 18 de diciembre de 2016.
- [4] Agroprecios. <http://www.agroprecios.com/es/noticias/3335-pepino-y-berenjena-son-los-productos-con-mayor-diferencial-de-precios-entre-agricultor-y-consumidor>. Consultado el 18 de diciembre de 2016.
- [5] INE: Padrón de Habitantes. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-222.htm>. Consultado el 18 de diciembre de 2016.
- [6] Tobe, F. The Robot Report. <https://www.therobotreport.com/news/service-robots-get-multiple-positive-forecasts>. Consultado el día 4/12/13.
- [7] Tobe, F. The Robot Report. <https://www.therobotreport.com/news/ifr-predicts-15-industrial-robot-growth-through-2018>. Consultado el día 4/12/16.
- [8] Strauß, J., Holger, R., Cunnington, A. Echord. <http://echord.eu/garotics/>. Consultado el 8 de diciembre de 2016.
- [9] Surdilovic, D., Fernandez, R. Echord. <http://echord.eu/catch/>. Consultado el 8 de diciembre de 2016.
- [10] Burks, T. F., D. L. Schmoldt, J. J. Steiner. U.S. Specialty Crops at a Crossroad, *Resource Magazine*, Septiembre 2008, ASABE.
- [11] Belton, P. EurAgEng Newsletter. Winter 2016.
- [12] Dorfman, J. *Agriculture proves robots won't take all our jobs*.
<http://www.forbes.com/sites/jeffreydorfman/2016/05/15/robots-may-take-some-jobs-but-we-will-create-new-ones/#59e6ed1b7678>. Consultado el 9 de enero de 2017.
- [13] Johnson, J. *Precision Agriculture: higher profit, lower cost*.
<http://www.precisionag.com/institute/precision-agriculture-higher-profit-lower-cost/>. Consultado el 9 de enero de 2017.
- [14] Farms.com Newsletter. *Precision Agriculture Economics*.
<http://www.farms.com/precision-agriculture/economics/>. Consultado el 10 de enero de 2017.
- [15] FAO. <http://www.fao.org/statistics/es/>. Consultado el 10 de enero de 2017.

- [16] Blog Agroptima. Drones agrícolas. <https://www.agroptima.com/blog/drones-agricolas/>. Consultado el 10 de enero de 2017.
- [17] REPORTERO INDUSTRIAL. *Ascenso de la robótica impulsará la productividad en la industria manufacturera a nivel mundial*.
<http://www.reporteroindustrial.com/temas/Ascenso-de-la-robotica-impulsara-la-productividad-en-la-industria-manufacturera-a-nivel-mundial+103285>. Consultado el 11 de enero de 2017.
- [18] ABC. *Desarrollan un robot para reducir costos en producción porcina*.
<http://www.abc.com.py/articulos/desarrollan-robot-para-reducir-costos-en-produccion-porcina-41502.html>. Consultado el 11 de enero de 2017.
- [19] Franquesa, M. *Por qué los agricultores deberían utilizar un GPS autoguiado*. Blog Agroptima. <https://www.agroptima.com/blog/por-que-los-agricultores-deberian-usar-un-gps-autoguiado/>. Consultado el 11 de enero de 2017.
- [20] Van Henten, E. Wageningen University.
https://static.aminer.org/pdf/PDF/000/259/972/sensors_and_control_for_a_utomonomous_robots.pdf. Consultado el 11 de enero de 2017.
- [21] FRESH PLAZA. *Los agricultores superan la media de edad de la UE*.
<http://www.freshplaza.es/article/93922/Los-agricultores-esp%C3%B1oles-superan-la-media-de-edad-de-la-UE>. Consultado el 11 de enero de 2017.
- [22] ONU. *FAO reitera exhortación a una mejor gestión del agua*.
<http://www.un.org/spanish/News/story.asp?newsID=36618#.WJB1PPnhAuU>
- [23] FUNDACIÓN RAMÓN ARECES. *Jornada: Big-data y cambio climático*.
<http://www.fundacionareces.es/fundacionareces/cargarAplicacionAgendaEventos.do?identificador=1847>. Consultado el 11 de enero de 2017.
- [24] Pérez, M. A. *Big Data para la agricultura*. Blog ThinkBig.
<http://blogthinkbig.com/big-data-la-agricultura/>. Consultado el 11 de enero de 2017.