

Muriel H., Sheila C.

Working Paper

Mapeo de posibles instrumentos de Tecnologías de Información y Comunicaciones para la producción de quinua del altiplano boliviano

Development Research Working Paper Series, No. 03/2022

Provided in Cooperation with:

Institute for Advanced Development Studies (INESAD), La Paz

Suggested Citation: Muriel H., Sheila C. (2022) : Mapeo de posibles instrumentos de Tecnologías de Información y Comunicaciones para la producción de quinua del altiplano boliviano, Development Research Working Paper Series, No. 03/2022, Institute for Advanced Development Studies (INESAD), La Paz

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/296891>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo



**Mapeo de posibles instrumentos de Tecnologías de
Información y Comunicaciones para la producción
de quinua del altiplano boliviano**

Por:

Sheila C. Muriel H.

Serie Documentos de Trabajo sobre Desarrollo

No. 03/2022

Julio 2022

Las opiniones expresadas en este documento pertenecen a los autores y no necesariamente reflejan la posición oficial de las instituciones auspiciadoras ni de la Fundación INESAD (Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo). Los derechos de autor pertenecen a los autores. Los documentos solamente pueden ser descargados para uso personal.

Mapeo de posibles instrumentos de Tecnologías de Información y Comunicaciones para la producción de quinua del altiplano boliviano *

Sheila C. Muriel H. †

La Paz, julio 2022

Resumen

Las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) existentes en la agricultura presentan diversas características y sirven para múltiples propósitos; sistemas de información, sensores inalámbricos, drones, etc., son utilizados para el cuidado de recursos como suelos y agua, la mejora y monitoreo de cultivos y la prevención de riesgos entre otros.

De este amplio espectro de posibilidades se realiza el mapeo de posibles herramientas TIC para los productores de quinua del altiplano boliviano, un subconjunto de herramientas enmarcadas según las necesidades y habilidades TIC de los productores, la factibilidad de su implementación, disponibilidad, etc.; Para el reconocimiento de la viabilidad de dichas herramientas se realiza un barrido de información sobre la tecnología creciente y/o en uso a nivel mundial, regional, hasta llegar al sector de interés considerando su disponibilidad a nivel regional, que respeten la forma de cultivo de los productores y que no afecten negativamente la calidad orgánica de la quinua para preservar su mención de origen entre otros.

En la esquematización del mapeo se toma como base al Proceso de la Cadena de Suministros con sus componentes básicos: suministros, producción y distribución; buscando tener la perspectiva de un sistema, no solo de sus componentes, sino también la interacción entre los mismos y las influencias de su entorno.

Las herramientas presentadas pueden ser resumidas bajo dos perspectivas: herramientas que gestionan la información (como los sistemas de información) y herramientas que recolectan la información (como drones, sensores y tecnología de Identificación Radio Frecuencia -RFID, por sus siglas en inglés-).

Códigos JEL: O30, O33, Q16.

Palabras clave: Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), agrotech, agritech, agtech, monitoreo de cultivos, Sistemas de Información.

* Esta investigación forma parte del proyecto "Creating Indigenous Women's Green Jobs under Low-carbon COVID-19 Response and Recovery in the Bolivian Quinoa Sector", que es auspiciado por el Programa Economías Inclusivas Sostenibles del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá.

† Consultor - investigador invitado (sheila_correo@hotmail.com).

Abstract

Information and Communications Technologies (ICT) for the agriculture sector present diverse characteristics and serve for multiple purposes; information systems, wireless sensors, drones, etc. These are used for the care of resources, such as soil and water, for improving and monitoring crops, and for risk prevention, among others.

From this wide spectrum of possibilities, I map possible ICT tools for quinoa producers in the Bolivian highlands; which is a subset of tools framed according to: ICT needs and skills of the producers, the feasibility of their implementation, availability, etc. In order to recognize the viability of these tools, I carry out a sweep of information on the growing technology and/or in use worldwide, until reaching the sector of interest considering its availability at a regional level; and respecting the way of cultivation of producers and not affecting negatively the organic quality of quinoa to preserve its mention of origin, among others.

In the schematization of the mapping, I consider the Supply Chain Process with its basic components: supplies, production and distribution; seeking to have the perspective of a system, not only of its components, but also the interaction between them and the influences of their environment.

The presented tools can be summarized under two perspectives: tools that manage information (such as information systems) and tools that collect information (such as drones, sensors and Radio Frequency Identification technology -RFID-).

JEL Classification: O30, O33, Q16.

Keywords: Information and Communication Technologies (TIC), *agrotech*, *agritech*, *agtech*, crop monitoring, Information Systems.

1. Introducción

Actualmente existe un gran número de herramientas tecnológicas utilizadas con una infinidad de propósitos y abarcan diferentes áreas como salud, educación, comunicaciones y agricultura. Dentro de la agricultura, área de interés del presente documento, las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) apoyan a los agricultores al facilitarles el acceso a los mercados a través de datos en tiempo real sobre precios de mercado, pronósticos meteorológicos, información sobre plagas, variedades de semillas y técnicas de plantación. (Kayumova, 2017, como se citó en Ogotu et. al., 2014).

Términos como *agrotech*, *agritech*, *agtech*, etc. son acrónimos que se refieren a agricultura y tecnología, y las herramientas disponibles en este campo van desde el manejo de nanotecnología, tecnología de escala muy pequeña usada, por ejemplo, para la mejora de suelos y cuidado de cultivos mediante fertilización controlada hasta el uso de drones de gran tamaño, como los utilizados para el riego de sembradíos.

De manera transversal tenemos a los Sistemas de Información (SI) que van desde niveles operacionales hasta estratégicos proporcionando un amplio espectro de posibles usos, como los SI para el control remoto de robots (drones, sensores, etc.) utilizados para el monitoreo y detección de carencia de nutrientes y/o estrés hídrico en los cultivos, SI para la prevención de riesgos, útiles para la respuesta y recuperación ante un desastre natural o una pandemia, SI para el mapeo de áreas de cultivo denominados Sistemas de Información Geográficos (SIG) e incluso los Sistemas Expertos (SE) (que son parte del área de Inteligencia Artificial (IA)) utilizados para resolver problemas complejos entre otros.

El objetivo del presente estudio que es el de analizar y mapear posibles instrumentos de TIC que puedan ser utilizados por los productores quineros en sus procesos productivos y/o ventas para apoyar en la mitigación, prevención y/o recuperación de los ingresos agrícolas en el marco de las afectaciones del COVID-19. De acuerdo a este objetivo, se enmarcan a las TIC que se adecúen a las necesidades, posibilidades y limitaciones de los productores quineros del altiplano boliviano (según tipo de clima, suelo, tipo de producción, nivel educación, disponibilidad o factibilidad para disponer de recursos como: económicos, técnicos, de internet, etc.).

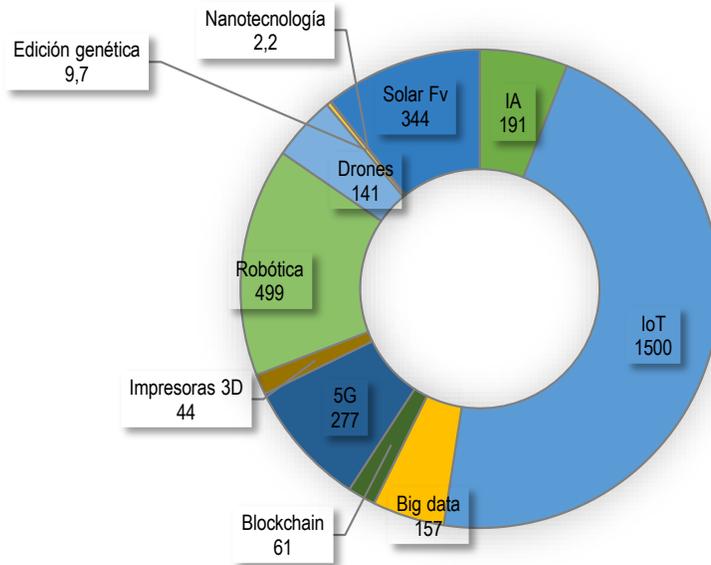
El presente documento consta de cuatro capítulos. El primer capítulo presenta a la introducción. El segundo capítulo denominado *Las TIC en la agricultura* resulta de la revisión de la literatura sobre el uso de tecnologías que se encuentran en crecimiento y uso, a nivel mundial, a nivel regional y por último a nivel del altiplano boliviano, este apartado presenta la base para definir el mapeo según las tecnologías que se han utilizado o implementado en poblaciones con características afines. El mapeo correspondiente será presentado en el capítulo tres, denominado *Mapeo de posibles instrumentos TIC*. Por último, en el capítulo cuatro se presentarán a las conclusiones.

2. Las TIC en la agricultura

Según el reporte de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) del año 2021, existen once tecnologías a nivel mundial que podrían representar un mercado de más de USD 3,2 trillones para el año 2025. Estas tecnologías se presentan en un índice denominado *Readiness for frontier technologies index* y su medición se basa en los siguientes bloques: habilidades de desarrollo TIC, habilidades de manejo TIC, Investigación científica y Desarrollo tecnológico (I+D), actividad industrial y acceso a la financiación. Estas tecnologías son:

- i) Inteligencia Artificial (IA).
- ii) *Internet of Things (IoT)*.
- iii) *Big data*.
- iv) *Blockchain*.
- v) Telefonía móvil de quinta generación (5G).
- vi) Impresoras 3D.
- vii) Robótica.
- viii) Drones.
- ix) Edición genética.
- x) Nanotecnología.
- xi) Energía solar fotovoltaica.

Gráfico No. 1. Readiness for frontier technologies index
(Índice de preparación para las tecnologías de frontera)

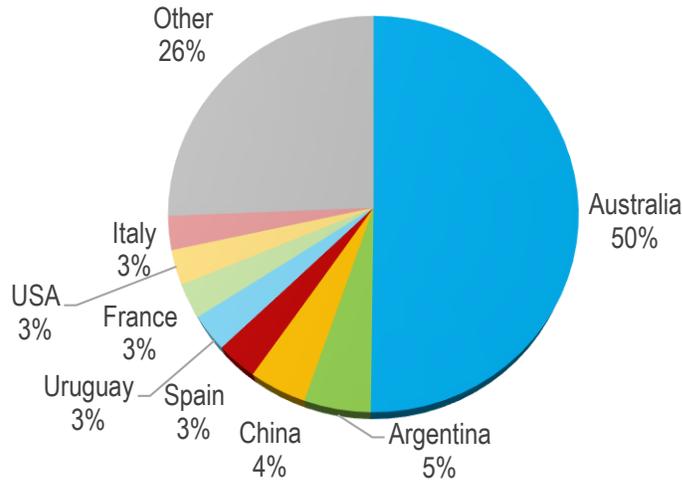


Fuente: UNCTAD, 2021.

También se menciona que “los países mejor preparados para la llegada de esta tecnología están en Norteamérica y Europa, mientras que los menos preparados se encuentran en el África subsahariana” (UNCTAD, 2021, traducción propia). Esto es comprensible porque “alrededor de un tercio de la población del África subsahariana sigue sin recibir señales de banda ancha para telefonía móvil y solo el 28% tiene acceso a Internet.” (FAO e ITU, 2022, traducción propia).

Por otro lado, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) los países que cuentan con mayor superficie dedicada a la agricultura orgánica en el año 2018 fueron Australia (con un 50%), Argentina (con un 5%) y China (con un 4%). Véase es Gráfico No. 2 (FAO,2020).

Gráfico No. 2. Países con mayor superficie de agricultura orgánica en 2018



Fuente: FAO, 2020.

Al revisar la literatura sobre el uso tecnológico en los países con mayor superficie dedicada a la agricultura orgánica con respecto al ranking *Readiness for frontier technologies index* reportado por la UNCTAD, se puede apreciar que, con excepción de la tecnología de energía solar fotovoltaica, las demás tecnologías ya están siendo aplicadas en mayor o menor medida en diferentes campos, incluyendo la agricultura; por ejemplo en GHD y AgThentic (2018), de Australia, se mencionan casos de estudio aplicados en la agricultura con las tecnologías *Blockchain*, *IoT*, IA, edición de genes, nanotecnología, robótica y drones. En el caso de China, según el plan de desarrollo agrícola 2019-2025, se presenta como meta una cobertura 5G del 70%. Cabe mencionar que en la mayoría de estos países se cuentan con subvenciones agrarias significativas (como es el caso muchos países desarrollados), además de diferentes tipos de apoyo en I+D, infraestructura, financiamiento, etc.

Algunos usos prácticos de las TIC utilizados en los países mencionados que serán tomados en cuenta en el siguiente capítulo son: el caso citado en OMPI (2014) donde menciona que “La labor de I+D de PARDI¹ en Vanuatu (Australia) conlleva poner a los pequeños agricultores directamente en contacto con los compradores mundiales de grano de cacao a fin de proporcionar ayuda en materia técnica y de calidad”.

¹ Programa Australiano de Ayuda Exterior Relativas a la Agricultura.

Otro caso interesante se presenta en China con la disposición de expertos a través de *WeChat* (aplicación móvil de comunicación similar a *WhatsApp*); por medio de esta aplicación los expertos cual responden consultas y peticiones de consejos de los agricultores.

En la revisión de literatura sobre América Latina y el Caribe, según Loukos y Arathoon (2021), los pequeños agricultores tienen los siguientes desafíos:

- i) Mejorar la productividad (debido a niveles bajos de productividad).
- ii) Aumentar los ingresos (debido a la baja inclusión financiera).
- iii) Aumentar la resiliencia ante impactos externos (debido a la baja resiliencia ante impactos externos como el cambio climático).

En este marco el equipo Agritech GSMA analizó 131 herramientas digitales utilizadas en América Latina que apuntan a cubrir estos desafíos y son: consultoría digital, servicios financieros digitales para la agricultura (relacionados con entidades financieras), abastecimiento digital, comercio electrónico agropecuario y el *smart farming*².

Sin embargo, en el área del altiplano puede apreciarse que términos como *e-commerce* (comercio electrónico), *smart farming* y/o agricultura de precisión no son conocidos por los pequeños agricultores. Estas herramientas, al igual que el abastecimiento digital, requieren de desarrollo tecnológico e inversión, como la compra de instrumentos de alta precisión, contratación de personal capacitado, etc.; En este punto es muy importante remarcar que en muchos casos los agricultores de la región altiplánica producen para el autoconsumo, por lo tanto, la tecnología utilizada en esta área es la clasificada por el equipo Agritech GSMA como “consultoría digital”, la cual se refiere a sistemas de mensajería móvil (mensajería de voz, Servicio de Mensajes Cortos(SMS, por sus siglas en inglés), con diversas aplicaciones que brindan recordatorios, información del clima, precios, etc.); Véase Figura No. 1.

² “La Agricultura de Precisión se concibió desde EE.UU. como un círculo que se retroalimentaba año a año y donde el único objetivo culminaba con la incorporación de dosis variable de insumos. O sea, se van adoptando tecnologías de información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad natural y/o inducida presente dentro del lote.” (Bragachini et. Al., 2006).

Figura No. 1. Consultoría digital en América Latina



Fuente: Agritech GSMA (Loukos y Arathoon (2021)).

La situación de los productores de quinua del altiplano boliviano es un poco más alentadora en comparación con los productores de la región altiplánica en general, incluyendo el acceso y uso de las TIC como se vera mas adelante.

La riqueza nutricional que posee la quinua ha sido reconocida a nivel mundial como un aliado para la seguridad alimentaria. Incluso el año 2013 fue declarado por las Naciones Unidas como el “año internacional de la quinua”. Debido a la importancia alimentaria y posibles reditos económicos de este cereal, que era producido mayormente de manera artesanal en la región andina (Bolivia, Peru y parte de Ecuador), la quinua pasó a producirse en muchos países como China, Estados Unidos, países europeos, etc., de manera masiva e industrial. Esto ocasionó una caída en su precio, de EUR 9000 por tonelada en el año 2013 a EUR 600 en el año 2021 (DW,2021).

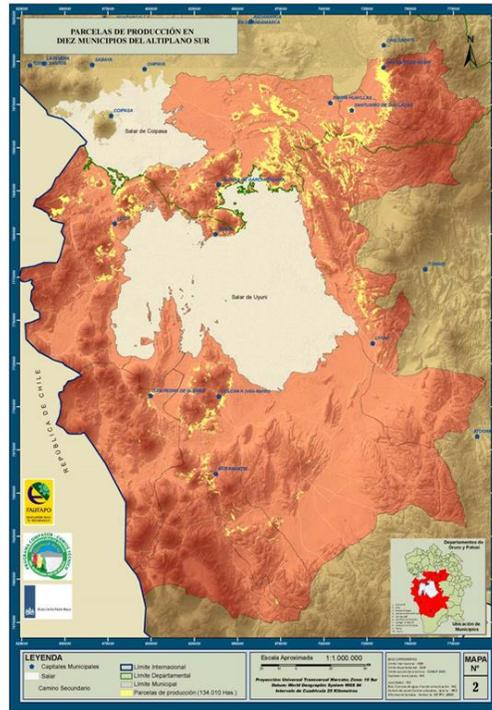
La caída tuvo un impacto negativo en los productores de la región andina incluyendo a los productores de quinua del altiplano boliviano, cuyas comunidades ya se encontraban organizadas en torno a la producción tradicional, artesanal y orgánica; lo que posibilitó tras dieciocho años de trabajo, con el apoyo de instituciones bolivianas y extranjeras, que Bolivia consiga la “denominación de origen” con la “quinua real” en el año 2020. Hoy en día tal variedad

se exporta a mercados internacionales; también cuenta con la certificación orgánica norteamericana *USDA Organic* y con convenios con Rapunzel Naturkost de Alemania en su programa de comercio justo *Hand in hand* entre otros.

Estos factores han permitido un mayor número de acuerdos y apoyo de organizaciones externas a los productores de quinua del altiplano boliviano, lo que se refleja en un mayor acceso a las TIC; por tanto, adicionalmente a los sistemas de mensajería (voz, *SMS*, etc.) están el de manejo de aplicaciones de redes sociales (*Zoom*, *WhatsApp*, etc.) y el acceso a información proveniente de sistemas más complejos, como los SIG; a continuación se presentan algunos casos relevantes:

En el año 2012, la fundación FAUTAPO ejecuta el programa Complejo Productivo Altiplano Sur, generando una base de datos aplicable a la producción de quinua real mediante un SIG. Para el mapeo utilizó una “Clasificación multiespectral; a partir de la interpretación de imágenes satelitales y el uso de la teledetección, donde se ha clasificado los valores radiométricos generados por la respuesta espectral de la clorofila del cultivo de Quinua Real. La información generada por la clasificación a partir de imágenes Landsat de 30 m de resolución espacial se ha cotejado con imágenes de CBRS-2B y con imágenes compuestas de *Google Earth*, determinando con mayor precisión la geometría de las áreas de cultivo.” (Bolivia Agraria, 2012).

Figura No. 2. Mapa de áreas de cultivo - SIG FAUTAPO

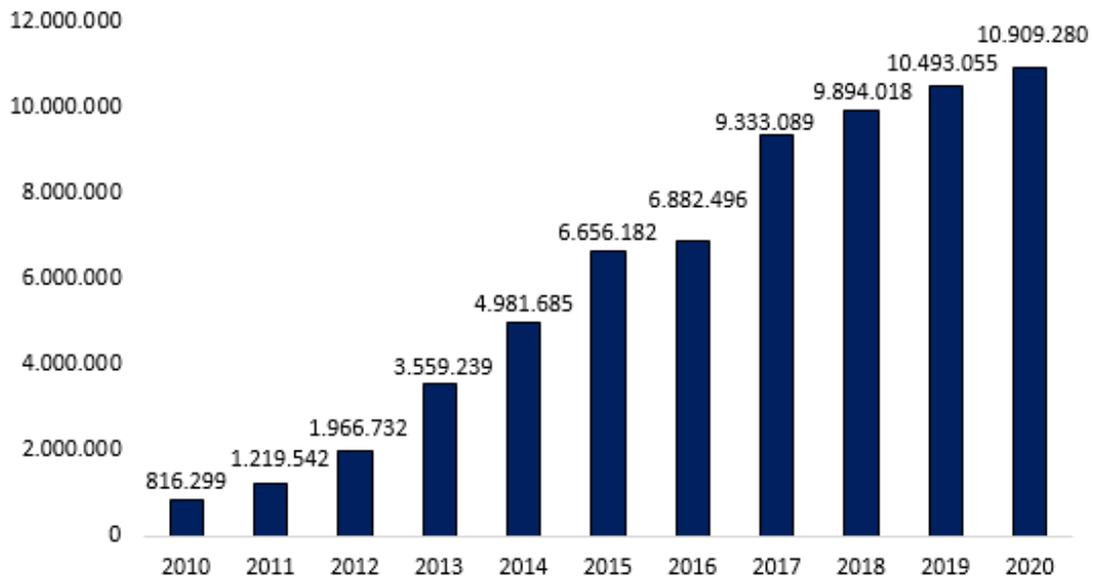


Fuente: Bolivia Agraria, 2012.

En el año 2013, la fundación PROINPA realizó una capacitación en el uso de TIC y desarrolló una aplicación móvil de SMS llamada *SMS VUSION* que brindaba información, recomendaciones y recordatorios para el cuidado del cultivo de la quinua (PROINPA, 2013); En el año 2014, técnicos y promotores de la Asociación Nacional de productores de Quinua (ANAPQUI) fueron parte del proyecto Uso de TIC en sistemas comunicación multiactores para la innovación tecnológica y comercial, ejecutado por la Fundación PROINPA, junto al *International Institute for Communication and Development*, ICCO Cooperación y *Text to Change* (TTC) (Cabrera, 2014).

Otro factor importante a considerar es el acceso a internet; según la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes (ATT, 2020), el número de conexiones a internet se incrementó a 10.909.280 para el año 2020, donde el 91,37% del total de estas conexiones son establecidas a través de tecnologías de acceso móvil 2.5G, 3G y 4G (véase Gráfico No. 3).

Gráfico No. 3. Evolución de conexiones del servicio de acceso a internet.
Segundo semestre de 2020



Fuente: Sistema Integrado de Estadísticas Territoriales (SIET) (ATT, 2020).

Sin embargo, aunque el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia estima el número de habitantes de Bolivia en 11.633.000 para el año 2020, es claro que no existe una relación directa con el número de conexiones. Si se revisa la información existente del sector agropecuario del altiplano boliviano sobre el acceso a internet, se puede apreciar que su uso llega a un 16,4% dificultando en gran medida el uso de tecnologías tipo *IoT*. Por esta razón, en el mapeo se presentan dispositivos y sistemas con tipos de conexión alternativos o híbridos en su mayoría (véase Tabla No. 1).

Tabla No. 1. *Bolivia. Población ocupada del sector agropecuario del altiplano por uso de tecnologías de información: Internet*
(En número de personas)

Variables	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Población total	788.482	921.984	925.060	954.842	949.953	921.055
SÍ	86.452	98.541	81.049	131.125	172.886	150.971
NO	652.178	761.564	789.187	771.955	705.683	728.201
NS/NR	49.852	61.879	54.824	51.762	71.384	41.883

Fuente: Eminpro - INESAD, en base a datos del Instituto Nacional de Estadística, Encuestas de Hogares.

Analizando a la población de interés a mayor profundidad, también se puede apreciar que el uso de computadoras es bastante reducido, llegando a un 10,3% (véase Tabla No. 2).

Tabla No. 2. *Bolivia. Población ocupada del sector agropecuario del altiplano por uso de tecnologías de información: Computadora*
(En número de personas)

Variables	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Población total	788.482	921.984	925.060	954.842	949.953	921.055
SÍ	108.048	107.058	69.040	98.739	76.650	18.400
NO	630.582	753.047	801.196	804.341	801.919	860.772
NS/NR	49.852	61.879	54.824	51.762	71.384	41.883

Fuente: Eminpro-INESAD, en base a datos del Instituto Nacional de Estadística, Encuestas de Hogares.

Sin embargo, cuando vemos los datos sobre la tenencia de celulares, podemos apreciar que su uso llega a un 50,3% (véase Tabla No. 3), este porcentaje es mucho más significativo que el presentado en el uso de computadoras, razón por la que se dará prioridad a esta tecnología en el mapeo de posibles herramientas tecnológicas del siguiente capítulo.

Tabla No. 3. Bolivia. Población ocupada del sector agropecuario del altiplano por uso de tecnologías de información: Celular
(En número de personas)

Variables	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Población total	788.482	921.984	925.060	954.842	949.953	921.055
SÍ	354.321	0	0	431.503	380.840	416.172
NO	384.309	0	0	471.577	497.729	463.000
NS/NR	49.852	921.984	925.060	51.762	71.384	41.883

Fuente: Eminpro-INESAD, en base a datos del Instituto Nacional de Estadística, Encuestas de Hogares.

Cabe señalar que las implementaciones TIC existentes para los pequeños agricultores de la región altiplánica incluyendo a los productores de quinua del altiplano boliviano, son de alta dependencia, debido a que han sido financiadas y desarrolladas por organizaciones externas (gobierno, fundaciones, organizaciones internacionales, universidades, etc.); que las habilidades de manejo y desarrollo de las TIC dentro del grupo bajo estudio son limitadas; que la rápida evolución tecnológica conlleva el riesgo de obsolescencia tecnológica (aunque el mantenimiento, actualización y desarrollo TIC por parte de un proveedor externo podría retardar este efecto).

Tomando en cuenta los puntos señalizados entre otros, se sugiere que la selección de una tecnología específica surja de la perspectiva de los productores, con el fin de que la misma no sea desechada o quede en desuso al poco tiempo de su implementación. También se recomienda considerar el uso de la **Gestión del Cambio**³ utilizada para crear empoderamiento y manejar el rechazo al cambio muy común en el área de tecnología y se prevé que, a mayor escala en el grupo de estudio, debido a las características expuestas en este capítulo.

³ Conocido como *Change Management*, involucra al usuario final en todas las etapas de desarrollo e implementación de un SI, con el fin de conseguir el éxito del proyecto y asegurar la continuidad su uso.

Por último, puntualizar que, para el mapeo de posibles herramientas TIC presentado en el siguiente capítulo, se consideraron varios criterios (muchos de ellos detallados en este capítulo) y son:

- i) Qué tipo de tecnología utilizan los productores, y si es posible usar esa misma de base para mejorarla o actualizarla.
- ii) Qué necesidades tienen los productores, según actividades o tareas que se puedan automatizar (ej.: el recorrido del productor por el campo para la revisión del cultivo podría realizarse con un dron)
- iii) Qué tecnología existe a nivel mundial, regional, y en el propio altiplano boliviano, para así proponer algún salto tecnológico de ser posible. Este salto debe ser efectivo, que reduzca costos y uso de recursos, accesible y útil. Un error común y peligroso en la adquisición de tecnología es seguir moda o tendencia, omitiendo contar con la madurez necesaria para su uso y aprovechamiento.
- iv) Con qué habilidades de desarrollo y uso TIC cuentan los productores.
- v) Nivel de Madurez de los productores: en la década de los años 70, Richard Nolan, docente de la escuela de negocios de Harvard, desarrolló la “Teoría de las Etapas” donde establece que “la función de la informática dentro de las organizaciones evoluciona a través de ciertas etapas de crecimiento”, estas etapas van desde la Etapa de Inicio hasta la Etapa de Madurez.
- vi) Qué tecnología está disponible en la región (con proveedores que cuenten con asistencia técnica disponible para la región).
- vii) Innovación: se podrá apreciar en el mapeo del siguiente capítulo se proponen innovaciones a través de SI desarrollados a medida e incluso un SE⁴ (que forma parte de IA).
- viii) Que se respete la calidad orgánica de la quinua y todos los aspectos necesarios para mantener la “Mención de Origen” de la “Quinua real”, incluyendo la forma de trabajo y organización de los quinueros bolivianos.

⁴ Resuelven problemas específicos según el conocimiento y experiencia humana.

3. Mapeo de Posibles Instrumentos TIC

Para la estructuración del mapeo presentado en el presente capítulo, se tomó como base el proceso de cadena de suministros⁵, debido a que se considera importante tener la perspectiva de un sistema (que incluya no solo a sus componentes, sino también a la interacción de los mismos y a las influencias de su entorno), desde la obtención de suministros (insumos) hasta la entrega del producto al cliente “final”. Si bien, en la literatura se mencionan diferentes agrupaciones de elementos, etapas, componentes o partes que deberían conformar una cadena de suministros, hay un cierto acuerdo en cuanto a tres elementos básicos y estos son:

- **Suministro:** Se refiere a las actividades necesarias para obtener y entregar las materias primas para la producción (ej.: Información necesaria antes de comenzar la siembra, obtención de fertilizantes, semillas, fungicidas, etc.).
- **Producción:** Es el proceso donde se transforman las materias primas para conseguir el producto. En el documento presentado por la FAO (2011), se presentan a los sistemas tradicional y mecanizado para el cultivo de la quinua con las siguientes etapas:
 - i) Siembra.
 - ii) Control de plagas, enfermedades, deshierbo, fertilización ecológica, etc.
 - iii) Cosecha.
 - iv) Postcosecha, secado o emparve (que consiste en acomodar las plantas en montones inmediatamente después del corte).
 - v) Trilla (consiste en la separación de los granos de la panoja).
 - vi) Venteo (consiste en la separación del 'jipi' o perigonio y residuos vegetales del grano comercial).
 - vii) Almacenamiento.
- **Distribución:** Se encarga de hacer llegar los productos a los consumidores finales a través de una red de transporte que llega hasta los locales comerciales y almacenes.

Estos componentes interrelacionados presentan una dependencia clara. Por ejemplo, sin insumos no se puede producir (véase Figura No. 3).

⁵ “Conjunto de pasos y redes que se tejen desde el origen del producto hasta el cliente final” (MECALUX, 2020).

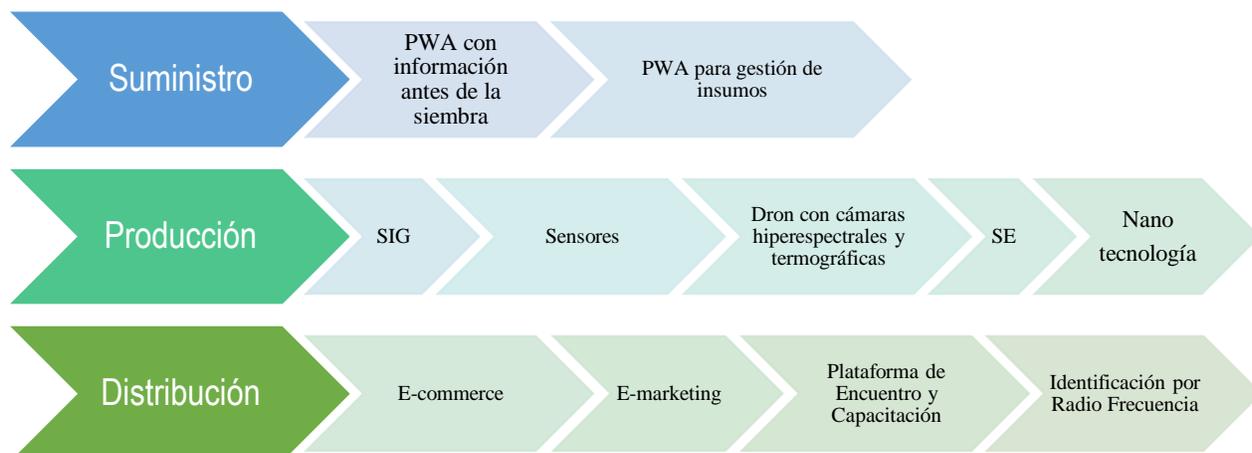
Figura No. 3. Componentes básicos de un Proceso de Cadena de Suministros



Fuente: Elaboración propia en base al Proceso de Cadena de Suministros.

A continuación, se presenta el mapeo de posibles herramientas TIC para los quineros del altiplano boliviano, organizados según los componentes descritos. Existen algunas herramientas que podrían ser utilizadas de manera transversal por cualquier componente del sistema, como el SE, que se catalogó en el componente de *Producción* y la plataforma de encuentro y capacitación catalogada en el componente de *Distribución*.

Figura No. 4. Mapeo de posibles herramientas TIC para los quineros del altiplano boliviano



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan a las herramientas clasificadas por cada componente. Se da preferencia al manejo mediante el celular debido a los datos presentados en el anterior capítulo.

- **Suministro**

En este componente se proponen dos herramientas, ambas son aplicaciones de tipo *web* progresivas (PWA⁶). Por un lado, este tipo de aplicaciones utilizan lenguajes de programación estándares bastante conocidos y de fácil uso (HTML y JavaScript), debido a que son los mismos que se utilizan para crear páginas *web* comunes. Esta condición facilita el mantenimiento, actualización y mejoras de la aplicación a costes reducidos y sin requerir personal especializado (como programadores de lenguajes nativos móviles). Por otro lado, este tipo de aplicaciones pueden funcionar como aplicaciones nativas para móvil, lo que permite su utilización aun cuando no se cuente con conexión a internet e incluso es posible gestionar bases de datos de tamaño reducido en el teléfono móvil, para su posterior integración en una base de datos central que podría estar en un servidor compartido de la nube; Estas herramientas son:

- i) PWA que brinde información antes de la siembra: Se considera importante una aplicación que brinde acceso a información importante y necesaria antes de la siembra, como los datos provenientes de páginas relevantes con el pronóstico del clima (por ejemplo, datos procedentes de la página del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología⁷ que proporciona el pronóstico climático, monitoreo de sequías e información de meteorología agrícola).

Según Liuhto et. al. (2016), los problemas más relevantes en la producción quinuera relacionados a la crisis climática son: 83,6% sequía, 7,4% helada, 6% viento y 1,5% granizo. Contar con un pronóstico adecuado podría ayudar a prevenir pérdidas de cultivo (ej.: retrasar unos días la siembra por una helada), etc.

También podría contener guías importantes, para dar soporte en la planificación con herramientas para cálculo de fertilizante necesario por hectárea, por

⁶ *Progressive Web Application* por sus siglas en inglés.

⁷ Dirección *web*: <https://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>

ejemplo, y para la ejecución como el listado de pasos a seguir antes de la siembra según las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (ej.: un *checklist* de actividades, un *checklist* de recordatorios, etc.). En este punto, no se recomienda el uso de mensajería móvil (el envío de mensajes masivos como *SMS* o recordatorios por *WhatsApp* pueden saturar a los productores), este tipo de servicios deberían ser reservados para el uso de alertas tempranas o avisos de emergencia.

- ii) PWA para la gestión y pedido de insumos: Herramienta prevista para la gestión del abastecimiento. Contendría, por un lado, información relevante como: precios de mercados (referidos a fertilizantes, insumos, etc.), rastreador y manejo de proveedores, productos, inventario e incluso el pedido automatizado de insumos a proveedores, (mediante algún servicio de mensajería). Adicionalmente, podría contener un submódulo de seguimiento y recepción de pedidos; Es importante mencionar que los precios son elevados y muchos materiales básicos son escasos en el campo. Este módulo también podría ser útil en el caso de la distribución.

- **Producción**

En este componente se presenta el siguiente conjunto de herramientas:

- i) Sistemas de Información Geográfica (SIG): Son sistemas especializados que presentan múltiples usos, como el manejo de datos espaciales facilitando la visualización de un territorio a través de mapas temáticos (mapas climáticos, de recursos naturales, topográficos, hidrográficos, geológicos, etc.).

En la agricultura podemos mencionar su importancia en el manejo de datos georreferenciados que contribuyen a la identificación de usos y sobrecargas de los terrenos de cultivo entre otros; actualmente existen varias aplicaciones para su manejo (gratuitas y de pago); aunque la clasificación de datos y cruce de información precisan diferentes recursos, como mano de obra cualificada; en este punto se sugiere, dada la utilidad de la herramienta, recurrir a plataformas preexistentes de ser posible, como la plataforma de datos geográficos abiertos

GeoBolivia⁸ o el SIG de la Fundación FAUTAPO, mencionado en el anterior capítulo.

Cabe mencionar que este tipo de sistemas son utilizados en la agricultura de precisión que se refiere a un: “concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estimar, evaluar y entender dichas variaciones.” (Lago et. al. 2011).

- ii) Sensores: Son dispositivos que sirven para la recolección de información. En general, dentro de la agricultura, estos sensores pueden recolectar datos de cultivos y enviarlos (a través de alguna red inalámbrica) a una base de datos. Estos datos pueden referirse, por ejemplo, a la humedad de la tierra, temperatura, pH, nivel de nutrientes, e incluso existen sensores ópticos que permiten la clasificación del fruto resultante de los cultivos por color, tamaño o aspecto externo.

Esta tecnología aporta múltiples beneficios como el ahorro en el uso de recursos, por ejemplo, ahorra el tiempo de recorrido de largas distancias por parte de los agricultores para el monitoreo de sus cultivos (si se ve en términos de igualdad de género estos dispositivos ayudan a que los recursos de información estén disponibles de manera igualitaria).

Existen diferentes tipos de sensores y para su selección se sugiere aquellos que no se limiten al envío de información a través de internet como los IoT, existen algunos sensores que incluyen software (descargable para aplicaciones móviles) mediante el cual se podría realizar la transferencia de los datos recolectados directamente (al celular, tableta, etc.).

- iii) Drones con cámaras hiperespectrales y termográficas: Estos dispositivos al igual que los sensores brindan múltiples beneficios, capturan imágenes que permiten la monitorización de cultivos en sus diferentes etapas, permiten la identificación de plagas y malezas cuando aparecen, detectan enfermedades como la clorosis e incluso el estrés hídrico en áreas de cultivo bien identificadas, permiten la

⁸ Dirección web: <http://geo.gob.bo/portal/>

optimización del uso de recursos, por ejemplo, al detectar una amenaza o carencia en un área determinada, reduciendo así la cantidad de fertilizantes o agua necesitados (existen drones de riego y otros que aplican productos fitosanitarios a través de pulverizaciones).

Cabe aclarar que los drones a los que se hace referencia en este punto son de tamaño pequeño y pueden ser guiados según un plan preestablecido (existen aplicaciones para la creación del plan de vuelos mediante el trazado manual directamente sobre un mapa a través de pantallas táctiles del celular o tableta.) o incluso con control remoto, sin precisar de un piloto especializado.

Como alternativa a los drones, también sería posible la utilización de robots para la realización de las mismas tareas, sin embargo, la disponibilidad y costos son limitativos.

- iv) Sistema Experto (SE): Los SE son muy útiles para la resolución de problemas concretos; utilizan datos provenientes de distintos dispositivos, SI, experiencia de los propios productores y experiencia de diferentes expertos en materia de agricultura.

El SE podría asistir a la resolución de diferentes situaciones, por ejemplo, en el caso de las imágenes capturadas mediante drones podría aplicar una técnica de reconocimiento de patrones, ya que estas tecnologías resultan más precisas que el ojo humano y a partir de la información recolectada y procesada ante la identificación de plagas como complejo ticona y polilla ("las plagas más dañinas para el cultivo de Quinoa. Causan Pérdidas del 30% en el rendimiento." (PROINPA, 2019)) generar una alerta temprana (por ejemplo, un mensaje por WhatsApp).

- v) Nanotecnología: Esta tecnología de pequeña escala nos brinda múltiples ventajas, como el ahorro de fertilizantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas ayudando a la reducción de la huella de carbono y el cuidado de suelos.

Según IAEA (2021), las actividades agrícolas aportan aproximadamente el 30% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, principalmente debido al uso de fertilizantes químicos, pesticidas y desechos animales; En materia de salud y género, cabe mencionar que la manipulación de estos elementos presenta un

riesgo reducido en caso de una mujer embarazada. Por otro lado, según Lira et. al. (2018), los “nanofertilizantes, nanopesticidas, nanoherbicidas y nanosensores, permitirán incrementar el rendimiento de alimentos de manera sustentable y reduciendo el impacto ambiental”.

Actualmente existen diferentes productos ecológicos disponibles en Perú, Argentina y Uruguay; sin embargo, por la calidad que debe preservar la “Quinoa real” se recomienda hacer evaluaciones minuciosas antes de optar por esta tecnología.

- **Distribución**

Este componente enmarca las siguientes herramientas tecnológicas:

- i) E-commerce: El comercio electrónico permite la venta, realización de pedidos y pago de productos a través de internet. Esta herramienta facilitaría el contacto con empresas distribuidoras y también el contacto directo con el cliente final (evitando la cadena de intermediarios, situación podría traducirse en precios más bajos y mayores ganancias); La manera más común de usar esta tecnología es mediante la creación de una tienda virtual en un sitio *web*. Sin embargo, también existen plataformas masivas como Amazon, Alibaba, AliExpress, etc. que, al ser populares, cuentan con un nicho de clientes significativo. En el caso de plataformas existentes como Amazon, es posible la utilización de sus almacenes y logística, lo que podría ser de utilidad en el momento de distribución del producto.
- ii) E-Marketing: El marketing electrónico brinda un conjunto de herramientas disponibles que soportan el plan de *marketing* de un producto, por ejemplo, propaganda pagada o el uso de redes sociales (Instagram, Twitter, etc.) a través de sus *influencers*, siendo de utilidad en la señalización del producto (como solicitar a chef de renombre, nutricionista reconocido, etc. que recomienden un producto) entre otros.
- iii) Plataforma de Encuentro y Capacitación: Esta herramienta multipropósito podría ser una aplicación *web* que facilite el encuentro de productores de quinoa con compradores (similar al caso de los productores de cacao de Vanuatu presentado en el anterior capítulo), también podría incluir una red de comunicación entre los

productores de quinua de diferentes regiones y países, de productores con expertos (mediante acceso a capacitaciones) y de productores con socios estratégicos (públicos, privados, de cooperación, etc.).

Esta plataforma podría contener links de aplicaciones existentes como *Zoom*, por ejemplo; por otro lado, la plataforma podría brindar acceso a información relevante y también podría contener un módulo inteligente que simule ser una oficina de consultoría, según una base de datos de conocimiento a través de un *chatbot* que conteste las consultas de los agricultores.

- iv) Identificación por Radio Frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés): Esta herramienta puede ser utilizada con múltiples propósitos, y ayuda a la trazabilidad del producto; permite la catalogación, seguimiento y rastreo de productos a través de dispositivos especiales conocidos como *tags* RFID (etiquetas RFID), que contienen información correspondiente al objeto en el que están adheridas; a través de una frecuencia que es captada por un lector RFID, es posible recuperar leer la información (ej.: tarjeta para apertura de puertas, artículos de inventario de almacenes, cajas que serán transportadas utilizando algún tipo de logística, productos en tiendas físicas, etc.).

4. Conclusiones

A nivel mundial la tecnología evoluciona velozmente, las herramientas TIC existentes para el área de la agricultura se encuentran muy desarrolladas (IA, nanotecnología, etc.) y el número de herramientas disponibles en el mercado es elevado. Estas herramientas, además, son variadas y cuentan con diferentes características y propósitos, lo que brinda un amplio espectro de selección.

Entre los factores decisivos para la selección e implementación de herramientas TIC para los productores de quinua del altiplano boliviano, es importante a tomar en cuenta la perspectiva de los propios productores para su selección con el fin de que la herramienta implementada no caiga en desuso; también se debe considerar que el grupo bajo estudio se encuentra en una etapa inicial (según la Teoría de las Etapas en cuanto a SI). Aunque los recursos del grupo bajo estudio son limitados (niveles de educación TIC bajos, no se cuenta con I+D, ni infraestructura

tecnológica propia, la infraestructura externa es limitada, el uso de internet es menor al 20% entre otros) es posible recurrir a herramientas de utilidad que marquen una diferencia importante en diferentes ámbitos; un conjunto de estas herramientas fueron presentadas en el capítulo denominado *Mapeo de Posibles Instrumentos TIC*, donde se sugiere, por ejemplo, el uso de drones, sensores, nanotecnología, etc. que permiten la mejora en la calidad del trabajo de los productores. Con este uso, se facilitarían y reducirían tareas arduas como el recorrido de largas distancias por el campo para el monitoreo del cultivo, lo que mejoraría la calidad de trabajo del productor independientemente de sus características (genero, edad, personas con cierto grado de discapacidad, etc.). También sería posible la identificación precisa de las necesidades del cultivo, lo que facilitaría la protección y ahorro de recursos como agua y fertilizantes (beneficiando al medio ambiente, reduciendo costos de producción e incluso acortando la brecha de genero entre otros) o la detección de amenazas como las plagas, que en un inicio podrían ser indetectables para el ojo humano.

El uso de sistemas de información (PWA, SE, plataforma de comunicación) facilitarían el acceso a información de vital importancia, aumentando así la resiliencia ante impactos externos como el cambio climático y el COVID-19, también ayudarían a la mejora de las habilidades TIC y otras habilidades necesarias, mediante el intercambio de comunicación con otros productores y con el uso de la base de conocimientos gestionada por el SE.

Con la utilización de herramientas de E-commerce y E-marketing se facilitarían las conexiones con clientes directos y se podría realizar la señalización del producto.

Por último, el conjunto de herramientas presentadas se basó en la perspectiva de un sistema, buscando apoyar al productor en todo el proceso de cultivo, abastecimiento y distribución de una manera integral con tecnología de fácil uso y en la mayoría de los casos de fácil desarrollo u obtención.

Bibliografía

- APPA - Asociación de Empresas de Energías Renovables (s.f.). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* [artículo en blog]. Madrid, España: APPA. Recuperado de www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/
- ATT - Autoridad de regulación y fiscalización de Telecomunicaciones y Transporte (2020). *Boletín: Estado de situación del internet en Bolivia*. Recuperado de www.att.gob.bo/content/situacion-del-internet-en-bolivia
- Bolivia Agraria (2012). *Sistema de información geográfica de la quinua* [artículo en blog]. Bolivia Agraria. Recuperado de bolagra.wordpress.com/sistemas-de-informacion-geografica-en-el-cultivo-de-la-quinua-real/
- Bragachini M., Méndez A., Scaramuzza F., Proietti F. (2006). *Proyecto Agricultura de Precisión*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina. Recuperado de [mecanizacionagricolafiles.wordpress.com/2012/12/agricultura-de-precision-actualizacic3b3n-tc3a9cnica-nc2ba-6.pdf](http://mecanizacionagricolafiles.files.wordpress.com/2012/12/agricultura-de-precision-actualizacic3b3n-tc3a9cnica-nc2ba-6.pdf)
- Cabrera, S. (2014). *Productores de quinua recurren a las TIC*. Akvo rsr. Recuperado de rsr.akvo.org/es/project/328/update/4569/
- DW - Deutsche Welle (2021). *Aumenta la competencia del grano andino* [archivo de video]. DW. Youtube. Recuperado de www.youtube.com/watch?v=1sQW11GUysc
- FAO e ITU - Food and Agriculture Organization e International Telecommunication Union (2022). *Status of digital agriculture in 47 sub-Saharan African countries*. Roma, Italia: FAO. Recuperado de doi.org/10.4060/cb7943en
- FAO - Food and Agriculture Organization (2020). *World food and agriculture: Statistical yearbook 2020*. Roma, Italia: FAO. Recuperado de doi.org/10.4060/cb1329en-fig61
- GHD y AgThentic (2018). *Emerging agricultural technologies: Consumer perceptions around emerging Agtech*. Australia: AgriFutures. Recuperado de www.agrifutures.com.au/wp-content/uploads/2019/01/18-048.pdf
- IAEA - International Atomic Energy Agency (2021). *Greenhouse gas reduction*. IAEA. Recuperado de www.iaea.org/topics/greenhouse-gas-reduction
- Kayumova, M. (2017). *The role of ICT regulations in agribusiness and rural development*. Washington D.C., Estados Unidos de América: Banco Mundial. Recuperado de openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29041
- Kendall, E. K. y Kendall, E. J. (1997). *Análisis y diseño de sistemas*. Madrid, España: Prentice Hall.
- Lago, G. C., Sepúlveda, P. J. C., Barroso, A. R., Fernández, P. F. Ó., Maciá, P. F. y Lorenzo, J. (2011). *Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento: Aplicación en la agricultura de precisión*. Chile: IDESIA. Recuperado de

scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v29n1/art09.pdf

Lira, S. R. H., Méndez, A. B., De los Santos, V. G. y Vera, R. I. (2018). *Potencial de la nanotecnología en la agricultura*. Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato. Recuperado de doi.org/10.15174/au.2018.1575

Liuhto, M., Mercado, G. y Aruquipa, R. (2016). *El cambio climático sobre la producción de quinua en el altiplano boliviano y la capacidad de adaptación de los agricultores*. Revista de investigación e innovación agropecuaria y de recursos naturales. Recuperado de www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182016000200006

Loukos, P. y Arathoon, L. (2021). *Panorama del ecosistema agro tecnológico para los pequeños agricultores de América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de dx.doi.org/10.18235/0003027

NIH - National Human Genome Research Institute (2022). *Nanotecnología*. Estados Unidos de América: NIH. Recuperado de www.genome.gov/es/genetics-glossary/Nanotecnologia

Mecalux (2020) *¿Qué es la 'supply chain' o cadena de suministro? Definición y diferencias con la logística*. España: Mecalux. Recuperado de www.mecalux.com.ar/blog/supply-chain-que-es#:~:text=La%20cadena%20de%20suministro%20o,ha%20sido%20entregado%20y%20cobrado

Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (2011). *La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Recuperado de www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf

Ogutu, S., Okello J., Otieno D. (2014). *Impact of Information and Communication Technology-based Market Information Services on Smallholder Farm Input Use and Productivity: The Case of Kenya*. Kenya, Africa. Banco Mundial. Recuperado de doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.06.011

Oller, M. (2014). *Big data: la tendencia de los datos [artículo en blog]*. Barcelona, España: Caminstech. Recuperado de caminstech.upc.edu/es/blog/bigdata

OMPI - Organización Mundial de La Propiedad Intelectual (2014). *La pequeña agricultura agita las olas del Pacífico*. Vanuatu, Australia. Recuperado de www.wipo.int/ipadvantage/es/details.jsp?id=5552#:~:text=La%20labor%20de%20I%2BD,materia%20t%C3%A9cnica%20y%20de%20calidad

Oracle España (s.f.). *¿Qué es el big data?* España: Oracle. Recuperado de www.oracle.com/es/big-data/what-is-big-data/

Oracle México (s.f.). *¿Qué es la inteligencia artificial—IA?* México: Oracle. Recuperado de www.oracle.com/mx/artificial-intelligence/what-is-ai/

INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2005). *Proyecto Agricultura de Precisión*, Córdoba, Argentina. Recuperado de

Parlamento Europeo (2016). Tecnologías de edición del genoma: oportunidades y riesgos [preguntas parlamentarias]. Recuperado de www.europarl.europa.eu/doceo/document/O-8-2016-000097_ES.html#:~:text=Las%20nuevas%20tecnolog%C3%ADas%20de%20edici%C3%B3n,el%20C2%ABdescubrimiento%20del%20siglo%20BB

PROINPA - Fundación PROINPA (2019). *Estrategia de control complejo ticona y polilla de la quinua*. Bolivia. Recuperado de www.proinpa.org/web/wp-content/uploads/2019/12/Estrategia-de-control-Complejo-Ticona-y-Polilla-de-la-Quinua.pdf

PROINPA - Fundación PROINPA (2013). Las TIC en la agricultura [archivo de video].

PROINPA. Youtube. Recuperado de www.youtube.com/watch?v=XCYqFs-yM4s

Red Hat (2019). *¿Qué es el internet de las cosas (IoT)?* Red Hat. Recuperado de www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot

Threepoints (2022). ¿Cuál es la diferencia entre la inteligencia artificial y la robótica? [artículo en blog]. Barcelona, España: Threepoints. Recuperado de www.threepoints.com/blog/diferencia-entre-ia-y-robotica

UNCTAD - Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2021). *Technology and innovation report 2021: Catching technological waves. Innovation with equity*. Nueva York, Estados Unidos de América. Recuperado de unctad.org/system/files/official-document/tir2020_en.pdf

Anexo

Glosario de términos

5G: Quinta generación de redes móviles con mejoras en el ancho de banda y la latencia (i.e. tiempo de espera).

Big data: Son datos que contienen una mayor Variedad y que se presentan en Volúmenes crecientes y a mayor Velocidad. Esto se conoce también como "las tres V". (Oracle España, s.f.). En los últimos años, el número de V's ha ido creciendo, sin embargo, existe un consenso en dos más Veracidad y Valor; por ejemplo, el año 2014 Twitter generaba más de 13 Terabytes de datos cada día (Oller, 2014), estos datos podían ir desde textos, iconos, videos, audios, etc.

Blockchain: Tecnología de cadena de bloques que utiliza un sistema distribuido de base de datos donde se almacena una copia exacta de los bloques de datos en cada locación.

Dron: Vehículo aéreo no tripulado que puede volar de manera autónoma según un plan preestablecido.

Edición de Genes: “Las nuevas tecnologías de edición de genes, como CRISPR-Cas9 o NgAgo, permiten modificar el ADN, incluido el de los seres humanos, con gran facilidad (sustituir, suprimir o añadir secuencias...) y a un coste reducido.” (Parlamento Europeo, 2016).

Inteligencia Artificial (IA): “Se refiere a sistemas o máquinas que imitan la inteligencia humana para realizar tareas y pueden mejorar iterativamente a partir de la información que recopilan” (Oracle Méjico, s.f.); se utiliza de diferentes formas, por ejemplo, *chatbots* y simuladores.

Internet of Things (IoT): “El Internet de las cosas (IoT) es el proceso que permite conectar elementos físicos cotidianos al internet: desde objetos domésticos comunes, como las bombillas de luz, hasta recursos para la atención de la salud, como los dispositivos médicos;” (*Red Hat, 2019*).

Impresoras 3D: Impresoras en tres dimensiones.

Nanotecnología: “La nanotecnología es la ciencia de manipular la materia a una escala atómica y molecular para resolver problemas” (NIH,2022). El tamaño es de un nanómetro: $1 \text{ nm} = 10^{-9}$.

Robótica: Maquinas con capacidad de realizar tareas automatizadas según el programa(software) que contengan, pueden realizar tareas automáticas o semiautomáticas. (Threepoints, 2022).

Tecnología de energía solar fotovoltaica: Tecnología basada en paneles especiales que transforman la energía solar(radiación) en electricidad (APPA, s.f.).