



Q̄ã^caáá) ApeE^caáQí A^H Dã) ÁSOVQÖÖYÁPHÁ^HÍ U^áÁBaa..{ BaaQ^! aq ^!Baa aB(&aqD|| áaq
Ö:]] [Á^ (^ãE^obW q^!• áaaÁE d) [(aO@q q^ [ÁÁ
U^áÁBaa..{ BaaQ^! aq ^!Baa aB(&aqD|| áaq
Reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.
Vol 12. Nº 35
Diciembre 2019
<https://www.eumed.net/rev/delos/35/index.html>

INNOVACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE: EL PAPEL DE LAS TIC EN LA AGRICULTURA DEL MEDIO RURAL REMOTO

María Ángeles Rubio¹
Centro Universitario de la Defensa
Universidad de Zaragoza
marubio@unizar.es

Contenido

Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción	3
1.1. Dificultad para el relevo poblacional	3
1.2. Un aprovechamiento económico eminentemente primario	4
1.3. Pérdida del patrimonio ambiental	6
2. Construyendo un entorno TIC para la agricultura	8
3. Efectos de las TIC para el desarrollo sostenible	12
3.1. Dimensión económica	13
3.2. Dimensión social	18
3.3. Dimensión ambiental	20
Conclusiones	20
Referencias	22

¹ Doctora en Economía. Personal Docente e Investigador del Área de Economía y Gestión del Centro Universitario de la Defensa (Adscrito a la Universidad de Zaragoza).

RESUMEN

El medio rural del interior de España está viviendo una difícil situación, que afecta a las tres áreas de desarrollo sostenible, la social, la económica y la ambiental. La despoblación que ha vivido desde mediados del siglo pasado ha perfilado unas características sociodemográficas de baja densidad de población y envejecimiento que, sumadas a la falta de infraestructuras y servicios, retroalimentan la dinámica perversa de pérdida de población. La escasa actividad económica está definida por un patrón poco productivo y diversificado de producción primaria y, por lo tanto, fuertemente vinculada con el medio ambiente natural. Así mismo, este medio ambiente se ve afectado, en cierta medida, por la pérdida de diversidad y el elevado consumo de recursos y, más severamente, por la contaminación derivada del excesivo uso de fitosanitarios.

Por otro lado, el avance observado en la investigación y desarrollo de nuevas funciones de las tecnologías de la información y la comunicación puede ayudar a paliar esta situación. Las distintas funcionalidades en comunicación, conexión, procesamiento y transferencia de información permiten una visión integral y multidimensional de todas las actividades que forman parte de la cadena de valor agraria. Así pues, el proceso de toma de decisiones cuenta con una información más precisa, con la que es posible reducir costes económicos y ambientales, e incrementar la producción. Este trabajo identifica las tecnologías actualmente disponibles dirigidas a la actividad agraria, y determina los efectos sobre el desarrollo sostenible del medio rural remoto.

Palabras clave: desarrollo sostenible - medio rural remoto - actividad agraria - innovación -TIC.

ABSTRACT

Rural areas, inside Spain, is experiencing a difficult situation, which affects the three areas of sustainable development, social, economic and environmental. The depopulation that has suffered since the middle of the last century has outlined sociodemographic characteristics, such as low population density and aging that, added to the lack of infrastructures and services, feeds back the perverse dynamics of depopulation. The economic activity is limited and defined by an unproductive and diversified pattern of primary production and, therefore, strongly linked to the natural environment. Likewise, this environment is affected, to a certain extent, by the loss of diversity and the high consumption of resources and, more severely, by the pollution derived from the excessive use of phytosanitary products.

On the other hand, the progress observed in research and development of new functions of information and communication technologies can help to reverse this situation. The different functionalities in communication, connection, processing and transfer of information allow an integral and multidimensional vision of all the activities that are part of agricultural value chain. Thus, the decision-making process has more precise information, with which it is possible to reduce economic and environmental costs, and increase production. This work identify the available technologies aimed at agricultural activity and determine the effects on the sustainable development of the remote rural environment.

Key words: sustainable development - remote rural areas - farming – innovation - ICT.

1. INTRODUCCIÓN

Es incuestionable el fenómeno que, a nivel internacional, se está viviendo con el desplazamiento de población desde el medio rural al urbano. Por primera vez en nuestra historia, según cifras del Banco Mundial, en 2007 la población urbana superó la población rural mundial y este es un fenómeno que sigue agravándose desde entonces. De hecho, se espera que antes de 2050 dos tercios de la población vivan en ciudades, más o menos a la inversa de la distribución de la población rural-urbana existente a mediados del siglo XX. Este es un desequilibrio territorial que se observa por igual en países desarrollados y en desarrollo, aunque su proceso se ha iniciado en distintos momentos, vinculado con las propias dinámicas políticas y productivas.

Por su parte, la población urbana en España supera el 80'3% en 2018 (Banco Mundial, 2019). La pérdida de población de su medio rural afecta a gran parte del territorio peninsular, aunque tiene el mayor exponente en las provincias del interior y, de forma más grave, en aquellas que ocupan el Sistema Ibérico. Las difíciles condiciones ambientales que caracterizan este territorio, con un clima continental extremo y una orografía accidentada, imprimen un carácter de marcado asilamiento y llevan a que, según datos del INE, más del 76 por 100 de las localidades sea considerado como medio rural remoto².

Esta despoblación ha ido derivando en una serie de efectos que imprimen a este medio rural características especiales en su ámbito social, económico y ambiental.

1.1. Dificultad para el relevo poblacional

La pérdida de población a la que ha estado sometido este territorio tiene su primera consecuencia en una baja densidad demográfica que, unida a la falta de infraestructuras viarias, refuerza entre sus habitantes la percepción de aislamiento.

Así mismo, con el paso de los años esta pérdida de población ha tenido como resultado el envejecimiento de su estructura demográfica. Envejecimiento derivado, en primer lugar, de la salida de población más joven, que es la que en mayor medida toma la decisión de abandonar el medio rural en busca de opciones más amplias de desarrollo personal y profesional, y en segundo, de la caída de la tasa de natalidad motivada precisamente de la pérdida de esta población joven, que representa el futuro reproductivo. Así, aunque en la actualidad se ha observado una desaceleración de las migraciones, se da una segunda forma de despoblación correspondiente a crecimientos vegetativos negativos.

Esta falta de reproducción de la población local también se explica por una emigración femenina, incluso si cabe, más acusada. Hecho que también ha provocado la masculinización rural en edades jóvenes e intermedias (Camarero et al., 2009). Las desigualdades de género aún

² Según criterios de la OCDE, se considera municipio rural remoto aquel que está separado de los servicios propios de una ciudad por una distancia superior a 45 minutos de viaje (Brezzi, Disjkstra y Ruiz, 2011).

persistentes en el reparto de tareas en el medio rural han ido expulsando a las mujeres en busca de nuevas oportunidades. El papel que se les ha asignado, básicamente en el ámbito doméstico y en tareas de apoyo en la producción familiar, choca de frente con su mayor nivel educativo y sus expectativas más amplias, lo que motiva su falta de encaje y su necesidad de buscar opciones en otros territorios. Este desequilibrio por sexo en la estructura de la población rural afecta directamente a la dinámica de reproducción y de composición familiar, así como a las expectativas vitales del conjunto de la población rural (CES, 2018).

De este modo, las características sociodemográficas descritas ponen de manifiesto la existencia de factores de riesgo que inciden negativamente y aumentan la vulnerabilidad para lograr un desarrollo sostenible en el medio rural remoto. Sus opciones están supeditadas a la permanencia de población en edades intermedias, puesto que es la encargada del trabajo productivo, reproductivo y del cuidado de los más mayores; de ahí que esta horquilla de población sea considerada como el principal sostén de la vida rural, y que, por tanto, este sea el grupo de edad por cuya permanencia se deba velar si se quiere garantizar el futuro desarrollo del medio rural.

Otro factor de vulnerabilidad lo representa el riesgo de pobreza que sufre este medio rural remoto, donde el PIB per cápita en 2012 era un 15 por 100 inferior (tanto en euros corrientes como en paridades de poder de compra) al de las grandes urbes o ciudades de tamaño intermedio (CES, 2018). Riesgo de pobreza que no solo tiene que ver con bajos ingresos monetarios sino con las dificultades para acceder a las distintas alternativas de desarrollo que sí existen en núcleos más grandes de población. La Comisión Europea (2008) vincula esta situación de mayor vulnerabilidad social con cuatro tipos de problemas que son a la vez causa y efecto, y vienen a perpetuar este desequilibrio entre territorios:

- laborales, debidos a las opciones de empleo más restringidas
- demográficos, derivados del éxodo de población hacia el medio urbano
- educativos, motivados por la falta de oferta educativa y de formación especializada
- de accesibilidad a servicios básicos e infraestructuras adecuadas

Problemas estos que cierran un círculo vicioso al que resulta difícil aplicar cualquier tipo de solución.

1.2. Un aprovechamiento económico eminentemente primario

La despoblación supone la pérdida de recursos humanos para cualquier tipo de desarrollo en estos territorios, dado que por debajo de una población mínima es imposible mantener la actividad económica (CES, 2018). Un claro efecto de este hecho es que el tejido productivo en el medio rural remoto está compuesto por microempresas, con muy reducida contratación de trabajadores, y, en su mayoría, por autónomos pertenecientes al régimen especial agrario.

A su vez, una de las características distintivas de este medio rural remoto es el protagonismo del medio físico en las actividades productivas, que se traduce en su

aprovechamiento a través de la agricultura, la ganadería y, en menor medida, de las tareas silvícolas (Foro IESA, 2009).

Así, se configura un tejido productivo escasamente diversificado, con el predominio del sector primario-extractivo en su estructura productiva, la falta de una transformación local de la producción obtenida y, sobre todo, la importante carencia de servicios dirigidos tanto a la población como al apoyo de las empresas locales. Por otra parte, se trata de un tejido productivo dominado por microempresas, con preeminencia del empleo autónomo y caracterizadas por su reducida productividad, que exige completar ingresos con el trabajo en otras actividades, algunas, incluso, fuera del ámbito rural. Todo ello se agrava con la deficiencia en la dotación de infraestructuras y equipamientos, y la menor prestación de servicios públicos y colectivos que contribuyen a apoyar la actividad productiva.

Poniendo el foco en la actividad agraria, se observa cómo las condiciones climáticas, sumadas a la difícil orografía del terreno, la dispersión y pequeño tamaño de las parcelas y la falta de infraestructuras para el regadío configuran una agricultura escasamente productiva (Franco, 2015). Se trata de una agricultura extensiva que, a su vez, encuentra dificultades en establecer una estrategia propia frente al mercado, dados el difícil acceso a la información y la lejanía de los centros de decisión. En este sentido, los desafíos a los que se enfrentan los productores agrarios del medio rural remoto son todavía más difíciles de salvar que los de cualquier otro pequeño empresario de otro sector económico o en otra área geográfica.

Se definen, así, unas condiciones que configuran la debilidad de la producción agraria en el medio rural remoto español y llevan a diferenciarlo de otros territorios en lo que *El Informe España* (2015) de la Fundación Encuentro considera la España rural interior no competitiva. Como ya se ha señalado antes, esto tiene un claro reflejo en los niveles de obtención de ingreso y distribución de renta. Esta menor renta no solo tiene implicaciones sobre la capacidad adquisitiva de su población para alcanzar el nivel de vida de otros territorios, sino que afecta también a la inversión empresarial, traduciéndose en opciones más reducidas de desarrollo económico.

Por otro lado, la constante pérdida de población también ha tenido su reflejo en el mercado laboral, donde se ha debilitado la estructura demográfica en esas edades que representan el soporte para la actividad productiva local (Camarero et al., 2009). Se debilita, de este modo, la oferta de capital humano, tanto en la cantidad como en la cualificación necesarias para dar respuesta a las necesidades de un tejido productivo que busque ser competitivo en el sistema actual. El abandono del medio rural por parte de la población más joven y preparada se traduce en la falta de relevo generacional para asumir la gestión de las empresas locales, lo que lleva a la desaparición del tejido productivo o, en el mejor de los casos, el envejecimiento en la dirección. El resultado, en definitiva, tiene consecuencias de carácter cuantitativo y cualitativo: no solo se debilita el tejido productivo local al disminuir el número de empresas y su producción, sino que aumenta la dificultad de introducir las innovaciones necesarias para hacerlas más competitivas. Esto provoca un nuevo argumento en la decisión de abandono agrícola que alimenta y agudiza la pérdida de población en este medio rural remoto.

1.3. Pérdida del patrimonio ambiental

La función que tradicionalmente se ha atribuido al medio rural ha sido la de provisión de alimento, pero hoy en día también es preciso destacar su papel en la preservación del medio ambiente. El medio rural remoto alberga una parte mayoritaria de los recursos naturales y una muy significativa del patrimonio histórico y cultural (CES, 2018), activos materiales e inmateriales que enriquecen patrimonio global.

La despoblación del medio rural remoto también tiene aquí su efecto con la pérdida de superficie cultivada y, en consecuencia, de producción. El abandono no solo actividades hoy consideradas tradicionales sino también de las agrícolas y ganaderas supone el olvido de una cultura y un modo de hacer ancestral, al tiempo que también tiene sus implicaciones sobre la conservación del medio físico.

Se pierde diversidad tanto en los cultivos como en los ecosistemas asociados, que antes albergaban flora y fauna en distintos hábitat favorecidos por las explotaciones agrarias. Con el abandono de cultivos se pierde también suelo fértil, resultado de la erosión propiciada por terrenos labrados que ahora quedan sin cobertura vegetal y están expuestos a los efectos de los fenómenos meteorológicos. La reducción de cultivos y de la ganadería extensiva también propicia una mayor frecuencia e intensidad de incendios forestales, ocasionados por la desaparición de superficies agrícolas que hacían las veces de cortafuegos y por la mayor presencia de material combustible por falta de limpieza de las masas forestales (CES, 2018). Incendios que, a su vez, vienen a agravar los fenómenos de pérdida de suelo y biodiversidad.

También se hacen visibles aquí los efectos del cambio climático, observados a escala mundial. En estas regiones, extremadamente sensibles, las modificaciones en los patrones climáticos, con incrementos en las temperaturas, sequías o inundaciones severas, tienen implicaciones más profundas. Esto afecta especialmente a la disponibilidad de tierras cultivables, que se ven reducidas y ponen en peligro la subsistencia de las explotaciones y, a la larga, la seguridad alimentaria.

El intenso consumo de agua en la agricultura más productiva de otras zonas (aunque no de la agricultura de este medio rural remoto, que en su mayor parte es una agricultura de secano) provoca cambios en los flujos y caudales de este medio rural remoto (generador de agua por estar enclavado en regiones montañosas), lo cual afecta inevitablemente a la estabilidad de la flora y fauna locales.

Todo ello tiene un impacto visible sobre el paisaje, ya que desaparece no solo la fisonomía propia del aprovechamiento agrícola, sino también masas de bosques y diversidad en las especies naturales que los pueblan, así como el suelo vegetal y los cursos de agua. Se rompe, en definitiva, un equilibrio que permitía el mantenimiento de todo este sistema natural.

A esto se deben añadir las consecuencias derivadas de la filosofía introducida con la revolución verde de la agricultura, donde ha primado la producción por encima de otros aspectos, y donde han logrado imponerse fertilizantes químicos y fitosanitarios, con resultados negativos para el medio ambiente.

En definitiva, en el medio rural remoto el vínculo creado entre población, aprovechamiento y medio ambiente es más estrecho y tiene repercusiones mutuas significativas, puesto que la actividad desarrollada afecta al estado del medio, pero este tiene también un efecto directo sobre las condiciones para ofrecer calidad de vida y oportunidades económicas a la población rural. Por ese motivo se convierte en un medio ambiente más vulnerable a los efectos globales del cambio climático y con repercusiones más significativas en las tres esferas del desarrollo sostenible.

Todos estos condicionantes definen unas características específicas para estas áreas rurales remotas, que son comunes a todas ellas, estén donde estén, ya sea en países en desarrollo o desarrollados. Pero también son unas características que las diferencian de otras regiones, las dejan en situación de mayor vulnerabilidad y abren una distancia cada vez más acusada en cuanto a sus niveles de desarrollo. El reto de este medio rural remoto puede estar en propiciar una nueva modernización agraria, dado que sigue siendo su actividad principal, de modo que contribuya a crear mejores condiciones de producción y de vida, al tiempo que se vele por la preservación de sus valores naturales y culturales.

En la consecución de este objetivo, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) pueden jugar un papel fundamental. En la última década se ha observado un importante avance en la investigación y desarrollo de nuevas funciones y dispositivos que están introduciendo la innovación deseada en la agricultura. Las TIC se están centrando en esta actividad con el fin de crear nuevas funcionalidades que permitan incrementar, a través de una mejor gestión, la eficiencia y sostenibilidad en el uso de los recursos naturales. En los últimos años se está logrando incrementar el rendimiento de las estructuras agrícolas. Este logro obedece a un aumento tanto de la cantidad como de la calidad de los productos comercializados (Ballantyne et al., 2010; Xin et al., 2015).

Como en cualquier otra actividad económica, el acceso a la información es para la agricultura actual un factor de suma importancia en el trabajo diario. Permitir una acertada toma de decisiones es problemático, no solo como consecuencia de la diversidad de información a considerar, sino también debido a la naturaleza dinámica de esta información, disponible en múltiples lugares y cambiante en el tiempo. Con esta premisa, se está creando un entorno TIC, que facilita la generación, recogida, envío, interpretación y difusión de información continua y actual. Se trata de un entorno ubicuo, muy en sintonía con las características de una actividad realizada en lugares diversos y al aire libre, donde el agricultor puede requerir información en cualquier momento, en cualquier lugar.

Al mismo tiempo, la Comisión Europea (2010) se plantea unos objetivos para su Estrategia Europea, *Europa 2020*, que van en la línea de un crecimiento más integrador de todos los territorios y sectores económicos. Objetivos que coinciden plenamente con las necesidades de la agricultura del medio rural remoto y las posibles soluciones mostradas aquí:

Crecimiento inteligente: desarrollo de una economía basada en el conocimiento y la innovación.

Crecimiento sostenible: promoción de una economía que utilice más eficazmente los recursos, que sea verde y más competitiva.

Crecimiento integrador: fomento de una economía con un alto nivel de empleo que redunde en la cohesión económica, social y territorial.

Así pues, la rápida introducción de dispositivos móviles, acompañada por desarrollos en nuevas aplicaciones específicamente dirigidas a la actividad agrícola, puede proporcionar un instrumento para superar la asimetría de información existente entre medio este medio rural remoto y el resto de áreas geográficas. Se puede lograr una nueva forma de hacer agricultura, apoyada por un continuo y rico acceso a la información, convirtiéndose no solo en agricultura inteligente sino en agricultura de precisión. En consecuencia, esta nueva forma de agricultura es la que, presumiblemente, permitirá incrementar el rendimiento y mejorar las condiciones de los productores. La agricultura sostenible debe ser aquella que busca maximizar los beneficios netos que la sociedad recibe de la producción agrícola, exigiendo, entre otros, cambios importantes en las prácticas de producción.

El objetivo de esta comunicación es, por tanto, analizar el servicio que estas TIC están ofreciendo a la agricultura actual y mostrar de qué manera están contribuyendo al desarrollo sostenible del medio rural remoto, en sus distintas dimensiones social, económica y ambiental.

Para conseguir este objetivo se ha revisado la literatura académica existente, y se ha analizado bajo el enfoque del desarrollo sostenible, creando un marco de estudio donde se recogen los avances en la materia, logrados hasta el momento actual.

2. CONSTRUYENDO UN ENTORNO TIC PARA LA AGRICULTURA

Numerosos trabajos académicos abordan el análisis de cómo las TIC están realizando una verdadera aportación para la mejora en el sector agrario. Se ha observado cómo una mejor gestión, ayudada por tecnologías de la información y la comunicación, se convierte en un incremento de productividad de los recursos, ahorro en costes y, en definitiva, mayor rentabilidad de las explotaciones.

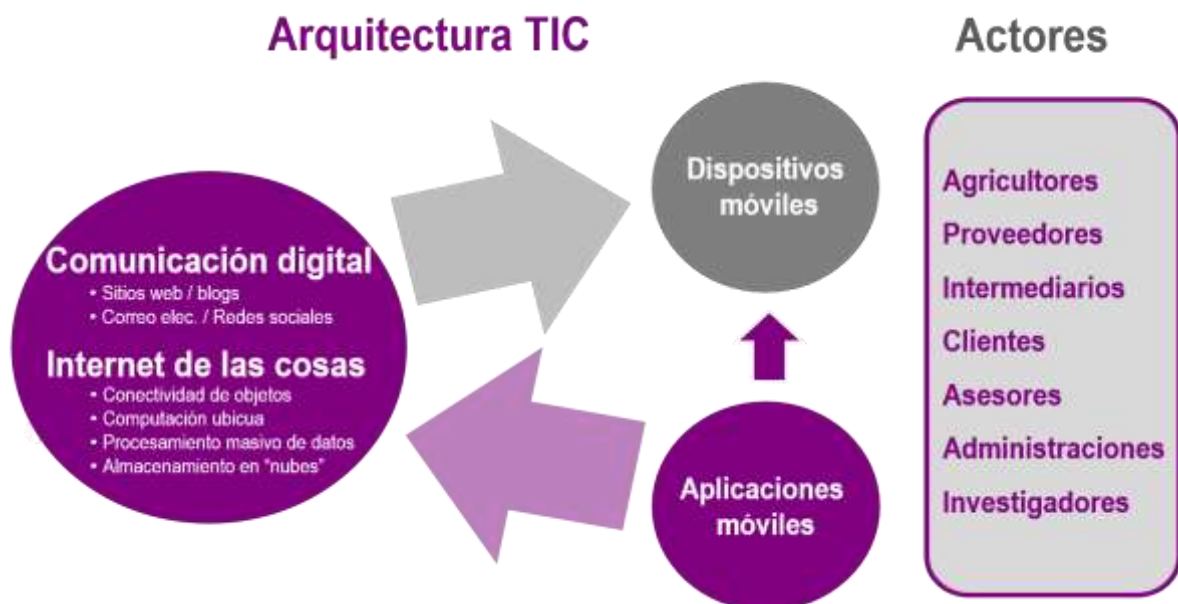
Como se ha visto hasta aquí, las especiales condiciones de la agricultura en el medio rural remoto plantean mayores exigencias para buscar su competitividad frente a otras empresas al tiempo que conseguir la sostenibilidad de las propias explotaciones, del sistema social y del medio ambiente en el que operan. Estas exigencias obligan a revisar la forma de hacer agricultura y pensar en nuevas soluciones.

Las TIC usadas en agricultura incluyen radio, televisión, ordenadores conectados a internet y dispositivos de telecomunicación, como los teléfonos (Shetto, 2008). No obstante, en los últimos años se ha producido un avance en la investigación y desarrollo de nuevos elementos que han ido configurando un entorno TIC acorde a las características y necesidades actuales del sector agrario. Las tecnologías de la información y la comunicación han centrado su atención en la agricultura, donde hasta el momento tenían escasa presencia; pero aún es más, los últimos

análisis académicos han cerrado el foco en una agricultura remota, realizada en países en desarrollo, donde las precarias condiciones de los campesinos hacen todavía más difícil el acceso a la información. Este es precisamente el objeto de estudio de esta comunicación.

Las TIC combinan redes, dispositivos y técnicas, para el tratamiento y la transmisión de la información, principalmente a través de la informática, Internet y telecomunicaciones. Así pues, se definen como “dispositivos tecnológicos (hardware y software) que permiten editar, producir, almacenar, intercambiar y transmitir datos entre diferentes sistemas de información que cuentan con protocolos comunes. (...) Estas herramientas desempeñan un papel sustantivo en la generación, intercambio, difusión, gestión y acceso al conocimiento.” (Cobo, 2009:312).

Figura 1. Entorno TIC en la agricultura



Así, se configura lo que se conoce como eAgriculture, es decir, un nuevo entorno de trabajo, constituido por un conjunto de tecnologías de la información y la comunicación, adaptadas a las características específicas de la actividad agraria. Los requerimientos de información a lo largo del ciclo de cultivo exigen tener acceso a datos que se generan en momentos puntuales de tiempo y en lugares diversos; los avances logrados en los últimos años han permitido crear un entorno TIC que responde a esta demanda (Brugger, 2011). Así pues, las distintas versiones de las tecnologías de la información y la comunicación permiten obtener información en tiempo real a lo largo de todas las etapas de la actividad agraria de una forma que hasta ahora no era posible. Esto permite tomar mejores decisiones, derivando en menor uso de recursos, menor generación de residuos y máxima eficiencia en las operaciones.

Este entorno está configurado, en primer lugar, por lo que se denomina “Internet de las cosas” (en inglés, Internet of Things, IoT) por el que se construye una arquitectura de comunicación en la que diferentes objetos comunes en la actividad empresarial, dotados de pequeños sensores, cámaras, GPS, etc. y conectados a través de redes, permiten gestionar las

diferentes tareas, sirviendo de apoyo en la gestión cotidiana (Atzori et al., 2010). Pese a que la idea de IoT no es nueva, es ahora cuando está adquiriendo una relevancia especial en el mundo práctico, como una manera de combinar el mundo físico con su representación en los sistemas de información (Liu et al., 2014).

Por un lado, la tecnología RPID, que utiliza ondas de radio para identificar artículos, es vista como uno de los elementos posibilitadores fundamentales del Internet de cosas. Los sistemas RPID (Zhao et al., 2010) y servicios GPS (Beecham Research, 2014), incrustados en los teléfonos móviles, pueden realizar un seguimiento de artículos en tiempo real, generando información importante sobre su ubicación y estado. Por otro lado, las tecnologías de sensores detectan cambios en el estado físico de las cosas, lo cual también aporta información relevante para la gestión y la toma de decisiones. También, satélites y vehículos aéreos no tripulados (comúnmente conocidos como drones) permiten la recogida de información en el campo, allí donde la observación humana tiene un acceso más restringido. Así mismo, avances en la miniaturización y la nanotecnología se traducen en cosas cada vez más pequeñas, con la capacidad de conectarse, interactuar y transferir información por redes inalámbricas desde un dispositivo a una persona o a otro dispositivo (M2M³, máquina a máquina) (Zhao et al., 2010). A través de esta comunicación M2M se puede controlar y automatizar de forma remota las diferentes tareas de la explotación agrícola.

De este modo, la combinación de todos estos desarrollos crea la arquitectura Internet de las cosas, que posibilita la conexión de las “cosas” de la actividad agraria de una manera llamada “inteligente” o de “precisión”, ya que la información que facilita es tan exacta y frecuente que permite decisiones más acertadas y económicas.

No obstante, junto a estos sofisticados sistemas de recogida y tratamiento de información para la gestión en la agricultura, también es importante el papel que están jugando otras formas de comunicación, en este caso, entre personas. Al igual que en otros sectores, la existencia de páginas web, blogs o redes sociales permite la difusión de información actualizada, valiosísima para la gestión en la agricultura. Así pues, agricultores y productores tienen a su disposición una gran variedad de información, que emana de puntos bien diversos en tiempo real, sobre el estado del suelo, condiciones meteorológicas, comportamiento de animales y cultivos, estado de la maquinaria y de los almacenes, y disposición de oferta y demanda en los mercados. Para todas las implementaciones, los sistemas de TIC recopilan y analizan los datos y los presentan de tal manera que propician una respuesta apropiada a la información recibida (Beecham Research, 2014).

En definitiva, el entorno TIC se ha ido configurando con los progresos realizados en el desarrollo de hardware en la última década, mediante la disminución del tamaño, el coste y el consumo de energía, así como del software, con la aparición de nuevos programas y aplicaciones que permiten mayores funcionalidades. Pero también otros factores han sido sumamente

³ M2M (Machine to Machine) Es el intercambio de información en formato de datos entre máquinas que se encuentran en lugares remotos.

relevantes para provocar este avance en los desarrollos, como la computación ubicua, la conectividad de bajo coste y el procesamiento masivo a través de “nubes”, que se han convertido en desencadenantes para que esta nueva realidad sea posible (Ballantyne et al., 2010). Así pues, se ha forjado una arquitectura del IoT que incrementa considerablemente el potencial de uso en la sociedad en general y, en particular, impulsa un cambio en la forma de organización y trabajo en el ámbito empresarial. También el medio rural ha sucumbido a este hecho. El aumento de la asequibilidad (Salahuddin et al., 2016), la accesibilidad y la adaptabilidad de las TIC ha dado lugar a su uso incluso en las actividades propias de este espacio (Pongnumkul et al., 2015), al tiempo que la inversión en infraestructura de comunicaciones está desplegando redes de telefonía móvil y banda ancha en todo el mundo, comenzando a cubrir amplias zonas rurales (Ballantyne et al., 2010).

Como hecho favorecedor para esta penetración de la eAgriculture, en estos últimos años se está constatando cómo el uso de teléfonos móviles se está extendiendo rápidamente. El Banco Mundial en su informe de 2016 constataba cómo este era un hecho que concernía incluso a países en desarrollo, puesto que, en promedio, 8 de cada 10 personas poseían un teléfono móvil y esta era una cifra en constante aumento. Los beneficios percibidos son valiosos y explican la rápida adopción de teléfonos móviles, incluso entre aquellos con pocos medios (Deichmann, et al., 2016). A pesar de este crecimiento en el uso de la tecnología móvil, su adopción en el sector agrícola es más lenta cuando se compara con otros tipos de actividades productivas (Xin et al., 2015).

Atendiendo a la posibilidad de que estos dispositivos móviles permitan una conexión a internet se observa cómo se abre una brecha entre países en desarrollo y desarrollados, mientras en los primeros solo el 31 % de la población tiene acceso a esa tecnología, la cifra aumenta al 80 % en los segundos. No obstante, y a pesar de esta realidad, el uso de dispositivos informáticos móviles (teléfonos inteligentes y tabletas) se está imponiendo al del ordenador personal a nivel mundial, dado que son importantes las ventajas que lo hacen más atractivo (Mtega y Msungu, 2013). En primer lugar, en todas las sociedades a lo ancho del mundo se está observando una alta penetración de estos dispositivos, sobre todo teléfonos móviles inteligentes, (Xin et al., 2015). También favorece esta penetración la facilidad para aprender a utilizar un teléfono móvil, incluso para las personas sin conocimientos previos en informática (Gichamba y Lukandu, 2012), por lo que este hecho hace del dispositivo móvil el medio más adecuado para introducir en las TIC a aquellos usuarios sin ningún tipo de conocimiento en estas tecnologías. Pese a su reducido tamaño, la capacidad de procesamiento, junto con los sensores físicos que contienen, permiten pensar en una gran variedad de aplicaciones con funciones muy diversas (Pongnumkul et al., 2015). Añadido a esto, el coste de adquisición de un teléfono inteligente o una tableta es considerablemente menor al de otros equipos informáticos (Gichamba y Lukandu, 2012; Pongnumkul et al., 2015). Estos dispositivos son una nueva forma de comunicación, que se está convirtiendo en esencial para todo tipo de usuarios (Singhal et al., 2011), estimulada por el efecto red. Además, los dispositivos móviles proporcionan un entorno para la interacción en tiempo real,

ya sea entre sistemas, personas u otros dispositivos móviles, que asegura de una manera más eficaz y oportuna el intercambio de información (Gichamba y Lukandu, 2012; Xin et al, 2015). Pero, por encima de todo, la mayor ventaja de estos dispositivos es la movilidad, la posibilidad de trabajar con ellos en cualquier momento y lugar, respondiendo, precisamente, a la naturaleza dispersa de la actividad agraria y las necesidades que genera (Pongnumkul et al, 2015; Romani et al., 2015).

Sin embargo, el factor fundamental en la construcción del entorno TIC y su introducción definitiva en la actividad empresarial es el considerable avance que en los últimos años se ha producido en la investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones. Con el diseño de aplicaciones específicas se incrementan las funciones de estos dispositivos móviles y los convierten en una herramienta versátil, capaz de responder a las necesidades de la actividad agraria en el medio rural remoto. Aunque en la actualidad no es un sector donde las TIC tienen todavía marcada presencia, es fácil presagiar que, al igual que en otros sectores productivos, se va a producir su rápida introducción como base para soluciones innovadoras.

Frente a la oferta generada por este entorno TIC, está naciendo también una demanda creciente que permita modernizar y optimizar el sector agrícola, aprovechando los beneficios que ofrecen sus últimos avances. Esta actividad está creando gran volumen de datos, susceptibles de ser recogidos y almacenados no solo por los agricultores, sino también compartidos con intermediarios, productores, clientes e, incluso, investigadores (Ballantyne et al., 2010), gobiernos, e instituciones. Cada actor involucrado en la cadena de valor agrícola tiene diferentes funciones e intereses y gestiona flujos de información específicos (Brugger, 2011; Xin et al., 2015). Esto sitúa las tecnologías de la información y la comunicación en un lugar crucial para el apoyo de la cadena completa de valor, proporcionando infraestructura y software fundamental en respuesta a las necesidades de cada actor involucrado (Romani et al., 2015).

3. EFECTOS DE LAS TIC PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

La investigación sobre las necesidades de información en la actividad agrícola (Mittal, et al., 2010; Singhal et al., 2011; Patel y Patel, 2016) concluye cómo estas se relacionan con cada una de las etapas del ciclo agrario de producción. Aunque bien es cierto que se diferencian según el tipo de cultivo y la ubicación geográfica, las demandas de información de todos los agricultores coinciden en clasificarse en grandes categorías, que quedan recogidas de manera esquemática en el siguiente gráfico.

Figura 2. Necesidades de información a lo largo del ciclo agrícola



Fuente Mittal et al. (2010)

Según Mittal et al. (2010), las grandes categorías donde se podría ordenar la información requerida por los agricultores son:

- el mercado, como lugar donde confluyen oferta y demanda y donde se establecen los precios y las cantidades vendidas
- el contexto en el que se desarrolla el cultivo, como el suelo, el clima, y las mejores prácticas, propias del territorio
- el conocimiento considerado fundamental en la labor agrícola

La mayoría de los estudios sobre el impacto de las TIC en la agricultura se centran en los resultados económicos de la actividad. Si bien estos son los más visibles y son, fundamentalmente, los que desencadenan la decisión de introducir las TIC en el trabajo cotidiano de la explotación, no es menos cierto que el uso de estas tecnologías afecta a las otras dimensiones del desarrollo sostenible. Es preciso tener en cuenta que en territorios tan específicos, como los considerados como medio rural remoto las interacciones entre estas dimensiones son mucho más estrechas y con influencias mutuas. Son indudables los efectos en la esfera económica, pero su análisis también debe completarse con las implicaciones ambientales y sociales.

3.1. Dimensión económica

La información del mercado incrementa la rentabilidad

Actualmente, los agricultores se enfrentan a márgenes de beneficio cada vez más estrechos, motivados porque los costes vinculados a muchos insumos, como abastecimientos energéticos y fitosanitarios, han aumentado, mientras que los precios de los productos se han mantenido constantes o incluso han disminuido. En esta situación los pequeños agricultores son los más afectados, dado que el aumento de la globalización y la desregulación de los mercados

intensifican la presión sobre quienes tienen menor poder de negociación y deben simplemente aceptar las condiciones impuestas por quienes disponen de mayor información y poder de decisión.

La información sobre precios es valiosa, no solo para decidir dónde y cuándo vender, sino también para decidir el patrón de cultivo y planificar la producción que en el futuro pueda resultar más rentable. En contextos de medio rural remoto, en los que los mercados están dispersos y alejados, y las infraestructuras viarias son pobres, los agricultores se enfrentan a costes más elevados para adquirir la información de los mercados. En la mayoría de los países en desarrollo, los costes de búsqueda de información constituyen una parte importante (aproximadamente, un 11%) del coste total calculado a lo largo de todo el ciclo agrícola, desde la decisión de sembrar a la comercialización de los productos (Bhatnagar, 2008). El retraso en la obtención de información o la mala interpretación tienen graves consecuencias para los productores agrícolas, que pueden terminar vendiendo sus productos a precios inferiores, entregando muy poco o demasiado producto o haciendo que su producción se marchite en los almacenes (Deichmann et al., 2016). Además, la dependencia de una larga cadena de intermediarios aumenta el coste por la suma de márgenes, pero también por la asimetría de información, que a menudo genera dispersión en los precios (Mitchell, 2014). La dispersión (precios drásticamente diferentes para los mismos productos en mercados separados por distancias cortas) se traduce en una pérdida de ingresos para los agricultores pero también en precios más altos para los consumidores (Tadesse y Bahiigwa, 2015). Esta información imperfecta influye a productores e intermediarios en la toma de decisiones. En este sentido, la introducción de las TIC en la actividad agrícola está ofreciendo un acceso generalizado a la información que rompe con la asimetría que se ha observado hasta ahora (Mittal y Mehar, 2012; Overa, 2006). La información se difunde a través de diversas tecnologías y llega a aquellos que tradicionalmente se han mantenido más alejados de los grandes centros donde se genera la información y donde se toman las decisiones más trascendentes. Así, por ejemplo, Aker (2010) investigó el impacto de los teléfonos móviles en los mercados de granos en Níger y descubrió que la dispersión de precios disminuyó. La razón principal fue la reducción en los costes de transacción (incluido el coste de búsqueda) para los productores. Al mismo tiempo, también descubrió que el efecto de los teléfonos móviles sobre la dispersión de precios era más fuerte en aquellos mercados remotos a los que solo se podía acceder por carreteras de mala calidad. Shimamoto, Yamada y Gummert (2015) analizaron el mercado del arroz en Camboya, definido como oligopsonio, donde se obligaba a los agricultores a vender sus productos por debajo del precio mayorista, y observaron cómo un mejor acceso a la información a través del uso del teléfono móvil estaba asociado con un aumento en el precio de venta.

En definitiva, la emergencia de estas tecnologías ofrece la oportunidad de compartir información, reduciendo significativamente los costes individuales asociados a la búsqueda y el intercambio de información (Aker, 2010; Mittal y Mehar, 2012; Sife, 2010) y mejorando el poder de negociación de agricultores frente a intermediarios. Las TIC pueden eliminar las barreras

asociadas con el tiempo y la distancia que durante años han limitado el acceso a la información, necesaria para transformar el sector agrícola (Mtega, 2013).

También se observa cómo un incremento de la comunicación a través de estas tecnologías supone una mayor coordinación entre agentes y, por ende, una mayor eficiencia productiva de los agricultores (Mittal, 2012). En un análisis de Aker y Ksoll (2016) en Níger se demostró que aquellos productores con acceso a un teléfono móvil compartieron diversificaron la variedad de sus cultivos, aportando nueva oferta al mercado. También Cole y Fernando (2012) muestran cómo en la India rural, la información proporcionada a través de teléfonos móviles a los agricultores aumentó su conocimiento de las opciones disponibles respecto a insumos como semillas y fertilizantes, motivando una elección más acertada sobre cuál podía ser el cultivo más rentable y cómo, en consecuencia, podía variar su decisión de inversión.

En definitiva, las tecnologías de la información y la comunicación han tenido un impacto importante al vincular a los agricultores con los mercados en las etapas clave de la cadena de valor (Deichmann et al., 2016), así mismo, han ido introduciendo importantes innovaciones que hacen más transparente esta cadena de suministro alimentario a lo largo de toda su extensión. La información recogida en todo momento del proceso permite identificar detalladamente los artículos desde el campo a la mesa. Se garantiza, de este modo, la seguridad y la frescura de los alimentos que se consumen, lo que aporta un valor significativo a todas las empresas que participan en la cadena de suministro, al tiempo que reduce el coste asumido por cada empresa (Lu et al., 2015).

La información en el contexto mejora la productividad

De igual manera, la información concerniente al contexto en el que se desarrolla la producción se revela fundamental para garantizar la mínima productividad de los cultivos. En este sentido, la información meteorológica puede ser particularmente crucial para gran parte de los pequeños agricultores del medio rural remoto, pues la gran mayoría carece de acceso al riego y, en consecuencia, para el éxito de su cultivo, dependen en gran medida de las lluvias y otras condiciones climáticas. La información en este aspecto es crítica en ciertas etapas clave del ciclo de cultivo: para la siembra, la aplicación de fertilizante o fitosanitarios, y durante la cosecha y almacenamiento. Del mismo modo, una información en tiempo real sobre las necesidades de riego es cada vez más relevante, dado el déficit hídrico que están sufriendo muchos territorios.

Así mismo, la información en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, plagas y presencia de malas hierbas es importante para los agricultores. Este es uno de los mayores riesgos que afrontan, porque puede suponerles grandes pérdidas en la cosecha; pero también es uno de los mayores costes, por el elevado precio de los tratamientos.

A la dificultad de obtener este tipo de información en el campo se suman los efectos derivados del cambio climático. La actividad agrícola está sufriendo sus implicaciones con mayor intensidad que otras actividades productivas, ya que se alteran las condiciones de los cultivos y hacen menos predecibles las consecuencias (Pivoto et al., 2018). Los bioindicadores que hasta ahora habían servido para aportar información e, incluso, generar alertas que sirvieran al buen

desarrollo de la producción se han visto modificados y no ayudan ya a la toma de las decisiones más acertadas.

Las TIC y, más concretamente, los sistemas de ayuda a la decisión proporcionan soporte en las tareas más importantes de la producción agrícola, como la monitorización del cultivo, el diagnóstico de plagas y enfermedades, el análisis de las condiciones del agua, la optimización en la aplicación de fertilizantes, y el control de riego, entre otras (Cañadas et al., 2016; Fountas et al., 2015; Monali et al., 2016). Con el uso de las TIC se puede aumentar la productividad de la explotación al comprender y pronosticar el rendimiento de la cosecha bajo unas condiciones ambientales específicas (Jayaraman et al., 2016), al tiempo que se detectan áreas específicas donde existe la necesidad más aguda de riego (Hernández-Hernández et al., 2016), abono o fitosanitarios (Cañadas et al., 2016), haciendo que su dosificación sea también puntual en lugar de aplicar a toda la tierra de cultivo como se ha hecho hasta ahora. Como esto se puede hacer de forma remota (Gómez-Candón et al., 2016; Tulsian y Saini, 2014), ahorra mucho tiempo y necesidades de personal en comparación con el muestreo manual, y el uso de tecnología calibrada hace que el sistema sea menos propenso al error cuando se evalúan las condiciones de crecimiento apropiadas (Hamrita y Hoffacker, 2005). Sin embargo, conocer cuáles son estas condiciones exige un esfuerzo de recogida de datos continuo y pormenorizado. Para los pequeños agricultores su recopilación es en muchas ocasiones cara y precaria, ya que las parcelas de cultivos a menudo se encuentran en ubicaciones distintas y dispersas. Además, la calidad de los datos recopilados manualmente es baja, porque no son suficientes y, en la mayoría de los casos, no recogen un histórico de las condiciones anteriores (ya porque no han sido observadas o porque se han perdido las mediciones realizadas) y, en definitiva, pueden llevar a conclusiones no válidas. Los desarrollos tecnológicos de los últimos años han avanzado considerablemente en esta dirección, ya que permiten la generación, recogida, transmisión y almacenamiento de una gran cantidad de datos (Wolfert et al., 2017), fundamentales para posibilitar la modelización y simulación para la toma de decisiones más acertada en cada momento. Pese a que la agricultura de precisión requiere inversiones en estos sistemas, contribuye a un ahorro en costes que es preciso tener en consideración. Detectores ubicados en múltiples y diversos puntos en el campo se convierten en una puerta a la información, mejoran la toma de decisiones entre los agricultores y hacen su actividad más productiva (Oliver et al., 2010), ya que se consideran necesarios menos recursos (en tiempo, energía, agua y otros insumos específicos) para conseguir una producción mayor en cantidad y calidad.

Un paso más allá lo constituyen los sistemas de alerta temprana, que consiguen prevenir pérdidas porque dan a los agricultores y técnicos tiempo suficiente para reaccionar. Se han desarrollado modelos climáticos que generan alertas sobre fuertes oscilaciones en temperaturas, riesgos de sequía e inundaciones, brotes de plagas, detección de incendios forestales, etc. y anticipan a los agricultores para que puedan utilizar medidas oportunas para minimizar las pérdidas derivadas de este tipo de crisis. Así pues, las herramientas TIC han servido como eje

vertebral de los sistemas de alerta temprana para mitigar estos riesgos y salvaguardar los ingresos esperados (Deichmann et al., 2016).

Además de estos sofisticados sistemas de monitoreo, basados en la recopilación de datos de sensores ambientales, como la temperatura y las precipitaciones, y aplicados a plantaciones tecnológicamente más avanzadas, se ha observado cómo la información transmitida a través de diversas redes sociales ha servido como una alerta temprana para prevenir posibles riesgos meteorológicos y ha minimizado así pérdidas en la producción (Deichmann et al., 2016; Quispe, 2019); del mismo modo, la información difundida a través de blogs, páginas web o redes sociales ofrece la posibilidad de influir en el comportamiento de los mercados, modificando la oferta y los precios de los productos.

De este modo, la productividad de la actividad agrícola actual se ha multiplicado por la incorporación de innovaciones tecnológicas sobre los sistemas tradicionales (Milovanović, 2014). Se conjugan, de este modo, modernos conocimientos con aquellos más ancestrales. Se ha hecho imprescindible generar nuevos indicadores, y para ello las herramientas de eAgriculture resultan de gran ayuda, recabando nueva información relevante que, sumada a los conocimientos tradicionales, ayuda a reducir riesgos y costes de producción en actividades agrícolas, y pueden ayudar a minimizar las limitaciones ambientales (Fountas et al, 2015). En una encuesta realizada por Mittal y Mehar (2012) un de 34,63% de los agricultores manifestó que había experimentado un aumento en los rendimientos debido a la disponibilidad de esta información.

El conocimiento favorece la innovación

Con la introducción en las TIC se está mejorando el alcance y la escala geográfica en la difusión de información técnica por parte del sector público y otras instituciones (Aker, 2011; Cole y Fernando, 2016; Mtega, 2013), contribuyendo no solo a la eficiencia de los productores, sino también a la de los servicios de asesoría. Las TIC permiten a los técnicos agrarios reunir, almacenar, recuperar y difundir una amplia gama de información, como aquella sobre mejores prácticas, nueva tecnología, mejores precios de insumos y productos, mejores instalaciones de almacenamiento, mejores enlaces de transporte, negociaciones colectivas con compradores, información sobre el clima, etc. (Meera et al., 2004). A través de los teléfonos móviles se está logrando llegar a un espectro más amplio de usuarios, a quienes se brinda información puntual (Deichmann et al. 2016; Veeraraghavan et al., 2007) y específica, mejorando, así mismo, la calidad de la supervisión de este servicio técnico, mediante cámaras u otras aplicaciones (Aker et al., 2016).

Por su parte, la investigación, que desde distintas disciplinas se está llevando a cabo en torno a la presencia de las TIC en la actividad agraria, y el avance en el desarrollo de nuevas aplicaciones y dispositivos influyen positivamente en la innovación de la ciencia agrícola, lo que a la larga reportará beneficios económicos a los productores. Pero también con la ayuda de las TIC la ciencia incrementa su capacidad de reunir, analizar y utilizar colecciones masivas de datos, fundamentales para alcanzar sus objetivos (Ballantyne et al, 2010). La forma de realizar los

proyectos de investigación agrícola es más inclusiva y facilita la colaboración, ya que con las TIC se mejora la comunicación entre todos los actores del agro y el intercambio de conocimientos se hace más horizontal. De igual manera, la Tecnología de Información y Comunicación está jugando un papel crucial en el establecimiento de una conexión bidireccional entre los centros de investigación y los usuarios finales de esta investigación. Los dispositivos móviles permiten a los agricultores un acceso continuo al conocimiento y las recomendaciones proporcionadas por los expertos (Singh et al., 2015) y, a su vez, estos expertos cuentan con conjuntos valiosísimos de datos con los que trabajar en sus investigaciones.

3.2. Dimensión social

Como los objetivos de adquirir una radio, una televisión, un ordenador, un teléfono o una tableta son normalmente la comunicación, el entretenimiento y mantenerse al día con la actualidad, las funciones de estas herramientas TIC tienen una implicación mucho más social que económica y su aplicación en el proceso de desarrollo implica procesos dirigidos a las personas y las redes que tejen (Achora, 2016).

El impacto del acceso a la información puede calificarse en términos tanto cuantificables, con el aumento de la productividad que ya se ha visto anteriormente, como no cuantificables, con los beneficios que ofrece a la sociedad en la mejora de su bienestar (Bhatnagar, 2008; Mittal et al., 2010). En primer lugar, como efecto más destacable, una información más cercana y accesible contribuye a romper con el aislamiento que hasta el momento ha sufrido el medio rural remoto.

La información de los mercados es poder

Las TIC han posibilitado que la información fluya y llegue a más usuarios de forma actualizada. Como ya se ha comentado anteriormente, para los productores del medio rural remoto el mercado queda muy alejado, de modo que el acceso a la información que en él se genera es desigual y el poder de negociación asimétrico. Con la ayuda de los teléfonos móviles, la accesibilidad al mercado ha mejorado, se ha promovido la inversión en aquellos cultivos más rentables, se han diversificado los canales de comercialización, se ha incrementado el poder de negociación de los agricultores más pequeños y, en definitiva, todo ello redundando no solo en beneficios de carácter económico sino social, pues el acceso a la información contribuye al empoderamiento de aquellos que anteriormente solo aceptaban las condiciones ya establecidas (Scott et al., 2005).

La información en el contexto y los nuevos conocimientos aportan autoconfianza

Un importante reto para los agricultores es la gestión de la información recibida en el contexto de desarrollo del cultivo, principalmente en cuanto a la cantidad y diversidad de datos y a la complejidad de los procesos de interpretación para llegar a tomar las mejores decisiones y hacer una agricultura de precisión.

Aunque bien es cierto que hoy en día los agricultores están recibiendo diversa información relativa a semillas, selección de cultivos, nuevas técnicas y procedimientos, datos meteorológicos, fertilizantes, pesticidas, etc. los formatos y estructuras en los que se presenta esta información son diferentes en función de las fuentes disponibles, como radio, televisión, prensa escrita, internet, etc. Así pues, resulta muy difícil para ellos tanto obtener la información como comprender la diversidad de códigos con los que estas fuentes trabajan (Patel y Patel, 2016). Las tecnologías de la información y la comunicación están jugando un papel esencial en este sentido, ya que en muchos casos se están encargando de recoger esta información, sintetizarla y mostrarla de la manera más acorde para llegar a todos los usuarios.

En esta misma dirección, se observa cómo en algunas ocasiones este acceso a la información también se ve restringido para los agricultores de más avanzada edad o, en el caso de países en desarrollo, para aquellos que son analfabetos. Los códigos utilizados no siempre tienen en cuenta las distintas capacidades para interpretar y comprender la información. El interés de las TIC se está centrando en responder a la diversidad de demandas. Cada vez son más conscientes de que se necesitan enfoques dirigidos a la actividad agrícola, pero también a las características de los agricultores; solo de esa manera el concepto de agricultura inteligente será sostenible en el futuro (Bewley, 2015; Sørensen, 2010).

Así, la información que se genera y se difunde en el contexto de desarrollo del cultivo tiene ahora mayores posibilidades de llegar a un número más amplio de productores y con mayor certeza de ser comprendida adecuadamente. Este hecho les aporta la percepción de un mayor control sobre la actividad que están realizando y sobre los resultados esperados. Aker et al. (2016) hacen hincapié en cómo la confianza en la información recibida por los agricultores afecta a la forma en la que esta información es aceptada, interpretada y usada en la toma de decisiones.

También las TIC pueden contribuir a generar mayor seguridad física en la actividad diaria de los agricultores en el campo. El trabajo en las tareas agrícolas es en muchos casos solitario y con riesgo de causar lesiones de consideración o, incluso, la muerte. Esto se agrava porque los primeros auxilios son difíciles de prestar en lugares aislados. Para responder a estos riesgos ya existen aplicaciones que detectan posibles accidentes y envían señales de alerta (Boscariol et al., 2015).

En otro orden de cosas, del mismo modo que anteriormente se ha señalado el beneficio que las TIC pueden reportar a los productores que participan en la cadena de suministro y las emplean para ofrecer mayor seguridad alimentaria a sus productos, también es preciso remarcar el indudable impacto positivo que tiene para los propios consumidores. Las graves crisis alimentarias que se han vivido en los últimos años han hecho ser más conscientes de la necesidad de una trazabilidad del producto, que aporte la información más relevante a lo largo de toda su cadena de valor. La sociedad está cada vez más sensibilizada al respecto y esta información le ofrece la seguridad que demanda.

En el ámbito de la difusión del conocimiento las TIC también están mostrando su incidencia positiva en el medio rural remoto. La distancia con los centros donde se genera el

conocimiento y desde donde se transmite a través de la formación ya no es ahora tan vasta. Distintas aplicaciones se encargan de facilitar un aprendizaje formal (Ballantyne et al., 2010) e informal (Dissanayake et al., 2015), donde son variados los recursos para el aprendizaje (audios, textos, vídeos y fotografías) y se establece una estrecha relación, tanto con el formador como con otros estudiantes, fomentando no solo el intercambio de conocimientos sino también la discusión .

En una investigación que llevaron a cabo Fu y Akter en India (2016) sobre la prestación de servicios técnicos a través del móvil se evidenció una serie de beneficios indirectos, derivados de una mayor conciencia de los pequeños agricultores sobre su conocimiento respecto a la tecnología e información agrícola, así como (y esto es lo más importante) una actitud más abierta a probar nuevas tecnologías y nuevas formas de hacer en el futuro.

3.3. Dimensión ambiental

Los efectos de las TIC sobre el medio ambiente también se pueden considerar positivos. Se ha demostrado que los sistemas de agricultura de precisión, proporcionada por el entorno TIC, respaldan la sostenibilidad ambiental ya que los recursos naturales se monitorean continuamente y, en consecuencia, se toman medidas antes de que se produzca el agotamiento de los nutrientes del suelo o la sequía (Deichmann et al., 2016).

Por otro lado, esta agricultura de precisión también permite responder a necesidades concretas, en el momento oportuno y el área precisa dentro del campo. La calibración exacta de estas necesidades permite reducir los consumos de agua, fertilizantes y fitosanitarios. Así mismo, la recogida de datos remotos y la automatización de ciertas tareas también de forma remota evitan desplazamientos a los campos de cultivo, con el consiguiente ahorro en tiempo y carburante, así como la reducción de contaminación atmosférica. La consecuencia directa de esto no solo es una reducción de costes económicos y ambientales, sino una considerable reducción de la contaminación derivada. Se responde así a uno de los objetivos en el desarrollo y la difusión de las TIC: la minimización los efectos negativos en el medio ambiente causados por la agricultura (Beecham Research, 2014).

CONCLUSIONES

Aunque el avance en la investigación hace imposible revisar todos los artículos académicos que se están publicando en torno a cómo se están introduciendo las tecnologías de la información y la comunicación en la agricultura, sí se puede afirmar que este trabajo ha recogido un nutrido abanico de artículos que han servido para mostrar hacer un esquema que describa el panorama actual de las TIC en la agricultura y sus principales efectos para el desarrollo sostenible.

La modernización de la agricultura debe venir, como en otros sectores y actividades, de la mano de un factor intangible pero fundamental, la información. Las TIC en sentido amplio, con dispositivos como radio, televisión, ordenadores conectados a internet y teléfonos, ya lleva muchos años entre los agricultores, pero la información que transmitían era más general y no tan

actualizada. La penetración que han experimentado los dispositivos móviles (teléfonos inteligentes y tabletas) ha estimulado el desarrollo de tecnologías de software y hardware creando un entorno TIC mucho más completo. Este entorno permite generar, recoger, transferir, gestionar y usar una información específica, continua y de calidad en todos los momentos del ciclo de producción y la cadena de valor agrícola. Disponer de mayor y mejor información tiene una incidencia directa y fundamental en la toma de decisiones más acertadas y esto, a su vez, puede derivar en efectos positivos de carácter económico, social y ambiental.

La agricultura en el medio rural remoto se define por una serie de características que crean problemas específicos para los que las TIC pueden convertirse en una solución factible. Las condiciones de despoblación y aislamiento, explotaciones pequeñas y dispersas, y con menor posibilidad de inversión demandan formas de hacer diferentes para garantizar la sostenibilidad de la agricultura. Precisamente, las TIC pueden apoyar parte del trabajo humano que la despoblación o las dificultades orográficas pueden dejar sin hacer, permiten un procesamiento masivo de datos, son ubicuas y la inversión que requieren no es excesivamente elevada, comparada con otras tecnologías agrarias.

En este punto, tras el análisis realizado a lo largo de todo el trabajo, se debe incidir en la idea de cómo las TIC efectivamente están contribuyendo a mejorar la sostenibilidad de la actividad agrícola en el medio rural remoto. Los artículos académicos analizados se centran en los efectos de las TIC para el desarrollo sostenible de ciertos países en desarrollo, y se observa cómo estos efectos son fácilmente extrapolables a los territorios despoblados y aislados en países desarrollados.

En la dimensión económica, la información aportada por las TIC mejora la rentabilidad de la inversión, incrementa la productividad de los recursos e introduce innovación en el saber hacer de los agricultores. En la dimensión social, la disponibilidad de información dota a los pequeños agricultores de mayor poder de negociación frente a otros actores y les aporta mayor seguridad y confianza, además de nuevos conocimientos. En la dimensión ambiental, la precisión que aporta el uso de la información permite reducir el consumo de recursos y, a su vez, la contaminación que alguno de ellos podría acarrear.

No obstante, pese a estos efectos positivos señalados, tampoco se pretende pecar de ingenuidad, confiando a las TIC un papel protagónico en la consecución del desarrollo sostenible del medio rural remoto. Tienen importancia relevante, pero no principal y mucho menos exclusiva. En la agricultura, quizás más que en otras actividades, el valor del trabajo humano en sus tareas cotidianas no puede ser reemplazado por estas tecnologías, aunque sí es importante que se piense en ellas para complementarlo.

Para lograr que esto último se haga efectivo y haya una verdadera introducción de las TIC en el medio rural remoto es necesario, sin embargo, invertir en la infraestructura necesaria para crear el entorno TIC. Esta investigación se termina con la esperanza de que sus resultados puedan, de algún modo, influir para guiar las políticas que garanticen una mínima infraestructura de conectividad digital.

REFERENCIAS

- Achora, J. (2016): ICTs and Small Holder Farming [Opinion]. *IEEE Technology & Society Magazine*, 35(3), 21–22.
- Aker, J., (2010): Information from markets near and far: Mobile phones and agricultural markets in Niger. *Am. Econ. J. Appl. Econ.* 2(3), 46–59.
- Aker, J., (2011): Dial “A” for agriculture: Using ICTs for agricultural extension in developing countries. *Agric. Econ.* 42(6), 631–647.
- Aker, J. C., y Ksoll, C. (2016): Can mobile phones improve agricultural outcomes? Evidence from a randomized experiment in Niger. *Food Policy*, 60, 44–51.
- Atzori, L., Iera, A., Morabito, G., y Diee, A. (2010): The Internet of Things : A survey. *Computer Networks*xxxx.
- Ballantyne, P., Maru, A., y Porcari, E. M. (2010): Information and Communication Technologies — Opportunities to Mobilize Agricultural Science for Development. *Crop science*, vol. 50, march–april 2010.
- Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS> [Consulta realizada en abril de 2019]
- Beecham. (2014): Towards Smart Farming: Agriculture Embracing the IoT Vision. *Beechham Research*, 44(0), 6.
- Bhatnagar, S. (2008): *Benefits from Rural ICT Applications in India: Reducing Transaction Costs and Enhancing Transparency? LIRNEasia presentation at public lecture on ICT in Agriculture*, Colombo, Sri Lanka.
- Boscariol, P., Moro, L., Fanzutto, A., Gasparetto, A., Zucchiatti, N., y Dell’antonia, D. (2015): Risk management in solitary agricultural work: New technologies for handling emergency and falls from great heights (SHADE). *Contemporary Engineering Sciences*, 8(25–28), 1279–1288.
- Brezzi, M.; Disjkstra, L. y Ruiz, V. (2011): OECD Extended Regional Typology. The economic performance of remote rural regions. Documento de Trabajo OECD Regional Development núm. 2011/06. Paris, OECD Publising.
- Brugger, F. (2011): Mobile Applications in Agriculture. *Syngenta Foundation*, 1–38. Retrieved from
- Cañadas, J.; DEL ÁGUILA, I. M. y PALMA, J. (2016): SAVIA. Un sistema web de ayuda a la decisión para control de plagas. *II Simposio Nacional de Ingeniería Hortícola. Automatización y TICs en agricultura*. Almería.
- Cobo, J. C. (2009): En la sociedad del conocimiento. *Zer-Revista de Estudios de Comunicación*, 14(27), 295–318.
- Cole, S., y Fernando, A., (2012): *The value of advice: Evidence from mobile phone-based agricultural extension*. Working Paper 13–047, Harvard Business
- Deichmann, U., Goyal, A., y Mishra, D. (2016). Will digital technologies transform agriculture in developing countries? *Agricultural Economics (United Kingdom)*, 47, 21–33.

- Dissanayake, U., Perera, A., Hewagamage, K. y Wikramanayake, G. (2015). Mobile Based Collaborative Learning Tool to Facilitate Instructor-mediated Informal Learning in Agriculture, 99–105.
- European Commission. (2008): *Poverty and social Exclusion in rural areas. Final study report.* European Communities.
- European Commission. (2010): *Europe 2020: a European Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth.* European Commission, Brussels.
- Fountas S, CG, Sørensen, CG., Tsiropoulos, Z., Cavalaris, C., y Vatsanidou, A., (2015): Farm management information systems: current situation and future perspectives. *Comput Electron Agric*; 115:40–50.
- Fu, X., y Akter, S. (2016): The Impact of Mobile Phone Technology on Agricultural Extension Services Delivery: Evidence from India. *Journal of Development Studies.*
- Gichamba, A., y Lukandu, I. (2012): A Model for designing M-Agriculture Applications for Dairy Farming. *African Journal of Information Systems*, 4(4).
- Hamrita, T.K., y Hoffacker, E.C., (2005): Development of a “smart” wireless soil monitoring sensor prototype using RFID technology. *Appl. Eng. Agric.* 21(1), 139–143.
- Jayaraman, P. P., Yavari, A., Georgakopoulos, D., Morshed, A., y Zaslavsky, A. (2016). Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt. *Sensors (Switzerland)*, 16(11), 1–17.
- Liu, Y., Wang, H., Wang, J., Qian, K., Kong, N., Wang, K., Zheng, L., Shi, Y., y Engels, D., (2014). Enterprise-oriented iot name service for agriculture product supply chain management. *Proceedings - 2014 International Conference on Identification, Information and Knowledge in the Internet of Things, IIKI 2014, 2015*, 237–241.
- Lu, C., Yang, N., Wang, C., Wang, C., Peng, X., Wang, B., Hou, X., Bai, B., y Feng, L. (2015). Study on the factors effect of adopting application in agricultural products supply Chain. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 8(1), 36–44.
- Camarero, L, Cruz, F, González, M, Del Pino, J, y Oliva, J. (2009). *La población rural de España. De los desequilibrios a la sostenibilidad social.* (F. La Caixa, Ed.) (Colección). Barcelona.
- Meera, S., Jhamtani, A. y Rao, D. (2004): Information and communication technology in agricultural development: a comparative analysis of three projects from India. *Agricultural Research & Extension Network*, Network Paper No.135.
- Milovanović, S. (2014): The role and potential of information technology in agricultural improvement. *Economics of Agriculture*, 61(2), 471–485.
- Mitchell, T., (2014): Is knowledge power? Competition and information in agricultural markets, The Institute for International Integration Studies, Discussion Paper, *iiisd456*, IIS, Dublin.
- Mittal, S., Gandhi, S. y Tripathi, G. (2010): Socio-Economic Impact of Mobile Phones on Indian Agriculture. Working Paper No . 246. *Agriculture*, 33(246), 48.

- Monali, T., Payal, J., Komal, R., Prachi, S. y Dipak, B. (2016). Android Based Solution for Indian Agriculture Management A Design Paper. *International Journal of Current Trends in Engineering & Research*, 2(1), 17–19.
- Mtega, W.P. y Msungu, A.C (2013). Using information and communication technologies for enhancing the accessibility of agricultural information for improved agricultural production in Tanzania. *EJISDC* (2013) 56, 1, 1-14
- Oliver, Y., Robertson, M., y Wong, M., (2010): Integrating farmer knowledge, precision agriculture tools, and crop simulation modelling to evaluate management options for poor-performing patches in cropping fields. *Eur. J. Agron.* 32(1), 40–50.
- Overa, R. (2006): Networks, Distance, and Trust: Telecommunications Development and Changing Trading Practices in Ghana. In: *World Development* 34 (7): 1301-1315.
- Patel, H., y Patel, D. (2016): Survey Of Android Apps For Agriculture Sector. *Article Available*, (March), 1–29.
- Pivoto, D., Waquil, P. D., Talamini, E., Finocchio, C. P. S., Dalla Corte, V. F., y De Vargas Mores, G. (2018). Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*, 5(1), 21–32.
- Pongnumkul, S., Chaovalit, P., y Surasvadi, N. (2015): Applications of Smartphone-Based Sensors in Agriculture: A Systematic Review of Research. *Journal of Sensors*, 2015, 1–18.
- Quispe, J. (2019). Factibilidad de la instalación de un sistema de alerta temprana agroclimática de acuerdo a las condiciones locales, mediante estudios de caso piloto desarrollados en los municipios de Ancoraimes, Batallas y Umala. Tesis de Maestría. CIDES-UMSA. La paz, Bolivia.
- Romani, L. A. S., Magalhães, G., Bambini, M. D., y Evangelista, S. R. M. (2015). Improving digital ecosystems for agriculture: users participation in the design of a mobile app for agrometeorological monitoring. *Proceedings of the 7th International Conference on Management of Computational and Collective Intelligence in Digital EcoSystems - MEDES '15*, 234–241.
- Salahuddin, M., Alam, K., y Ozturk, I., (2016): Is rapid growth in Internet usage environmentally sustainable for Australia? An empirical investigation. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23 (5), 4700–4713.
- Scott, N., Souter, D., Garforth, C., Jain, R., Mascarenhas, O. y Mckemey, K. (2005): The Economic Impact of Telecommunications on Rural Livelihoods and Poverty Reduction: A Study of Rural Communities in India (Gujarat), Mozambique and Tanzania. *Report of DFID KaR*.
- Shetto, M.C. (2008): *Assessment of Agricultural Information Needs In African, Caribbean and Pacific (ACP) States Eastern Africa Country Study: Tanzania*. Ministry of Agriculture, Food Security and Cooperatives on behalf of the Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation.
- Shimamoto, D., Yamada, H., y Gummert, M. (2015): Mobile phones and market information: Evidence from rural Cambodia. *Food Policy*, 57, 135–141.

- Sife, A, Kiondo, .E. y Lyimo-Macha, J. G. (2010): Contribution of Mobile Phones to Rural Livelihoods and Poverty Reduction in Morogoro Region, Tanzania. *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries* 42, 3, 1-15
- Singh, D., Piplani, D., Nar, S., Karthik, S., Sharma, R., y Tiwari, A. (2015): ICT platform for climate change adaptation in agriculture. In *2015 7th International Conference on Communication Systems and Networks, COMSNETS 2015 - Proceedings*.
- Singhal, M., Verma, K., y Shukla, A. (2011): Krishi Ville - Android based solution for Indian agriculture. *International Symposium on Advanced Networks and Telecommunication Systems, ANTS*.
- Sørensen, CG, Fountas, S, Nash, E, Pesonen, L, Bochtis, D, Pedersen, SM, Bassocs, B, y Blackmore, SB. (2010): Conceptual model of a future farm management information system. *Comput Electron Agric*; 72 (1):37–47.
- Tadesse, G., y Bahigwa, G., (2015): Mobile phones and farmers' marketing decisions in Ethiopia. *World Development*. 68, 296–307.
- Tulsian, M., y SAINI, N., (2014): Market-driven innovations in rural marketing in India. *Int. J. Sci. Eng. Res.* 5(5), 1439–1445.
- Veeraraghavan, R., Yasodhar, N., y Toyama, K., (2007): Warana unwired: Replacing PCs with mobile phones in a rural sugarcane cooperative. *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies and Development*, Bangalore, India. IEEE, pp. 1–10.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., y Bogaardt, M. J. (2017): Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*.
- Xin, J., Zazueta, F. S., Vergot, P., Mao, X., Kooram, N., y Yang, Y. (2015): Delivering knowledge and solutions at your fingertips: Strategy for mobile app development in agriculture. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 2015, 317–325.
- Zhao, J., Zhang, J., Feng, Y., y Guo, J. (2010): The Study and Application of the IOT Technology in Agriculture. *Computer Science and Information Technology (ICCSIT)*, 462–465.