



Universidad Pontificia Comillas - ICADE

# **NUEVAS TECNOLOGÍAS Y AGRICULTURA 4.0: IMPACTO EN LOS RECURSOS HUMANOS DE LA INDUSTRIA AGRÍCOLA EN CENTROAMÉRICA**

Autor/a: Marion Wandel Marroquín  
Director/a: Alejandro Luis Navarro Yáñez

MADRID | Abril 2021

# Índice

|  |            |
|--|------------|
| <b>Índice.....</b>   | <b>ii</b>  |
| <b>Lista de ilustraciones .....</b>  | <b>iii</b> |
| <b>Lista de tablas .....</b>   | <b>iv</b>  |
| <b>Resumen .....</b>   | <b>v</b>   |
| <b>Executive Summary .....</b>   | <b>vi</b>  |
| <b>Introducción .....</b>  | <b>1</b>   |
| <b>1 Marco Teórico .....</b>   | <b>5</b>   |
| <b>1.1. Sector agrícola en Centroamérica.....</b>  | <b>5</b>   |
| 1.1.1. Contexto histórico e importancia.....   | 5          |
| 1.1.2. Retos y oportunidades.....  | 8          |
| <b>1.2. Innovación y agricultura 4.0.....</b>  | <b>10</b>  |
| 1.2.1. Agricultura y su evolución.....   | 10         |
| 1.2.2. Agricultura 4.0.....  | 13         |
| 1.2.3. Tipos de innovaciones y nuevas tecnologías .....  | 14         |
| 1.2.4. Importancia de la innovación e implementación de nuevas tecnologías .....   | 17         |
| <b>2 Nuevas tecnologías en el sector agrícola de Centroamérica .....</b>   | <b>23</b>  |
| <b>2.1. Posición actual de actores relevantes en Centroamérica y barreras presentadas<br/>    ante la agricultura 4.0 y otras nuevas tecnologías .....</b> | <b>23</b>  |
| 2.1.1. Metodología.....  | 23         |
| 2.1.2. Resultados de la investigación.....   | 27         |
| 2.1.3. Capacidad de implementación de nuevas tecnologías e innovación .....  | 36         |
| <b>3 Conclusiones y recomendaciones .....</b>  | <b>46</b>  |
| <b>4 Referencias .....</b>   | <b>50</b>  |
| <b>5 Anexo .....</b>   | <b>53</b>  |

## Lista de ilustraciones

|  |    |
|--|----|
| <b>Ilustración 1.</b> Revoluciones agrícolas ..... | 11 |
|--|----|

## Lista de tablas

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Tecnologías características de la nueva revolución agrícola..... | 15 |
| <b>Tabla 2.</b> Áreas de innovación agrícola .....                               | 16 |
| <b>Tabla 3.</b> Datos informantes .....  | 26 |
| <b>Tabla 4.</b> Ventajas y desventajas de la innovación .....                    | 30 |
| <b>Tabla 5.</b> Población e índices socioeconómicos en Centroamérica .....       | 38 |

## Resumen

Este estudio describe los efectos provocados por la falta de o implementación de nueva tecnología agrícola en los recursos humanos de la industria agrícola en la región centroamericana.

El estudio se limita al área centroamericana, dado que es una región cuya presencia en la agricultura es de mucha importancia, tanto para el desarrollo económico de cada uno de los países conformantes de la región, como para sus ciudadanos, de los cuales un alto porcentaje se dedica a labores relacionadas con la agricultura.

Para la investigación se aplicó un método exploratorio, mediante la realización de encuestas en profundidad con productores del sector agrícola de la región centroamericana y un posterior análisis, basado en información antes recopilada mediante investigación bibliográfica.

Los resultados muestran que, aún implicando grandes ventajas y beneficios, la innovación y el proceso de implementación de tecnología agrícola en Centroamérica ha presentado diversas barreras. Además, muchos de los productores consideran que no cuentan con el apoyo y recursos necesarios para poder realizar la transición digital en el futuro, presentándose impedimentos de tipo financiero, de formación o de infraestructura durante el proceso de transición. Los datos también confirman que el nivel de formación de los pobladores de la región es escaso para poder digitalizar los procesos y poder formar parte de la agricultura 4.0 en un futuro. Por lo tanto, es necesario que los gobiernos y demás actores del sistema de innovación, como los centros de investigación y organizaciones, generen políticas dirigidas al mejoramiento de nivel de formación de los ciudadanos, especialmente aquellos del área rural, los cuales ya se ven y se verán cada vez más, enfrentados a una transición digital para la cual es necesario cierto nivel de formación, con el objetivo de desarrollar las capacidades y habilidades necesarias para adaptarse a nuevos procesos correctamente.

Palabras clave:

*Agricultura 4.0 \* Innovación agrícola centroamericana \* Sector rural Centroamérica*

## Executive Summary

This study describes the effects caused by the lack or implementation of new agricultural technology on the human resources of the agricultural industry in the Central American region.

The study is limited to the Central American area, since it is a region whose presence in agriculture is of great importance, both for the economic development of each of the countries in the area, as well as for its citizens, of whom a high percentage is dedicated to work related to this sector.

For the research, an exploratory method was applied, through in-depth surveys with producers in the agricultural field in the Central American region and a subsequent analysis, based on information previously compiled through bibliographic research.

The results show that, even with great advantages and benefits, the innovation and implementation of agricultural technology in Central America has presented various barriers throughout the implementation process and many of the producers consider that they do not have the necessary support and resources to be able to make the digital transition in the future, without financial, training or infrastructure impediments. The results also confirm that the level of training of the people in the region is low to be able to digitize the processes and be able to be part of agriculture 4.0 in the future. Therefore, it is necessary for governments and other actors in the innovation system, such as research centers and organizations, to implement policies aimed at improving the level of training of citizens, especially those in rural areas, who are already and will increasingly face a digital transition for which a certain level of training is necessary in order to develop the skills and abilities needed to adapt to new processes correctly.

Keywords:

*Agriculture 4.0 \* Central American agricultural innovation \* Rural sector Central America*

## Introducción

La industria agrícola es una de las más importantes para el desarrollo y economía de la región centroamericana. Entre otras razones, debido a que contribuye en gran parte a la oferta de alimentos y seguridad alimentaria, es una de las principales generadoras de trabajo, ocupa una gran cantidad de la superficie territorial de la región, genera acuerdos y cadenas importantes entre otras industrias y con otras regiones mediante la generación de exportaciones y, además, es una fuente creciente de energías renovables con cada vez mayor importancia. (CEPAL, 2008)

Aún siendo uno de los sectores más significativos a nivel mundial, la industria se ve enfrentada a desventajas por falta de eficiencia y baja productividad dentro de la región (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019). Además, esta se ve amenazada a causa de diferentes factores, tales como el impacto del cambio climático y las consecuencias que podrían generarse a causa de esta crisis medioambiental (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019). Esta amenaza hace necesaria la búsqueda y adaptación de los actuales métodos y procesos, con el fin de fortalecer el sistema y encontrar una solución a dichas problemáticas (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

La importancia del sector y de solucionar las crisis actuales generan el desafío de transformar la producción y desarrollo de la industria agrícola con ayuda de la incorporación de innovaciones tecnológicas y el desarrollo de nuevos modelos de producción, los cuales podrían asegurar un progreso y mejoría de la industria, y al mismo tiempo contribuir a la solución de las actuales crisis (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

La agricultura 4.0 se refiere a nuevas tecnologías agrícolas las cuales han sido y aún están siendo desarrolladas con el fin de brindar nuevas soluciones a procesos actuales dentro de la industria agrícola (De Clercq, Vats, & Biel, 2018). Entre otros, uno de los principales argumentos para la implementación, es la calidad de datos que permitirá generar dicha maquinaria, así como la facilidad que tendrán luego los productores y demás trabajadores para la toma de decisiones y la elaboración de las diferentes tareas tradicionales de la

producción de alimentos, las cuales son conocidas por requerir de una gran cantidad de trabajo manual. (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019).

La tecnología no solo tendría beneficios en la productividad, eficiencia y facilidad de manejo y precisión para las empresas productoras, sino también permitiría la generación de información exacta, individual y en tiempo real sobre las cosechas, obteniendo así datos sobre el ambiente y otros factores que puedan estar influenciando la producción en cada uno de los diferentes ámbitos (Lundström & Lindblom, 2016). Esto podría permitir que se produzca en muchos más lugares del mundo, dado que la información sobre cada área podría ser generada acorde a las características particulares presentadas y podrían tomarse medidas determinadas y sin requerimiento de uso extremo de químicos, lo cual simplificaría la producción de alimentos y la cadena de distribución alimenticia, reduciéndose así la inseguridad alimentaria por razones como dificultades de abastecimiento a ciertas áreas, reduciéndose así el impacto medioambiental generado por la industria agrícola (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019).

La investigación bibliográfica muestra que los humanos, junto con sus respectivos niveles de formación, es decir sus capacidades y habilidades, son los principales responsables del desarrollo y crecimiento de un país, debido a que este progreso está directamente correlacionado con su capacidad de implementación de tecnología e innovación (Nelson & Phelps, 1966).

Es decir que la educación del capital humano es la base para la innovación y digitalización, la cual es el principal factor para el desarrollo constante de un país o región (Danquah & Amankwah-Amoah, 2017).

Aunque las tecnologías que conforman la agricultura 4.0 podrían ser la solución para aumentar la productividad y eficiencia de la industria, así como solventar los problemas ya antes mencionados, muchos sugieren que se están dejando de lado las implicaciones que estas innovaciones podrían tener en la sociedad, principalmente en los trabajadores del sector agrícola (Ozdogan, Gacar, & Aktas, 2017).

Aún siendo una posible solución para las problemáticas anteriormente mencionadas, existe la posibilidad que la implementación tecnológica tenga repercusiones en los recursos humanos (Ozdogan, Gacar, & Aktas, 2017).

Dado que es un sector, que, como mencionado antes, es de gran relevancia para la economía y desarrollo de Centroamérica, se considera necesario realizar un análisis sobre dichas secuelas.

Este estudio tiene como objetivo principal el análisis de los efectos que podría tener la implementación o falta de implementación en los recursos humanos de la industria.

Mediante la realización de la investigación bibliográfica y cualitativa, se intentan conseguir los siguientes objetivos:

- Describir la importancia de la implementación de nuevas tecnologías y agricultura 4.0 en la industria agrícola en general
- Estimar el nivel actual de uso de nuevas tecnologías en empresas centroamericanas de la industria agrícola, así como su actual impacto
- Explorar las ventajas competitivas que pueden aprovechar las empresas de la industria agrícola al innovar e implementar tecnología
- Identificar motivos y/o barreras por las cuales las empresas del sector deciden o no implementar tecnologías en los procesos actuales
- Descubrir los efectos positivos y negativos que ha tenido y podría tener en el futuro la implementación de agricultura 4.0

Para alcanzar dichos objetivos, se ha realizado primero una investigación bibliográfica, en la cual se revisaron estudios sobre los beneficios y efectos de la agricultura 4.0, así como de la evolución agrícola y su impacto en la sociedad. Se llevó a cabo la búsqueda de artículos y estudios con palabras clave como “agricultura 4.0”, “*Smart-farming*”, “agricultura de precisión” e “innovación agrícola” en bases de datos como *Google Scholar* y *ScienceDirect*. Esta revisión bibliográfica permite la identificación de los principales factores relacionados con el tema, así como un primer análisis general sobre la situación agrícola, la importancia, las dificultades y retos presentados hasta el momento, y los nuevos descubrimientos sobre la implementación de la tecnología en la agricultura.

En segundo lugar, se ha llevado a cabo un estudio exploratorio en el cual se realizó una encuesta dirigida a actores de la industria agrícola en Centroamérica, los cuales pudiesen brindar información detallada sobre el nivel de innovación de la empresa a la que

representaban, así como las diferentes ventajas, desventajas y barreras principales que se han presentado en la implementación realizada hasta el momento o las que consideran que podrían ser las principales dificultades al querer innovar o digitalizar los procesos. Este estudio ha permitido recopilar *insights* sobre la perspectiva de productores relevantes de la industria en Centroamérica y poder así compararlo con la información bibliográfica, lo cual permite analizar la verdadera capacidad y efectos que pueden derivar de la aplicación de nueva tecnología.

Los resultados del trabajo contribuyen a una mejor comprensión de los efectos de una digitalización en los recursos humanos del sector agrícola y muestran cuáles podrían ser los obstáculos presentados en el proceso, finalizando así con algunas sugerencias y recomendaciones que podrían ser aplicadas para poder sobrellevar la transición tecnológica y digital de la mejor manera posible.

# 1 Marco Teórico

El siguiente capítulo presenta toda la información obtenida en base a investigación de artículos, reportes y otras fuentes bibliográficas sobre la agricultura en Centroamérica, la industrialización agrícola en general y las diferentes repercusiones que esta puede causar específicamente en la región centroamericana y al sector agrícola en general.

En primer lugar, se presenta la información obtenida de un análisis profundo sobre la situación actual del sector agrícola en Centroamérica, así como su contribución al desarrollo y economía de la región.

En segundo lugar, se analizan las múltiples tecnologías agrícolas modernas, así como las ventajas y desventajas que estas podrían implicar en caso de ser implementadas en la región centroamericana y la importancia general que refleja la innovación en la agricultura.

Finalmente, se muestran los resultados de una intensa investigación realizada sobre la posición actual del sector agrícola en Centroamérica, conforme a su nivel de implementación y avance tecnológico.

## 1.1. Sector agrícola en Centroamérica

### 1.1.1. Contexto histórico e importancia

Centroamérica está situada entre el Ecuador y el trópico de Cáncer. La conforman los 7 países: Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá y es conocida por tener un clima muy versátil a lo largo de toda la región, lo cual hace que sea altamente propensa a fenómenos naturales como huracanes, inundaciones, deslizamientos y otros, y que tanto sus sociedades como sus ecosistemas, de los cuales dependen muchos los ciudadanos dentro de la región, sean muy vulnerables a las consecuencias provocadas por la crisis medioambiental. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)

La extensión territorial de los siete países miembros del territorio es de 521.610 km<sup>2</sup> (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007). Además de ser una región rica en recursos naturales y tener de las mayores biodiversidades del mundo, cuenta con abundancia de suelos y otros recursos tales como los marinos e hídricos (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007). Se estima que el área total para cultivar es de aproximadamente 37% de toda la superficie territorial, lo cual representa un patrimonio

relevante para la región y por lo cual se considera de suma importancia la toma de medidas necesarias e implementación de tecnologías novedosas con el fin de poder mantener este porcentaje territorial fértil y continuar con la producción de alimentos y otros productos. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)

Entre otros, los productos con mayor demanda, tanto regional como internacional, son el banano, el café, la caña de azúcar, el aceite de palma y la piña (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019). Estos, y otros más, como el cardamomo y el arroz, han contribuido durante años con más del 45% del total de exportación de toda la región centroamericana (Pomareda, 2013). La industria no solo contribuye con un porcentaje importante de las exportaciones de la región, sino que actualmente, también es responsable de casi el 22% del PIB (Consejo Agropecuario Centroamericano, Sistema de Integración Centroamericana, 2019).

Existe un patrón en cuanto a los grupos dedicados a la agricultura en los diferentes países que conforman la región (Pomareda, 2013)

Principalmente se pueden distinguir 2 grupos. Un grupo de productores con mayor tamaño e importancia en el mercado, los cuales se dedican a cultivos que tienen una mayor demanda comercial, como los ya anteriormente mencionados bananos y café, y un segundo grupo de pequeños productores que se dedican a la producción de otras frutas y verduras, como frijoles y maíz, los cuales son utilizados primordialmente para consumo nacional y cuya producción ocupa casi el 40% del territorio disponible para la agricultura en Centroamérica. (Pomareda, 2013)

Según información obtenida en un artículo publicado por FAO (Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe, 2014), Centroamérica cuenta con una población aproximada de 60 millones, de los cuales entre el 20 %y el 50% viven en áreas rurales (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

Los habitantes de dichas áreas se dedican primordialmente a la agricultura familiar, la cual se basa en la producción de alimentos para uso propio (Pomareda, 2013). Asimismo, suelen vivir en condiciones muy pobres con difícil acceso a educación y servicios de salud (Pomareda, 2013). Es un factor común en países subdesarrollados, que la pobreza de la

población del área rural, siempre tenga como resultado que la industria agrícola de dicha región gane importancia, pues es una de las industrias que suelen brindar trabajo a gran parte de las personas con bajos recursos y por lo tanto toda esta población depende fuertemente de dicha industria (Instituto Internacional de Investigación en Políticas Alimentarias e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2008).

El carente acceso a los mercados les dificulta además el poder beneficiarse de estos (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019). Esta es la principal razón por la que el nivel socioeconómico de los países que conforman el territorio es muy bajo, poseendo un nivel de pobreza extremo y un prominentemente bajo índice de recursos humanos (Pomareda, 2013).

Como ya antes mencionado, la agricultura brinda trabajo a la gran mayoría de habitantes del área rural. Acorde a estudios, más del 50% de los ciudadanos de este sector están involucrados en tareas agrícolas. Asimismo, un reporte del año 2007 muestra que por ejemplo, solo en Guatemala y Honduras, casi el 40% de las personas pertenecientes al grupo de población ocupada, estaba involucrada en la industria agrícola y que, tomando en cuenta únicamente el área rural, más de la mitad de los ciudadanos se dedican a la agricultura. (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007)

Se estima que es una de las fuentes de empleo más importantes en el sector rural y que en caso de haber inestabilidad laboral en el área urbana, los ciudadanos de estos sectores también suelen acudir a trabajar en la industria agrícola. (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007). Es decir que es una fuente laboral relativamente segura en caso de presentarse una crisis. (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007)

Es importante mencionar que aunque es una fuente importante de trabajo, estudios han mostrado que el nivel de pobreza es mayor (70,9%) en aquellas personas del área rural que realizan algún trabajo que tenga relación o esté dentro del sector agrícola (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007).

### 1.1.2. Retos y oportunidades

La agricultura en general, se ve amenazada por diferentes factores. La industria es especialmente vulnerable y está en alto riesgo en regiones en las que, como en Centroamérica, el clima es propicio para llevar a cabo la producción de alimentos y en donde como resultado del favorable clima, las actividades agropecuarias contribuyen a un alto porcentaje del PIB del país y brindan además trabajo a muchas personas, especialmente a aquellas con escaso acceso a servicios públicos como educación y salud (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007).

Es una industria mediante la cual se podría dar solución a muchos de los problemas mundiales, como la inseguridad alimentaria y el cambio climático (Consejo Agropecuario Centroamericano, Sistema de Integración Centroamericana, 2019).

Los avances tecnológicos actuales y la innovación en procesos tradicionales muestran ser la solución para poner fin a dichas cuestiones a las que la sociedad se está enfrentando actualmente. Mediante la implementación de tecnología como Big Data, AI (Inteligencia Artificial), el uso de sensores, entre otras, se mejoraría el impacto provocado por la agricultura al medio ambiente y se podría asegurar el acceso a comida para generaciones futuras. (Consejo Agropecuario Centroamericano, Sistema de Integración Centroamericana, 2019)

Sin embargo, la región centroamericana se ve afectada por diversos factores que dificultan la adaptación a nuevas tecnologías e innovaciones y por lo tanto, al desarrollo mismo del sector (Consejo Agropecuario Centroamericano, Sistema de Integración Centroamericana, 2019).

Una de las principales barreras en la región, que dificulta el constante crecimiento de la industria y el aumento de competitividad de Centroamérica frente a otras regiones, es la baja productividad. Estos escasos niveles, se ven influenciados por la baja educación de la fuerza de trabajo, la carente adopción e implementación de nuevas tecnologías y un nivel pobre de inversión en el sector. (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007)

Según el reporte “Política agropecuaria de la región SICA 2019-2030”, publicado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), “los desafíos actuales del sector agrícola centroamericano en cuanto a mejorar el desempeño

económico y productivo y fortalecer la competitividad de las agrocadenas y la adaptación al cambio climático están ligados a la baja inversión en investigación, desarrollo e innovación agropecuaria realizada por la región en los últimos años (Consejo Agropecuario Centroamericano, Sistema de Integración Centroamericana, 2019)”. El aumento de financiación al sector de investigación y desarrollo (I&D) de la región centroamericana podría ser la clave para mejorar la productividad y competitividad, así como para desarrollar fuertemente la calidad de los productos y en general todos los procesos dentro del sector agrícola (Instituto Internacional de Investigación en Políticas Alimentarias e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2008).

Como mencionado anteriormente, este sector es uno de los más importantes para la región centroamericana, por la cantidad de empleo que genera y por el impacto que tiene, especialmente en personas de bajos recursos del ámbito rural que suelen vivir bajo condiciones precarias. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)

Por lo tanto la inversión en sistemas que promuevan el desarrollo y competitividad del sector no solamente tendrían un impacto directo en los resultados del sector agrícola, sino que también tendrían un efecto positivo en el desarrollo individual de los trabajadores de dicho sector (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

Estudios muestran que el aumento de educación y desarrollo del capital humano de un país promueve la rápida adaptación a nuevas tecnologías y por ende la productividad y crecimiento del área (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007).

Asimismo, un aumento en la inversión en investigación y desarrollo agrícola podría aumentar directamente la productividad del sector, alcanzando así un nivel de producción que permita a los ciudadanos, especialmente a los locales, tener seguridad alimentaria y poder beneficiarse de la exportación de los productos altamente demandados en el mercado internacional (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

En vista de que la agricultura es una industria de suma importancia para la región centroamericana y que ha contribuido al desarrollo económico y social de los países que la conforman, tanto en el área agrícola como en otros sectores productivos, es importante fomentar la inversión y la mejora de políticas que afectan a la industria, con el fin de

elevar el desarrollo y aumentar la calidad de vida de los ciudadanos empleados en esta (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

## 1.2. Innovación y agricultura 4.0

### 1.2.1. Agricultura y su evolución

A lo largo de los años, la agricultura ha ido evolucionando, transformando y mejorando tanto la productividad, como los resultados generales de las empresas y la industria, la cual solía destacarse por la alta necesidad de trabajo manual (Liu, Ma, Shu, Hancke, & Abu-Mahfoux, 2020).

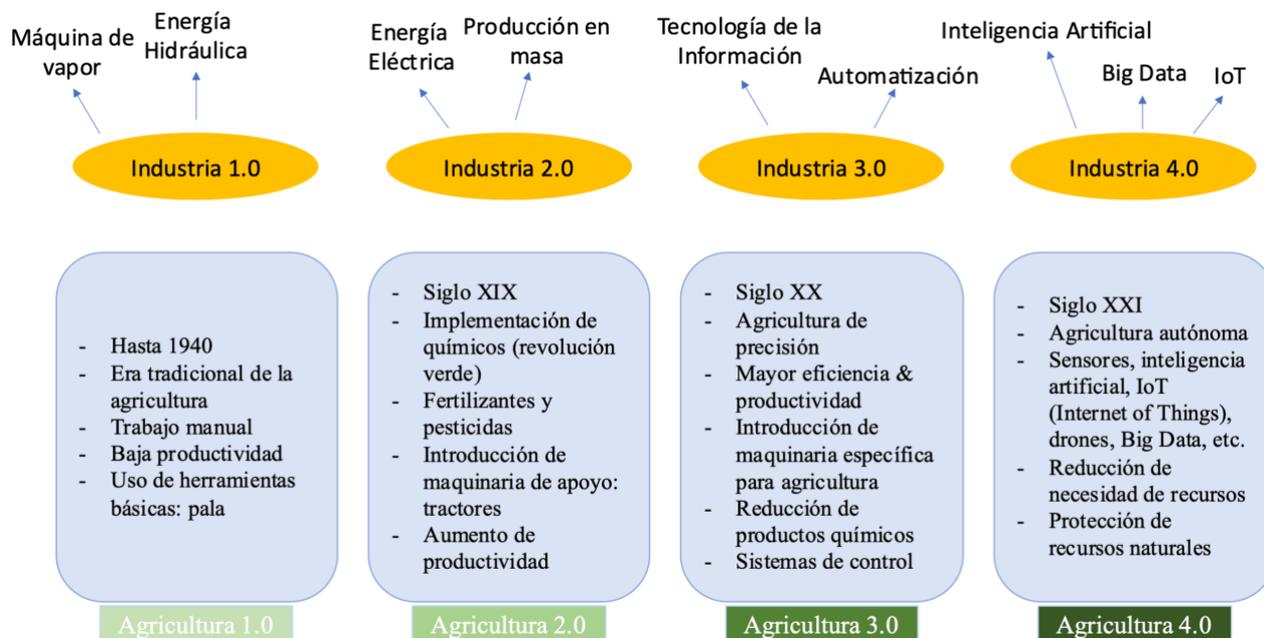
Esta industria ha ido implementando nuevas tecnologías y se ha visto beneficiada por el impacto de cada una de estas a lo largo del tiempo (Ozdogan, Gacar, & Aktas, 2017).

Cada una de las revoluciones de la industria agrícola han tenido un impacto positivo en diferentes aspectos. La industria ha podido mejorar y perfeccionar sus procesos y desarrollo gracias a las lecciones que se han presentado por la implementación de nuevas herramientas y conocimiento. (Liu, Ma, Shu, Hancke, & Abu-Mahfoux, 2020)

Aunque las industrializaciones agrícolas hayan sido un avance y una mejora para la industria, también han provocado problemas a lo largo del tiempo. Actualmente la sociedad se ve enfrentada a encontrar una solución a la suma de problemas causados por las diferentes revoluciones, las cuales, como se ha mencionado anteriormente, han tenido un impacto positivo en la industria y el mercado de productos, pero a costa del mal manejo de químicos y otros recursos de gran importancia para las sociedades, se han generado problemas de mayor impacto los cuales deben ser solucionados cuanto antes. (Liu, Ma, Shu, Hancke, & Abu-Mahfoux, 2020)

El siguiente gráfico muestra un resumen de las diferentes revoluciones agrícolas a lo largo de la historia hasta la actualidad y cómo cada una de ellas ha aportado al desarrollo de la industria, así como los factores más importantes que la componen.

## Ilustración 1. Revoluciones agrícolas



Fuentes: adaptado de (Liu, Ma, Shu, Hancke, & Abu-Mahfoux, 2020) & (Zhai, Martínez, Beltran, & Martínez, 2020)

La revolución agrícola 4.0, también conocida como agricultura 4.0 o como “*Smart-Farming*” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019), es un nuevo sistema de llevar a cabo los procesos convencionales de la industria agrícola con ayuda de tecnología innovadora como robótica agrícola, informática en la nube e internet de las cosas, entre otras. Esta tecnología se caracteriza por el uso de inteligencia artificial y por la automatización de la obtención de datos relevantes para la toma de decisiones, de los constantes controles de las cosechas y otros procesos tradicionales agrícolas.

(Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019)

En los procedimientos agrícolas actuales, las decisiones suelen basarse en experiencia previa y en investigaciones realizadas tanto en el área misma de producción, como en áreas con climas similares (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019). Aunque hasta ahora las investigaciones y estudios han permitido a los productores tomar decisiones que probablemente les hayan beneficiado y permitido prevenir riesgos, aún siguen produciéndose alta cantidad de desperdicios y daños en las cosechas y en la salud de la tierra, debido a que las investigaciones y análisis no muestran la necesidad o la

situación en la que se encuentran las cosechas en tiempo real (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019)

Una de las revoluciones agrícolas introdujo el uso de químicos a las producciones, para solucionar el problema de enfermedades y animales que se presentaban con frecuencia en las cosechas y poder mantener así los estándares de producción, como también los tamaños y las formas de los alimentos acorde a la demanda y las expectativas e ideas que los consumidores tenían sobre dichos alimentos. Sin embargo, actualmente es posible decir, gracias a estudios e investigaciones realizadas, que los pesticidas y fertilizantes son una de las principales causas de la degradación de tierras fértiles aptas para la producción de alimentos. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)

Aún cuando los químicos hayan tenido un impacto positivo en los resultados de las empresas productoras, permitiéndoles un aumento de productividad y una supuesta mejora en la calidad de los productos, ha generado un concepto irreal sobre la estética de los alimentos. Esto provoca que muchos de los alimentos producidos sean actualmente desperdiciados por estar dañados o por no satisfacer las expectativas de apariencia que los clientes suelen demandar. El mal uso de recursos no solamente daña los productos, los cuales en caso de ser consumidos pueden llegar a tener efectos secundarios en la salud de los consumidores, sino que, en caso de no ser consumidos, generan un alto nivel de metano, el cual es uno de los principales contribuyentes a la contaminación medioambiental. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)

Es decir que dichos químicos sí han podido ser de gran beneficio para los productores e indirectamente también para los consumidores en los años pasados, pero ahora se ha llegado a la conclusión que es una de las principales causas de la degradación y daño de las áreas de producción alimenticia y que ha generado simultáneamente que los consumidores tengan expectativas erróneas sobre la apariencia y tamaño de los productos, teniendo como consecuencia un mayor desperdicio de aquellos productos que no encajan con dichas perspectivas. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)

Los principales problemas a los que se enfrenta actualmente la humanidad son entre otros, la seguridad alimentaria y el cambio climático, los cuales se atribuyen ambos a la industria agrícola y por lo cual es esta misma industria la que se ve actualmente confrontada a realizar cambios que permitan solucionar los problemas mencionados y

poner fin a un ciclo de degradación y destrucción de recursos naturales (De Clercq, Vats, & Biel, 2018).

La agricultura no solo es uno de los principales responsables por la generación de gases de efecto invernadero, los cuales modifican el ecosistema, sino también son una industria que depende totalmente del ecosistema y de los cambios radicales que provoca el cambio climático en este. Con la finalidad de poder mantener un ciclo sostenible, en el que sea posible la producción adecuada de alimentos para toda la población simultáneamente con la protección de los recursos y los alimentos producidos, la industria debe realizar un cambio en el procedimiento y sistema agrícola empleado hasta ahora. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)

### 1.2.2. Agricultura 4.0

La nueva revolución agrícola es un concepto, cuyo significado y amplitud puede llegar a causar complicaciones de interpretación.

Los siguientes factores cubren todos los ámbitos y perspectivas de interpretación del concepto de agricultura 4.0 (Sponchioni, Vezzoni, Bacchetti, Pavesi, & Renga, s.f.):

- Agricultura de precisión
- Industria 4.0
- Tecnologías digitales
- Toma de decisiones informada
- Agricultura fuera de las barreras de producción
- Rentabilidad y sostenibilidad

Varios artículos presentan una definición más amplia y clara del concepto de agricultura 4.0, en los que se explica que este concepto envuelve y desarrolla lo antes conocido como agricultura de precisión, la cual se llevaba a cabo con ayuda de sensores integrados en maquinaria utilizada en el campo y otros equipos, los cuales se caracterizan por estar habilitados por el uso de tecnologías inteligentes y digitales de la industria 4.0 (Sponchioni, Vezzoni, Bacchetti, Pavesi, & Renga, s.f.). Esta información captada de manera automática por las máquinas posibilita así que se genere conocimiento suficiente para brindar apoyo al agricultor en cada uno de los procesos de producción y especialmente en la toma de decisiones y en el momento de relacionarse con actores fuera

de sus cadenas de producción, rompiendo así las fronteras de la empresa, y aumentando la cantidad de información dentro de la industria. Asimismo, aclaran, que el objetivo final de la revolución agrícola es el de mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad económico-ambiental-social de la agricultura. (Sponchioni, Vezzoni, Bacchetti, Pavesi, & Renga, s.f.)

### 1.2.3. Tipos de innovaciones y nuevas tecnologías

En el caso de las primeras revoluciones industriales y agrícolas, los resultados, la productividad y la eficiencia de producción se pudo mejorar abismalmente. Sin embargo, esto fue a costa del uso de químicos y demás maquinaria que, como se mencionó en la sección anterior, dieron inicio a un constante daño en los productos que se consumen actualmente y a los recursos naturales a nivel mundial. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018) Esto es precisamente a lo que se ve enfrentada la cuarta revolución agrícola. Esta transformación tecnológica no tiene como principal objetivo el aumento de productividad y eficiencia. Aunque si es una de las ventajas que conlleva la revolución, el principal objetivo es ponerle fin al ciclo de destrucción de recursos anteriormente mencionado y solucionar problemas mundiales como la pobreza, la inseguridad alimentaria y la escasez de recursos. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)

Dentro del portafolio de soluciones tecnológicas que incluye la industrialización 4.0, muchas ya están siendo adoptadas e implementadas en la industria agrícola (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019). La siguiente tabla resume las diferentes tecnologías que caracterizan la agricultura 4.0 y la diferencian de la conocida revolución industrial 4.0.

**Tabla 1.** Tecnologías características de la nueva revolución agrícola

| Tecnología                          | Descripción   | Ventajas  |
|-------------------------------------|---|---|
| <b>Internet of Things (IoT)</b>     | Tecnología que se encuentra en constante colección de datos, para luego enviarlos a sistemas de procesamiento y análisis de datos.<br>Ejemplos: sensores de suelo, estaciones meteorológicas  | Transformación de los sistemas de administración y mayor conocimiento sobre la producción de alimentos.<br>Mejora de toma de decisiones con ayuda de datos precisos y en tiempo real. (Ozdogan, Gacar, & Aktas, 2017)   |
| <b>Blockchain</b>                   | Se refiere a bases de datos electrónicas de transacciones o registros contables distribuidos (Mooney, 2020). Permite tener un control total, transparente y en tiempo real sobre las transacciones realizadas dentro de la industria. (Hammerich, 2018) | Posibilita, por ejemplo, el reconocimiento de fallos en la producción y el rastreo de todos los productos distribuidos en caso de descubrir que la cosecha no es saludable o puede dañar la salud del consumidor. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)   |
| <b>Big Data</b>                     | Volúmenes masivos de información obtenidos de fuentes diferentes, como datos obtenidos del proceso, de la maquinaria o la colectada por los humanos. (Ozdogan, Gacar, & Aktas, 2017)  | Permiten un análisis general y completo de la situación y necesidades de la producción, para poder tener en cuenta todos los factores que influyen la cosecha y tomar una decisión óptima, así como identificar correlaciones que pueden luego utilizarse para predecir situaciones. (Hoeren & Kolany-Raiser, 2018) |
| <b>Inteligencia Artificial (AI)</b> | Aplicadas en diferentes campos, como por ejemplo en robots, monitores de suelos y cultivos, entre otros. Con ayuda de Big Data, se pueden realizar análisis predictivos y optimizar las decisiones y acciones.  | Evaluación precisa y óptima con ayuda de todos los datos recopilados por los sensores, etc. Que necesitan de IA para poder funcionar.   |
| <b>Sensores Remotos</b>             | Usualmente conectados con robots u otros dispositivos con inteligencia artificial. Permite el control a lo largo del tiempo desde diferentes perspectivas (aérea, terrestre, entre otras).  | Necesarios para soluciones que requieren Internet de las Cosas (IoT), Big Data e inteligencia artificial (AI).  |
| <b>Robótica</b>                     | Maquinaria funcional en base a IoT, AI, Big Data y los sensores remotos, los cuales realizan acciones conforme a las indicaciones y análisis obtenido por medio de la recopilación de datos.  | Implementación de robots para automatizar, simplificar y mejorar los procesos tradicionales de la agricultura. Necesitan de AI, Blockchain y de Big Data para poder utilizarse de manera óptima.  |
| <b>Tecnología Móvil</b>             | Información actual de los datos recopilados por sensores, Big Data, etc. A disposición inmediata de los productores o encargados de la toma de decisiones.  | Facilita el acceso de los productores a la información actual de las cosechas y del clima. Es decir que permite el acceso a los datos generados con ayuda de los otros avances tecnológicos mencionados, como Big Data o IoT.   |

*Fuente: Elaboración propia*

Las tecnologías anteriormente mencionadas están siendo aplicadas en la industria agrícola de diferentes maneras. La siguiente tabla muestra en forma de resumen, los métodos en los que están siendo aplicadas estas tecnologías, los cuales, acorde a estudios, son aquellos mediante los que se podría incrementar más drásticamente la productividad y resultados del sector, así como el objetivo que estas aspiran cumplir. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)

**Tabla 2.** Áreas de innovación agrícola

| Área de innovación  | Objetivos  | Categorías de la innovación   |
|---|--|---|
| <b>Nuevos sistemas de producción</b><br>Ejemplo: granjas urbanas & verticales               | Optimizar los sistemas de producción en los que se puedan utilizar los recursos de manera eficiente y sostenible                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejoras en la conservación de agua y suelos</li> <li>- Tecnología para acuicultura y agricultura hidropónica</li> </ul>  |
| <b>Mecanización y automatización de tareas y procesos</b>                                   | Mejora de eficiencia y productividad de la cadena de producción mediante implementación de tecnología  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Robotización y automatización</li> <li>- Sistemas de riego inteligentes</li> </ul>   |
| <b>Genética y protección de cultivos</b>  | Mejorar la productividad y calidad de plantas a través de mejoras genéticas y protección contra enfermedades, así como mejora de nutrientes            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biotecnología (Genética de semillas)</li> <li>- Fertilizantes</li> <li>- Productos biológicos</li> <li>- Biosensores</li> </ul>  |
| <b>Big Data &amp; Agricultura de precisión</b>  | Toma de decisión más eficiente, productiva y exacta, ya que se basa en el análisis realizado de datos obtenidos de la recopilación de fuentes diversas | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de suelos y evaluación de ambientes</li> <li>- Drones &amp; imágenes satelitales</li> <li>- Sensores remotos y monitoreo georreferenciado</li> <li>- Suministro de fertilizantes por medio de nano sensores</li> <li>- Soluciones integradas de IoT</li> <li>- DSS (Decision Support System)</li> </ul> |
| <b>Software de gestión y servicios de información y educación al productor agropecuario</b> | Optimización de gestión operativa y administrativa, así como mayor facilidad de toma de decisiones   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Software de gestión empresarial</li> <li>- Información climática &amp; de mercados</li> <li>- Información logística &amp; de transporte</li> <li>- Educación y entrenamiento a la comunidad rural</li> </ul>   |

*Fuente: adaptado de (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)*

Aunque no todas las innovaciones de la nueva revolución implican el uso de tecnología, es posible ver un patrón en cuanto al uso de esta en la mayoría de las innovaciones. La digitalización de la agricultura es uno de los principales factores que caracterizan esta nueva revolución, y al mismo tiempo uno de los principales retos para la industria. Esta se ve enfrentada a digitalizar sus procesos, implementar novedosas tecnologías, así como educar y entrenar al personal a analizar y utilizar los datos obtenidos de manera correcta. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)

Los resultados obtenidos de una investigación realizada por el McKinsey Global Institute en diversos sectores de Estados Unidos muestra que, de todas las industrias, la industria agrícola es la menos digitalizada (Gandhi, Khanna, & Ramaswamy, 2016). Es esta la razón por la que especialmente en industrias como la agrícola, en la que el nivel de digitalización actual es relativamente bajo, es importante la inversión y desarrollo de capacidades para poder sobrepasar el reto que podría implicar llevar a cabo procesos de digitalización (Consejo Agropecuario Centroamericano, 2007).

#### 1.2.4. Importancia de la innovación e implementación de nuevas tecnologías

No cabe duda alguna de que la implementación de nuevas tecnologías e innovaciones en la industria podría generar un impacto positivo en diversas áreas y ámbitos de la agricultura, así como a grupos de interés y en general a la sociedad (Rose & Chilvers, 2018).

Sin embargo, fomentar e impulsar la innovación y la digitalización de procesos e información no solamente podría tener un impacto positivo, sino también puede que conlleve consecuencias o que existan factores relevantes por los cuales no sería lógico ni óptimo el implementar estas nuevas tecnologías.

Entre otros, los argumentos en los que se pone más énfasis al hablar acerca de los beneficios de la agricultura 4.0 son los siguientes (De Clercq, Vats, & Biel, 2018):

- Aumento de productividad
- Asignación de recursos razonable
- Adaptación al cambio climático
- Reducción del desperdicio alimenticio

El aumento de productividad supone ser altamente relevante debido a que acorde a estudios, en caso de que las sociedades mantengan el consumo como en la actualidad y dado que la población mundial se encuentra en constante crecimiento, en algunos años, la industria agrícola no podrá brindar alimentos suficientes para alimentar a toda la población mundial (De Clercq, Vats, & Biel, 2018). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), prevé que los agricultores deberán producir un 70% más para poder hacer frente a la creciente demanda (Ozdogan, Gacar, & Aktas, 2017).

Además, los hábitos alimenticios de los ciudadanos están cambiando. La demanda de productos naturales, ecológicos y de buena calidad está aumentando cada vez más, por lo que la necesidad de un aumento de productividad es un requisito para poder satisfacer la demanda de este tipo y cantidad de alimentos. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)

El segundo argumento, la asignación de recursos razonable, parece ser otro problema mundial el cual debe ser resuelto rápidamente (De Clercq, Vats, & Biel, 2018). Como fue mencionado en la sección anterior, la población mundial se encuentra en constante crecimiento y la necesidad de recursos para la existencia de la población puede llegar a ser un grave problema en caso de no implementarse métodos para conservar y proteger los recursos que aún se encuentran en buen estado. Con el fin de satisfacer los hábitos y consumo actual de la sociedad, más del 25% de las tierras cuyo uso es la producción de alimentos de la industria agrícola ya están completamente dañadas y no pueden seguir siendo utilizadas para la siembra de productos. Asimismo, la demanda de alimentos es tan alta que la industria se ha visto enfrentada en años anteriores, a aumentar el uso de recursos valiosos como agua y energía, para mantener los niveles de producción adecuados. Todo esto ha provocado que actualmente haya una escasez de recursos naturales y que industrias como la agrícola, se vean enfrentadas a cambiar métodos y procesos utilizados hasta el momento, para poder poner fin al desperdicio y conservar adecuadamente los recursos naturales. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)

Las problemáticas presentadas anteriormente obligan a los productores a utilizar modelos y tecnología moderna en lugar de los métodos tradicionales con el fin de preservar la sostenibilidad de la agricultura (Ozdogan, Gacar, & Aktas, 2017).

Las tecnologías que conforman la agricultura 4.0, permitirían a la industria aumentar la producción sin necesidad de hacer uso de más recursos como tierra, trabajo u otros recursos naturales o productivos (De Clercq, Vats, & Biel, 2018).

La implementación de nuevas tecnologías e innovación también podría ayudar a la industria agrícola a adaptarse al cambio climático, pues esta es una de las industrias cuyos resultados y productividad es altamente dependiente de las consecuencias provocadas por el cambio climático. Es, además, de las principales industrias generadoras de gases de efecto invernadero, los cuales son el principal factor contribuyente a la contaminación. Si la industria no cambia y adapta sus procedimientos y métodos, podrían verse enfrentados a pérdidas masivas de productividad y eficiencia, así como a un aumento de desperdicio alimenticio, lo cual provocaría igualmente un aumento de inseguridad alimentaria. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018)

Todos los problemas a los que se ve enfrentada la industria, que son problemas mundiales muy relevantes, podrían resolverse implementando tecnologías, ya que estas permiten la captación y acumulación masiva de datos desde diferentes áreas y perspectivas, las cuales hacen posible un pronóstico más adecuado sobre los posibles riesgos a los que se podrían ver afrontados los actores de la industria, y facilitaría la toma de decisiones debido a que estas ya no se basarían en una cantidad escasa de información y de investigaciones y experiencias del pasado (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019), sino se podrían tomar en cuenta factores y datos obtenidos de análisis realizados en el momento, específicos del lugar y área en la que se está trabajando (Wolfert, Ge, Verdouw, & Bogaardt, 2017).

En base a estos argumentos es posible decir que la nueva revolución agrícola no solo tendría beneficios en el área de producción de alimentos, sino más bien en toda la cadena de producción, desde la siembra y cosecha, hasta la distribución y consumo del producto (Wolfert, Ge, Verdouw, & Bogaardt, 2017).

En general, la mejora de productividad alcanzada mediante el uso de tecnología proporcionaría beneficios sociales y medioambientales, ya que se destinarían menos recursos a la producción de alimentos. (Rose & Chilvers, 2018)

Por el contrario, existen también argumentos en contra de los beneficios de la revolución agrícola. En su mayoría, estos se ven relacionados con los efectos que la revolución podría tener en el ámbito de los recursos humanos y en general, en las sociedades (Rose & Chilvers, 2018).

Considerando que la implementación de tecnología implica la automatización de la mayoría de procesos que hasta ahora solían realizarse por humanos, muchos consideran que aunque las innovaciones tengan un impacto positivo en otras áreas y presenten una solución a problemas mundiales como la inseguridad alimentaria o el cambio climático (De Clercq, Vats, & Biel, 2018), aquellas personas que dependen de la agricultura podrían verse confrontados con los efectos negativos de la revolución (Rose, Wheeler, Winter, Lobley, & Chivers, 2020).

El miedo al desempleo es un factor importante que considerar, especialmente después de haber experimentado el desempleo masivo en las áreas rurales que fue generado por revoluciones tecnológicas anteriores (Goodman, Sorj, & Wilkinson, 1987).

A pesar de haber sido demostrado a lo largo de los años que los avances tecnológicos influyen en el nivel de desarrollo de un país, existe el riesgo que aún implementando agricultura 4.0, los países subdesarrollados, cuyas áreas rurales dependen muchas veces de la agricultura, como en Centroamérica, no disfruten de las ventajas que conlleva el avance sino solamente sea de beneficio para países con un mayor nivel de desarrollo (D'Odorico & Rulli, 2013, c.p. Rose, Wheeler, Winter, Lobley, & Chivers, 2020).

Acorde al reporte del World Government Summit, publicado en 2018, en el cual se llevaron a cabo varias entrevistas con expertos líderes del sector agrícola, los países que liderarán la industria debido a la adaptación de las tecnologías y nuevos métodos de producción, serán aquellos que tengan un nivel de desarrollo y educación suficiente para poder adaptar su conocimiento y habilidades a las nuevas tareas y funciones que aparezcan (De Clercq, Vats, & Biel, 2018).

No solo será necesario tener recursos humanos capacitados y con un alto nivel de conocimiento para procesar información compleja, sino también serán aquellos países cuyas políticas agrícolas se centren en la innovación y cuyo apoyo gubernamental favorezca la implementación y adaptación (De Clercq, Vats, & Biel, 2018).

De igual manera, es cuestionable si la nueva metodología podría no solo tener efectos negativos en los puestos de trabajo, sino principalmente en los productores encargados de la toma de decisiones (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019). Considerando que las tomas de decisiones, la recogida de información y análisis, así como todos los demás procesos pasarían a ser realizados por sensores, maquinaria y otro tipo de tecnologías, existe el riesgo de que la motivación e interés de los productores desaparezca (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019). Esto no solo les haría perder el interés de buscar nuevas e innovadoras soluciones a problemas, sino también podría provocar que se sientan esclavos del sistema, debido a que su nivel de información y conocimiento siempre sería inferior al recopilado por las máquinas (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019). Es además un sistema muy complejo de entender y se necesita de ciertas habilidades para poder interpretar la información y los datos obtenidos de las nuevas tecnologías (LaValle, Lesser, Shockley, Hopkins, & Kruschwitz, 2011). La falta de comprensión podría crear una barrera en cuanto a la relación de los productores y sus cosechas (LaValle, Lesser, Shockley, Hopkins, & Kruschwitz, 2011). Algunos piensan que hasta existe la posibilidad de que el conocimiento de los agricultores se convierta en obsoleto debido a que las decisiones se basarán en información y datos recopilados por maquinaria (Wolfert, Ge, Verdouw, & Bogaardt, 2017).

También es importante el factor cultura y tradiciones en cuanto a la toma de decisiones empresariales (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019). Este factor desaparecería si las decisiones fueran tomadas únicamente basadas en los análisis realizados con ayuda de la tecnología de la agricultura 4.0. Aunque es un factor relevante, también podría llevar a interpretaciones erróneas de los datos obtenidos con agricultura 4.0. Si cada agricultor deja que factores como su cultura, hábitos y tradiciones influyan en las decisiones finales, por más que la tecnología facilite la obtención de datos y análisis más precisos y confiables que en el pasado, los resultados igualmente no serían aquellos que mejores beneficios les traigan a las empresas. (Lioutas, Charatsari, La Rocca, & De Rosa, 2019)

Es además una metodología que implica el uso masivo de datos e información, la cual debe ser recopilada desde diferentes fuentes e idealmente debe estar interconectada entre campos de producción. Por esto mismo, podría ser un problema para empresas que deseen

implementarlo pero que, dentro de la región de producción, no se encuentren suficientes empresas que lo hayan implementado y acumulen la cantidad necesaria de información y datos para una correcta toma de decisiones o que no cuenten con la infraestructura adecuada para hacerlo (Wolfert, Ge, Verdouw, & Bogaardt, 2017). En caso de no haber suficientes empresas con este método e infraestructura para la recopilación de datos masivos, los resultados y efectos de la tecnología no serían mucho mejores que en la actualidad, porque no se podría realizar un análisis completo de todos aquellos factores que juegan un papel importante en el desempeño de la producción y por lo tanto, no se estarían aprovechando totalmente los beneficios que se podrían obtener de la tecnología idealmente (Wolfert, Ge, Verdouw, & Bogaardt, 2017).

Por lo tanto, es posible decir que la agricultura 4.0 podría tener mayormente beneficios, por lo que es de suma importancia que los países y las empresas creen políticas que fomenten la implementación de estas tecnologías e innovaciones y que inviertan y se aseguren de que el personal que depende de la agricultura cuente con las habilidades y el conocimiento necesario para poder realizar los trabajos que aparecerán debido al cambio de metodología y estructura y que además, tanto los productores como los encargados, tengan las capacidades necesarias para entender clara y correctamente los datos proporcionados por los sensores y demás maquinaria y que así puedan interpretarlos y tomar decisiones con mayor facilidad.

Es muy importante que antes de implementar las tecnologías, se cuente con la infraestructura y habilidades necesarias para la interpretación y manejo de las herramientas y maquinaria, pues de no ser este el caso, puede que la implementación de agricultura 4.0, genere especialmente desventajas para los trabajadores, productores y para las empresas.

## 2 Nuevas tecnologías en el sector agrícola de Centroamérica

### 2.1. Posición actual de actores relevantes en Centroamérica y barreras presentadas ante la agricultura 4.0 y otras nuevas tecnologías

Con el objetivo de obtener una percepción de la situación actual de empresas de la industria agrícola en Centroamérica en el ámbito de innovación e implementación tecnológica, se han recopilado datos mediante dos diferentes métodos de investigación. Primero, se desarrolló una encuesta, la cual fue enviada a actores dedicados a la producción agrícola en Centroamérica. Los datos recopilados con ayuda de esta metodología fueron complementarios a la investigación bibliográfica realizada antes, durante y tras la finalización del cuestionario, con el fin de conseguir información detallada y a profundidad sobre el tema a investigar y sobre datos y estadísticas importantes.

La encuesta completa se puede consultar en el Anexo.

A lo largo del siguiente capítulo se describirá el procedimiento ejecutado para la obtención de dicha información. Empezando por la metodología utilizada para la obtención de la información de los actores, hasta los resultados, el análisis y la interpretación de estos.

Se realiza así mismo, un breve análisis basado en información bibliográfica y estadísticas sobre la capacidad de la región para implementar nuevas tecnologías e innovar.

#### 2.1.1. Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicó un método exploratorio a través de la realización de un cuestionario.

El cuestionario fue efectuado con el fin de conocer con mayor detalle y profundidad las diferentes motivaciones y razones por las que empresas pertenecientes al sector agrícola deciden llevar a cabo procesos de innovación, así como investigar las barreras y dificultades presentadas en el momento de implementar nueva tecnología.

Dado que la investigación trata de conocer y entender las motivaciones y barreras de las personas, así como su opinión y posición con respecto a las innovaciones tecnológicas

del sector, lo más adecuado son las técnicas cualitativas. Sin embargo, la distancia de los actores y el cambio de horario entre la región a investigar y la del investigador, dificultaba la realización de entrevistas a profundidad, por lo que se optó por la realización de un cuestionario con preguntas, en su mayoría abiertas, que permitieran analizar la información de manera profunda, y así entender la posición y punto de vista de los actores representantes del sector.

Para la realización del cuestionario se buscaron perfiles cuyo puesto laboral fuera dentro de la industria agrícola en la región centroamericana. Estos actores debían poder brindar información detallada de la empresa, así como de sus decisiones de inversión y otra información específica del funcionamiento de esta. Es decir, que debían tener un puesto suficientemente alto en la jerarquía organizacional, para poder tener el conocimiento sobre dichos temas y sobre otra información a profundidad que pudiera ser de utilidad.

La nacionalidad, edad, sexo y demás factores demográficos no fueron de relevancia para la elección de los participantes, sino únicamente su capacidad de acceder a información relevante de la empresa y de la industria en la región.

Otro factor que no fue tomado en cuenta para la selección de los participantes fue el tamaño de la empresa en número de trabajadores. Aunque se podría decir que este es un punto relevante, debido a que el trabajo busca el análisis del impacto de la tecnología en los recursos humanos, es decir en los trabajadores, no se está queriendo investigar cuáles serían las consecuencias para la mayoría de individuos, sino más bien, obtener una perspectiva general del método en el que se está manejando la tecnología en cada empresa, y la diversidad, tanto de tamaño como de alimentos producidos, que permitan obtener una imagen más variada y amplia sobre la situación de diferentes grupos, que podría tener la implementación tecnológica.

Mediante la realización del cuestionario se quería buscar respuesta a los siguientes temas:

- *¿Cuáles son las tecnologías que se han implementado hasta ahora en el sector agrícola en Centroamérica?*
- *¿Cuáles son las principales ventajas desde el punto de vista de las empresas para innovar e implementar tecnología?*

- *¿Qué efectos ha tenido hasta la actualidad la implementación de tecnología (ventajas/desventajas)?*
- *¿Qué metodología se ha utilizado para que la transición de un método de producción a otro tenga las menores dificultades posibles?*
- *¿Qué barreras o ineficiencias se han presentado a lo largo de la transición tecnológica?*
- *¿Qué tan satisfechos están los productores con respecto al apoyo externo que reciben para llevar a cabo la implementación de tecnología u otras innovaciones?*
- *¿Cómo calificarían el nivel de preparación y habilidades de los trabajadores para llevar a cabo la transformación digital de las empresas agrícolas de la región centroamericana?*
- *¿Cuál es la posición de las empresas del sector, con respecto a las nuevas tecnologías agrícolas (sensores, inteligencia artificial, drones, Big Data, entre otros)?*
- *¿Qué consideran necesario para poder adaptar estos cambios tecnológicos en el sector agrícola centroamericano? / ¿Qué cambios deberían de realizarse, con el fin de poder implementar tecnología en la industria de manera que no se presenten tantas barreras y que esta tecnología y nuevas metodologías sean aceptadas tanto por los trabajadores como por los empleados?*

Cuando se quiere realizar un análisis de la capacidad de innovación de una región o industria en específico, es aconsejable efectuar un análisis general del sistema de innovación. Un sistema de innovación lo conforman diferentes actores. Entre otros: las empresas, universidades, centros de investigación, gobierno y otras organizaciones. (Naciones Unidas (CEPAL), 2012)

Aunque esta investigación se centra en la capacidad y estado actual de innovación de las empresas, ciertas preguntas dentro de la herramienta de investigación se centraban en la recopilación de información que permitiera obtener una imagen sobre el apoyo existente entre los actores conformantes del sistema de innovación. La calidad de interrelación puede influir en un mejor o peor grado en la facilidad de innovación de la región, por lo

que fue de suma importancia analizar dicha posición con ayuda de la herramienta de investigación.

**Tabla 3.** Datos informantes

| <b>Empresa</b>             | <b>Países de producción</b>   | <b>Cosechas principales</b>  | <b>Número de trabajadores</b> |
|----------------------------|---|--|-------------------------------|
| Kome                       | - Guatemala   | - Maíz<br>- Pasto de corte   | 15                            |
| Ganadería La Perla         | - Guatemala   | - Maíz   | 15                            |
| Grupo Hame                 | - Guatemala<br>- El Salvador<br>- Nicaragua<br>- Costa Rica<br>- Panamá                           | - Bananos<br>- Palma africana  | 220                           |
| Finca Los Achiotes         | - Guatemala   | - Tomates<br>- Chile jalapeño<br>- Chile pimiento                                | 40                            |
| Aquacorp                   | - Guatemala<br>- El Salvador<br>- Honduras<br>- Nicaragua<br>- Costa Rica<br>- Panamá             |  | 300                           |
| Finca Gudiela's            | - Guatemala   | - Café   | 70                            |
| Recursos Selectivos        | - Guatemala   | - Aguacates  | 60                            |
| Buenaire S.A.              | - Guatemala   | - Café<br>- Cardamomo<br>- Cales agrícolas                                       | 100                           |
| Ingenio Pantaleón          | - Guatemala   | - Azúcar   | 10.000                        |
| Agropecuaria Watzaval S.A. | - Guatemala   | - Plátano  | 8                             |
| RISTRETO S.A.              | - Guatemala   | - Café   | 25                            |
| GrainPro                   | - Guatemala<br>- Belice<br>- El Salvador<br>- Honduras<br>- Nicaragua<br>- Costa Rica<br>- Panamá | - Café<br>- Arroz<br>- Maíz  | 200                           |
| Grupo Pantaleón            | - Guatemala<br>- Nicaragua  | - Azúcar<br>- Madera de Eucalipto<br>- Hortalizas                                | 8.000                         |
| Agropecuaria Popoyan S.A.  | - Guatemala<br>- Belice<br>- El Salvador<br>- Honduras<br>- Nicaragua<br>- Costa Rica<br>- Panamá | - Tomates<br>- Pimiento Morrón<br>- Piña<br>- Papaya<br>- Aguacate<br>- Maracuyá | 2.000                         |
| Lácteos La Overita         | - Guatemala   | - Hortalizas<br>- Pastos   | 20                            |
| Volcafe                    | - Guatemala<br>- Honduras<br>- Costa Rica   | - Café   | 250                           |
| Agroindustria Legumex S.A. | - Guatemala   | - Vegetales  | 300                           |
| Grupo Legumex              | - Guatemala   | - Vegetales congelados<br>- Frutas congeladas                                    | 300                           |
| Grupo Molina               | - Guatemala   | - Bananos  | 200                           |

### 2.1.2. Resultados de la investigación

A continuación, se desarrollan en manera de resumen los resultados obtenidos del cuestionario realizado.

Se obtuvo un total de 19 respuestas de diferentes representantes de empresas agrícolas en la región centroamericana.

Los principales productos cultivados por las empresas participantes son: café (26,3%), maíz (15,8%) y azúcar (10,5%). Los demás productos indicados por los actores fueron: bananos, palma africana, arroz, tomates, papaya, brócoli, plátanos, aguacates, diversos chiles, pasto de corte, cardamomo, cales agrícolas y otras verduras y hortalizas, cada uno indicado únicamente por un participante (5,3%).

La cantidad de trabajadores de cada una de las empresas varía desde 8 trabajadores en algunas, hasta 10 mil y 22 mil en otras.

Del total de participantes (19), un 89,5% indicó que a lo largo de los últimos años sí se han implementado nuevas tecnologías agrícolas en la empresa.

Las tecnologías mayormente implementadas fueron los dispositivos móviles, implementados por 57,9% de los participantes, el Internet de las Cosas (IoT) (47,4%), los sensores (36,8%) y los robots agrícolas (31,6%).

Big Data, que es una de las tecnologías más características de la agricultura 4.0 es aquella que menos ha sido implementada por las empresas. Únicamente un 5,3%, correspondiente a la representación porcentual de una empresa del total que respondió (19 empresas), ha implementado Big Data en sus procesos de producción.

Dentro de aquellas empresas que sí han implementado tecnología, un 31,6% indicó que tiene un dominio bueno (4 en la escala de 1 – 5) de dicha tecnología, mientras que un 26,3% indicó tener un dominio neutral (3 en la escala de 1-5) de esta.

Solamente un 15,8% de los actores han indicado tener un dominio alto de la tecnología implementada, mientras que en la escala de 1-5, un 26,4% han indicado tener un muy mal- o bajo dominio de la tecnología adquirida.

En cuanto a las principales barreras reconocidas por los actores para alcanzar el dominio perfecto de la tecnología, las mencionadas fueron las siguientes:

- Falta de conocimiento para la utilización de la tecnología
- Resistencia al cambio, desconocimiento de los usos y aplicaciones
- Educación, cultura
- Práctica
- Falta de buenos técnicos
- Precio, disponibilidad en el país, compatibilidad en cultivo (más que todo por la topografía del área y la selectividad necesaria por factores climáticos)
- Falta de capacitación
- Conectividad, calidad de la señal
- Capacitación local de los proveedores
- Resistencia al cambio
- Altos costos de financiamiento
- Capacitación, adquisición de redes y sistemas de internet locales
- Formación
- Disponibilidad de internet en las fincas
- Barreras administrativas
- Costos de implementación

Es notable que todas las barreras indicadas están relacionadas con el nivel de educación, capacitación y conocimiento de los recursos humanos, tanto de la empresa misma como de las empresas que pueden brindar capacitaciones o que ofrecen la tecnología y los servicios a las empresas que la desean implementar.

Otros dos factores frecuentemente mencionados fueron los costos de financiamiento y la calidad de internet y conexión de la que disponen actualmente en los campos de producción, lo cual dificulta la implementación de tecnología debido a que uno de los requerimientos para el correcto funcionamiento de la tecnología, es conexión constante y de alta calidad.

Se preguntó también sobre las fuentes utilizadas para informarse sobre las tecnologías actuales, así como las ventajas y desventajas de cada una.

La gran mayoría (68,4%) indicaron que se informan sobre estas por medio de investigación propia. La segunda respuesta más elegida fue la de “Recomendaciones de otras empresas del sector” (47,7%).

Las academias y escuelas de investigación fueron la fuente de información de elección para 36,8% de los participantes, mientras que otro 31,6% seleccionaron a las organizaciones de la industria agrícola como principal medio de información.

Estos resultados muestran que la implicación de las organizaciones tiene aún un espacio grande de mejora. Las empresas están realizando investigación individual para informarse acerca de los beneficios de la tecnología, lo cual indica que las organizaciones de la industria agrícola, así como los centros de investigación no están fomentando la innovación de manera que los empresarios se motiven a implementar tecnología agrícola.

Las principales ventajas y desventajas que los actores han podido observar hasta el momento durante la implementación tecnológica realizada en el transcurso de los últimos años, son las siguientes:

**Tabla 4.** Ventajas y desventajas de la innovación

| Ventajas  | Desventajas   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor aprovechamiento del terreno</li> <li>- Mayor eficiencia en los procesos de producción</li> <li>- Mejor <i>output</i> con menor <i>input</i></li> <li>- Aumento de rentabilidad</li> <li>- Menores gastos de mano de obra</li> <li>- Mejor comunicación</li> <li>- Menores niveles de desperdicio</li> <li>- Detección de riesgos, plagas y catástrofes más fácilmente</li> <li>- Mejora en la utilización de recursos</li> <li>- Mejora en la calidad del producto<br/>→ Posibilidad de entrar a mercados más importantes</li> <li>- Disponibilidad inmediata de información</li> <li>- Posibilidad de producir en lugares donde no era posible antes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos</li> <li>- Nivel de educación del personal no es adecuado para la implementación y manejo de la tecnología</li> <li>- Nivel de desempeño no es tan alto como podría llegar a ser por falta de homogeneidad</li> </ul> |

*Fuente: elaboración propia*

En cuanto a la percepción de las diferentes afirmaciones presentadas se obtuvieron los siguientes resultados.

16 de los 19 participantes están total- o parcialmente de acuerdo con que la tecnología implementada ha beneficiado la carga laboral de los trabajadores dentro de la empresa.

Con respecto a las dificultades de parte de los trabajadores durante la transición tecnológica, se puede ver que la opinión de los participantes difiere fuertemente.

8 han mencionado que están parcial- o totalmente de acuerdo con que los trabajadores sí han tenido dificultades, 3 no presentan una posición específica, mientras que 9 de 19 participantes han indicado estar total- o parcialmente en desacuerdo con que los trabajadores han tenido dificultades durante el proceso.

Es decir que la mayoría de los participantes considera que no se han presentado dificultades para los trabajadores al implementar tecnología.

6 de los 19 participantes tienen una perspectiva neutral en base a la afirmación: “el conocimiento y las habilidades de los trabajadores ha sido suficiente para llevar a cabo la implementación de tecnología”. Mientras tanto, 6 están en desacuerdo con esta afirmación y 7 consideran estar parcial- o totalmente de acuerdo con dicha afirmación.

Los resultados de la afirmación sobre la actitud positiva de los trabajadores ante la implementación de tecnología y los beneficios que esta conlleva son bastante claros. La mayoría (12) de los 19 participantes han indicado estar total o parcialmente de acuerdo con la afirmación, en la que se considera que los trabajadores han tenido una actitud positiva. 3 de los participantes no están ni en acuerdo ni en desacuerdo, mientras que 4 están en desacuerdo con la afirmación, por lo que probablemente no hayan percibido positivismo a lo largo de la implementación.

La siguiente afirmación: “los trabajadores cuentan con un nivel de educación adecuado para llevar a cabo procesos de implementación tecnológica” mostró como resultado que la mayoría de los participantes no se encuentran ni en acuerdo ni en desacuerdo con dicha afirmación (6). Sin embargo, 8 participantes están en desacuerdo con la afirmación y únicamente 5 están de acuerdo con esta.

Se preguntó también su posición con respecto a la tesis: “la digitalización no fue/ha sido un problema para los empleados de la empresa”, en la que únicamente 6 de 19 participantes consideran esta afirmación cierta. 9 de los 13 participantes restantes están en desacuerdo con la afirmación y los 4 sobrantes no parecen estar ni en acuerdo ni en desacuerdo con esta.

Otra afirmación en la que se puede ver una clara respuesta es la siguiente: “los empleados consideran la tecnología un medio importante de desarrollo y crecimiento de la empresa y de la industria”, en la que la gran mayoría de participantes (11) se ven en total o parcial acuerdo con la anteriormente mencionada enunciación.

5 de los 8 participantes restantes se consideran neutrales ante la afirmación y los 3 restantes están en desacuerdo con esta.

La afirmación: “la transición digital no sería difícil para los trabajadores del sector agrícola en Centroamérica” es muy relevante para analizar la facilidad que ven las empresas del sector en cuanto al deseo de implementar tecnología u otras innovaciones. Da una clara imagen sobre las ventajas y desventajas que observan en la implementación y la cantidad de barreras que puede que estén presentándose en el transcurso de implementación.

Ningún participante indicó estar totalmente de acuerdo con esta afirmación y únicamente 3 indicaron estar parcialmente de acuerdo. De igual forma, la mayoría de los participantes se consideran neutrales sobre dicha afirmación (7).

5 de los 9 participantes restantes está en total desacuerdo con la declaración, mientras que los 4 restantes está parcialmente en desacuerdo con esta.

La última afirmación de la pregunta: “los trabajadores de la empresa y en general de la industria, están suficientemente capacitados para adecuarse y entender las nuevas tecnologías” obtuvo como respuestas principales la neutralidad ante la afirmación y el completo desacuerdo con esta.

Únicamente 4 mencionaron estar de acuerdo con dicha confirmación, y los 3 restantes también están en parcial desacuerdo con la afirmación.

En general, los resultados de las anteriormente mencionadas afirmaciones son los siguientes:

- Las habilidades, capacidades, calidad y nivel educativo de los trabajadores de las empresas, así como de la industria agrícola en general, no son ni suficientes ni adecuadas para realizar procesos de implementación tecnológica dentro de empresas del sector agrícola.

- Los empresarios pudieron observar a lo largo de las diversas implementaciones tecnológicas que han realizado hasta el momento, que el nivel de conocimiento y educación de los recursos humanos se ha presentado de cierta manera como una barrera para llevar a cabo la implementación tecnológica y la innovación.
- No se considera que la educación disponible facilite a los trabajadores el uso de tecnología, ni la transformación digital de los procesos de producción.
- Los usuarios consideran que la transición digital sería muy compleja para las empresas, debido a que se presentan barreras diversas a lo largo del proceso. Entre otras, las capacidades, habilidades y nivel de formación de los recursos humanos. Ven la posibilidad de una correcta y exitosa transición, en caso de recibir capacitaciones intensas, lo cual requiere de inversión de parte de las empresas.
- A pesar de las barreras intelectuales de los recursos humanos, la mayoría de los trabajadores está consciente sobre las ventajas y beneficios que puede generar la implementación de tecnología agrícola en la empresa. Consideran importante la implementación para un aumento en el desarrollo de la industria y de la empresa y tienen una opinión positiva al respecto.

Se preguntó también sobre las principales barreras presentadas antes y durante el proceso de implementación de las diferentes tecnologías.

Principalmente se mencionaron como barreras la falta de información con respecto a la tecnología, la cual fue indicada por más del 50% de los participantes, así como las habilidades y capacidades de los trabajadores, las cuales consideraban que no corresponden a las necesarias para el uso o implementación correcta de la tecnología.

Los siguientes factores también fueron elegidos por una gran parte de los participantes:

- Escaso apoyo (información, financiamiento, capacitaciones) de parte de organizaciones del sector agrícola
- Escasa participación de parte del estado para apoyar la innovación y desarrollo del sector (financiamiento, información, licencias & permisos)
- Políticas agrícolas no contribuyen a los avances tecnológicos
- Falta de aceptación de parte de los trabajadores
- Situaciones adversas de carácter político (internas o externas)

Dado que en la investigación bibliográfica se menciona el nivel educativo y las capacidades y habilidades de los recursos humanos como un factor importante a analizar antes de innovar, porque puede condicionar la capacidad de adaptación y la facilidad de implementar tecnología y digitalización, se preguntó a los representantes de la industria en Centroamérica sobre la perspectiva que tienen sobre la educación de sus trabajadores y en qué grado consideran que el nivel de educación representa un impedimento al querer implementar nueva tecnología.

De 1 a 10, siendo 1: “No representa ningún impedimento” y 10: “Representa el mayor impedimento”, la mayoría (42,1%) de participantes indicó considerar a la educación como el mayor impedimento en el nivel 8. Otro gran porcentaje (21,1%), indicó que la educación era el mayor impedimento al implementar tecnologías, es decir en nivel 10.

Sin embargo, cabe destacar que un 15,8% de los participantes no consideran la educación como uno de los principales impedimentos, dado que han marcado en la escala de 1-10, el nivel 3 y 4.

Ningún participante considera que la educación no representa ningún impedimento en la aplicación de tecnología.

Se preguntó también sobre las principales motivaciones para innovar dentro de la empresa. Para esto se indicaron varios aspectos, con la idea de que indicasen qué tan importante consideran cada uno de dichos factores. La elección de los factores se basó en previa investigación bibliográfica en la que se mencionaban estos motivos como los principales argumentos para innovar.

La mayoría de los factores dados como opción fueron clasificados como “Muy importantes”. Los principalmente elegidos fueron:

- Mejor y mayor control de los procesos
- Optimización del uso de recursos para la producción (fertilizantes, agua, tierra, entre otros)
- Mejora de precisión y exactitud de los procesos
- Menor contaminación al medio ambiente

La satisfacción de los participantes con respecto al apoyo recibido regularmente de todos los actores del sistema de innovación, es decir, de parte de instituciones de la industria agrícola, del gobierno, de organizaciones, de academias de investigación, entre otras, fue muy bajo. La mayoría (47,4%) indicó encontrarse insatisfecho con el apoyo obtenido.

Únicamente 1 participante parece estar muy satisfecho con el apoyo, mientras que el resto de los participantes se consideran parcialmente satisfechos (26,3%) y los restantes 4 participantes no están ni satisfechos ni insatisfechos.

Los resultados exponen que la gran mayoría está muy insatisfecha con el apoyo brindado por las agencias gubernamentales, las organizaciones internacionales (ejemplo: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola – FIDA), organizaciones regionales y nacionales, así como con el recibido de las universidades y agencias de educación superior.

En base a lo indicado por los participantes, se puede decir que, de las fuentes de apoyo existentes, los actores no se sienten satisfechos con el apoyo brindado de ninguno de estos.

Finalmente, se preguntó a los participantes acerca de la tecnología que quisieran implementar, desde las condiciones y recursos con las que cuentan actualmente. Las tecnologías e innovaciones mencionadas fueron las siguientes:

- Sensores de humedad & dispositivos de agricultura de precisión
- Drones de fumigación y control de análisis foliar
- Mejora de infraestructura
- Manejo de bases de datos
- Sensores con información en tiempo real
- Fertilización y siembra automática con GPS satelital
- Digitalización de procesos
- Proyecto conecta (SAP)

Es evidente que hay ciertas respuestas en las que se ven perspectivas y opiniones similares en cuanto a la satisfacción y posición actual de los productores de la región. Asimismo, las respuestas concuerdan con datos obtenidos mediante la investigación bibliográfica realizada previamente.

Aún siendo así, cabe destacar que el resultado en algunas de las preguntas no era claro, por lo que es difícil interpretar y enlazar dicha información con la información y datos actuales.

Esta falta de claridad muestra que los productores no se sienten seguros acerca de las capacidades y habilidades con las que cuentan los trabajadores del sector. Esta inseguridad puede presentarse como una barrera en el desarrollo del sector, porque implica que los empresarios no están completamente seguros de que los trabajadores de las empresas puedan procesar nueva información y adaptarse a nuevos sistemas, por lo que puede que pierdan su motivación a innovar.

Es usual que las empresas deban contratar capacitaciones para los empleados cuando se implementan nuevos sistemas o procedimientos en la empresa. Pero es preocupante que no solo los productores duden sobre las capacidades, nivel formativo, habilidades y conocimiento de sus trabajadores, sino que, además, hayan indicado que no consideran que la transición digital vaya a ser fácil para la empresa. Es decir que dudan que, aún recibiendo capacitaciones, se pueda sobreponer esta barrera de formación de los recursos humanos.

### 2.1.3. Capacidad de implementación de nuevas tecnologías e innovación

Los resultados descritos en la sección anterior y la investigación bibliográfica previamente realizada hacen posible un análisis profundo sobre la capacidad de la región Centroamericana a la implementación de nuevas tecnologías u otras innovaciones dentro de la industria agrícola.

Una de las principales razones por las que se pone gran énfasis en el tema de la educación, es debido a que, como mencionado ya en los capítulos anteriores, la educación básica conformada por leer, escribir, matemáticas básicas, entre otras, es el mayor requisito para la correcta adecuación a nuevos sistemas tecnológicos y nuevos procedimientos (M. King, 2015).

La manera en la que las personas entienden, analizan e interpretan nueva información también depende fuertemente del nivel de formación recibido a lo largo de la vida de las personas (Nelson & Phelps, 1966).

Estudios muestran que los trabajos en los que existe necesidad de implementación tecnológica y constante adaptación a cambios requiere un mayor nivel de educación, dado que, como fue mencionado anteriormente, el nivel educativo es el factor que determina la capacidad de interpretación y adaptación a nueva información y procesos (Nelson & Phelps, 1966).

Es decir que la facilidad de adaptación al cambio está directamente conectada con la educación de una persona (Nelson & Phelps, 1966).

La educación, junto con el desarrollo tecnológico (Banco Mundial, 2006) de un país o región, son la clave para su desarrollo económico (M. King, 2015). Estos dos factores no solo permiten una mejora en eficiencia productiva, calidad, disminución de costos y apertura a nuevos sectores y mercados (Cantwell, 2005), sino también generan un aumento en la calidad de vida de los ciudadanos, permitiéndoles una mejora en la toma de decisiones respecto a temas relevantes para su desarrollo individual, como la salud y educación (M. King, 2015).

La siguiente tabla muestra estadísticas del nivel socioeconómico y de formación de los países Centroamericanos del último año disponible.

Esta no solo refleja la brecha educativa entre el área rural y urbana en cada uno de los países, sino también el bajo nivel de finalización de los diferentes niveles de educación.

**Tabla 5.** Población e índices socioeconómicos en Centroamérica

| Indicadores  | Belice | Costa Rica | El Salvador | Guatemala | Honduras | Nicaragua | Panamá  |
|--|--------|------------|-------------|-----------|----------|-----------|---------|
| <b>Población</b>   |        |            |             |           |          |           |         |
| Población total (Miles)  | 390,35 | 5047,57    | 6453,55     | 16604,03  | 9746,12  | 6545,50   | 4246,44 |
| Población rural (Miles)  | 211,31 | 1005,68    | 1758,85     | 8063,08   | 4119,68  | 2699,36   | 1356,36 |
| Porcentaje de población rural                                  | 54     | 20         | 27          | 49        | 42       | 41        | 32      |
| Población urbana (Miles)                                       | 179,04 | 4041,89    | 4694,70     | 8540,94   | 5626,43  | 3846,14   | 2890,08 |
| Porcentaje de población urbana                                 | 46     | 80         | 73          | 51        | 58       | 59        | 68      |
| <b>Pobreza</b>   |        |            |             |           |          |           |         |
| Porcentaje de población debajo de la línea nacional de pobreza | n.d.   | 21.0       | 22.8        | 59.3      | 48.3     | 24.9      | 22.1    |
| Prevalencia de desnutrición (% de la población)                | 8      | 3          | 9           | 16        | 14       | 17        | 7       |
| <b>Educación</b>   |        |            |             |           |          |           |         |
| Tasa de escolarización primaria (% bruto)                      | 114.7  | 110        | 100.2       | 100.8     | 96.2     | n.d.      | 93.1    |
| Tasa de escolarización secundaria (% bruto)                    | 87.2   | 126.1      | 74.3        | 63.6      | 54       | n.d.      | 82      |
| Tasa de escolarización terciaria (% bruto)                     | 23.3   | 53.6       | 28.1        | 21.8      | 20.8     | n.d.      | 47.3    |
| Tasa de finalización de educación primaria rural (%)           | 95.9   | 94.2       | 84.5        | 72.2      | 82.8     | 62.5      | 92.13   |
| Tasa de finalización de educación primaria urbana (%)          | 96.7   | 96.1       | 92.1        | 86.6      | 91.0     | 84.27     | 97.6    |
| Tasa de finalización de educación secundaria rural (%)         | 41.4   | 56.2       | 41.4        | 21.8      | 20.5     | 24.21     | 51.34   |
| Tasa de finalización de educación secundaria urbana (%)        | 59.5   | 59.4       | 68.9        | 51.0      | 56.9     | 52.82     | 71.9    |
| <b>Acceso a internet</b>                                       |        |            |             |           |          |           |         |
| Personas que usan internet (% de la población)                 | 47     | 81         | 34          | 41        | 32       | 28        | 64      |

*Fuente: adaptado de Grupo Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/>*

Dado que la región centroamericana tiene un índice de pobreza muy alto y que la mayoría de ciudadanos de la región rural se dedica a la agricultura (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019), industria la cual se ve enfrentada a constantes innovaciones tecnológicas, y cuyos métodos de producción y procesos se están enfrentando actualmente a posibles cambios con el objetivo de conseguir resolver algunos de los

problemas mundiales más importantes y discutidos actualmente, como la inseguridad alimentaria o la crisis medioambiental, el análisis de la capacidad de dicha industria a adaptarse a las expectativas y desarrollo tecnológico actual es de suma importancia. Una falta de capacidades podría implicar que la industria tenga una desventaja frente al mercado internacional, dado que no podría mantener sus estándares de producción, y por lo tanto perdería importancia, lo cual tendría aún mayores implicaciones para los países y ciudadanos conformantes de esta región, porque la agricultura representa una parte muy importante de su economía. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2019)

Acorde a una encuesta online realizada a 33 personas de Centroamérica, cuyos resultados se publicaron en el reporte “Innovations in the Agriculture of Central America: Progress, Institutional, Capacity and Policy Needs CIAT-FAO” (Pomareda, 2013), los 10 principales factores por los que las innovaciones no conllevan a una mejora de productividad o beneficios son los siguientes:

- Las recomendaciones no son seguidas por los productores
- No hay suficiente capacidad financiera para comprar el equipo necesario para innovar
- Falta de apoyo del gobierno
- Las recomendaciones realizadas ignoran ciertos factores culturales y tradicionales
- Manejo incorrecto de la administración del suelo
- Los productos ofrecidos a la región no concuerdan con las necesidades de las tierras
- Impulso del mercado inexistente o muy escaso y falta de organización de productores
- Resistencia y miedo al cambio y a tomar riesgos
- Muy poca información con respecto a los beneficios de las potenciales innovaciones
- No hay suficiente motivación e interés de parte de los productores en cuanto a las nuevas tecnologías existentes

Estos resultados concuerdan con los de la encuesta realizada, en la que los participantes mencionaron haber implementado tecnología agrícola a lo largo de los últimos años, pero al indicar el nivel de dominio que tienen de esta, un gran porcentaje indicó tener a penas un dominio básico de dicha tecnología. Únicamente un 15,8% de los participantes indicaron tener un dominio avanzado, mientras que otro 31,6% indicó tener un dominio alto de la tecnología.

Sin embargo, más del 50% de los participantes consideran tener solamente un dominio básico o hasta inferior. Esto impide a las empresas beneficiarse correctamente de las ventajas que conlleva la implementación tecnológica y puede que hasta cree nuevas barreras o produzca otros efectos negativos en ciertas áreas.

Un ejemplo de esta situación es mencionado por el Dr. Pomareda (Pomareda, 2013). Pomareda pone como ejemplo el uso de semillas modificadas genéticamente para mejorar la calidad de los productos. Estas se comenzaron a utilizar por algunos productores de ciertas regiones. No obstante, la utilización de estas implicó mayores pérdidas para los productores que estaban haciendo uso de estas semillas, debido a que no estaban utilizando las cantidades de fertilizantes y riego recomendado por los proveedores de dichas semillas. Es decir, que implementaron una innovación en sus procesos de plantación, pero dejaron a un lado factores importantes que tenían que ser implementados simultáneamente, para poder obtener los resultados deseados. Esto pudo haber sido a causa de falta de recursos financieros para la adquisición de dichos fertilizantes, así como también pudo haber sido causa de la falta de disponibilidad de dichos productos. A lo que se quiere llegar con este ejemplo, es que aún cuando los productores innoven o implementen cierta tecnología, los demás factores necesarios para conseguir los beneficios que permitiría conseguir dicha implementación también deben ser tomados en cuenta. Implementar tecnología sin dominarla correctamente, puede generar mayores desventajas que ventajas y perjudicar así el rendimiento general de la empresa en vez de mejorarlo.

Acorde a los usuarios que participaron en la encuesta, los factores principales que impiden un dominio avanzado de las diferentes tecnologías son los siguientes:

- Nivel de educación de los recursos humanos no permite una rápida adaptación a los nuevos procesos.

- Habilidades y capacidades de los trabajadores de la empresa, así como de los proveedores de la tecnología no es suficiente para llevar el uso de la tecnología al máximo.
- El financiamiento es escaso, por lo que no se pueden optimizar todos los factores de manera que funcione correctamente la tecnología.
- La infraestructura (internet, conexión, entre otras) no es adecuada ni suficiente para que la tecnología funcione apropiadamente.

La capacidad de implementación de nuevas tecnologías e innovación siempre va de la mano con la capacidad financiera de los productores (Pomareda, 2013).

Los representantes de las empresas indicaron en el cuestionario que uno de los principales problemas presentados ante la motivación de implementar tecnología, era la capacidad financiera. Innovar siempre requiere de altos costes de financiamiento (M. King, 2015), por lo que debe analizarse si realmente es rentable para las empresas realizar una inversión alta en digitalización e implementación, si la infraestructura, información, capacidades y habilidades, entre otros factores, no son los adecuados para el funcionamiento correcto de la tecnología implementada.

Asimismo, otro factor mencionado por un gran porcentaje de participantes como barrera, el cual también es relevante para analizar la capacidad de implementación tecnológica del sector, fue el apoyo de parte de otros actores relevantes dentro de la industria, tales como organizaciones nacionales e internacionales, el gobierno, las escuelas e instituciones de educación superior, los centros de investigación, entre otros.

Acorde a los participantes, el apoyo de dichos actores es insuficiente. Los resultados del cuestionario muestran que ninguno de los participantes está completamente satisfecho con el apoyo de los demás actores de la industria. Es decir que ninguno considera estar recibiendo suficiente asistencia por alguna de dichas organizaciones, que quizás influya o contribuya a una mejor aplicación tecnológica. Según Naciones Unidas (Naciones Unidas (CEPAL), 2012), generalmente las empresas suelen informarse fundamentalmente por cuenta propia o por medio de los clientes acerca de nuevas tecnologías o innovación, en vez de recibir información y otros datos importantes de parte de los centros de investigación, como universidades. El vínculo entre centros de

investigación y empresas es muy importante para fomentar la innovación y para lograr una mejora en la educación y capacitación de los recursos humanos que luego trabajan en dichas empresas.

De hecho, Naciones Unidas (Naciones Unidas (CEPAL), 2012) considera que las actuales políticas de ciencia, tecnología e innovaciones son una de las principales debilidades del sistema, lo cual afecta fuertemente el desarrollo económico e individual de los ciudadanos centroamericanos.

Un ejemplo de situaciones como la antes mencionada, en la que la investigación va por cuenta propia de los empresarios y es además limitada, es Costa Rica, en donde las principales fuentes de información fueron el internet (66,6%) y los clientes (48,3%). El porcentaje restante fue por medio de centros de investigación. Sin embargo, este es el país de la región centroamericana con el mayor apoyo de parte de universidades y otros institutos. Los países restantes suelen tener un porcentaje menor al 10%. (Naciones Unidas (CEPAL), 2012)

Esta información, junto con las respuestas obtenidas de los representantes en la encuesta, muestran que el apoyo de los actores que tienen la capacidad de facilitar y fomentar la implementación tecnológica no es suficiente en la región. El 68,4% de los participantes indicaron haber obtenido la información sobre las tecnologías implementadas por medio de investigación propia, y otro alto porcentaje indicó haberse informado sobre dicha tecnología por medio de recomendaciones de otras empresas. Asociando esta información con la baja satisfacción con el apoyo de organizaciones, centros de investigación, entre otros, y el nivel de dominio de las tecnologías, es posible deducir que el nivel de información respecto al uso adecuado de la tecnología es escaso y que esto ha perjudicado a las empresas en poder alcanzar un dominio avanzado de la tecnología. Un estudio realizado por las Naciones Unidas en el año 2012 muestra además que entre los principales factores que han afectado negativamente al sector son los malos sistemas de financiamiento, los cuales brindan un apoyo pobre al sector agrícola, así como la falta de acceso de los productores a información sobre las tecnologías (Naciones Unidas (CEPAL), 2012).

No tener la cantidad de información adecuada para poder implementar la tecnología podría reducir la motivación de los productores y del sector en general a innovar, o podría

provocar una motivación a la implementación, pero con escasa información, lo cual implicaría una inversión de capital alta, pero sin poder verse totalmente beneficiada la empresa porque no se logra dominar correctamente la tecnología, ya sea por falta de información u otros motivos (Naciones Unidas (CEPAL), 2012).

En relación con el nivel de educación necesario para una fácil implementación de tecnología y capacidad de innovación, los productores muestran estar insatisfechos con las capacidades y habilidades de los trabajadores del sector.

Los resultados revelan que los participantes consideran que el nivel de educación de los trabajadores ha sido una barrera para la implementación de tecnología y que se han presentado dificultades de parte de los recursos humanos debido a su nivel de formación. Algunos consideran que la educación no es un problema, dado que se puede resolver mediante capacitaciones. Sin embargo, la capacitación de los trabajadores requiere también de una alta inversión y algunos dieron a entender en la encuesta, que la región no siempre cuenta con personal capacitado para dar el servicio de capacitaciones, por lo que se añade una barrera más al tema de falta de capacidades y habilidades para adecuarse a la tecnología.

Además, las capacitaciones pueden ser de utilidad para formar a los trabajadores a poder utilizar la tecnología y la maquinaria agrícola, pero no necesariamente podría brindar todo el conocimiento y habilidades necesarias para manejar, analizar e interpretar los complejos datos obtenidos con ayuda de dicha tecnología (LaValle, Lesser, Shockley, Hopkins, & Kruschwitz, 2011). Un nivel de educación superior podría ayudar al desarrollo de las habilidades necesarias para entender y actuar en base a la información recibida (Nelson & Phelps, 1966).

47,4% de los participantes consideran que la transición digital, que es el núcleo de la industrialización 4.0, sería muy difícil para los trabajadores de la industria agrícola en base a sus capacidades y nivel de formación actual. Esto podría ser un obstáculo muy difícil de superar, porque significa que el sistema educativo general debería de mejorar con la finalidad de que los trabajadores de sectores como el agrícola tengan la formación adecuada para poderse adaptar a las diferentes tecnologías e innovaciones que vendrán en el futuro.

Es conveniente recalcar que el sistema educativo en Centroamérica, tanto el primario, el secundario, como el superior, no están correctamente relacionados con el sistema productivo de la región, lo cual sería una barrera adicional a las anteriormente mencionadas, dificultándose así la adaptación de la educación necesaria a las necesidades del mercado con el fin de adaptar el sistema productivo a las necesidades y demandas del mercado internacional. (Naciones Unidas (CEPAL), 2012)

Una falta de adecuación del sistema podría implicar que los países miembros de la región centroamericana se vean enfrentados a bajas en la demanda de sus productos agrícolas, lo cual supondría que muchas personas, especialmente aquellas del área rural, las cuales se dedican mayormente a la agricultura, podrían potencialmente verse afectadas negativamente (De Clercq, Vats, & Biel, 2018). Estudios e investigadores consideran que, si los gobiernos y las políticas se guían con rapidez a la implementación inmediata de tecnología y educación adecuada para sobrevenir los obstáculos del sistema educativo actual, el riesgo de perder la competitividad podría disminuir. (De Clercq, Vats, & Biel, 2018).

La información recopilada mediante la investigación bibliográfica y la encuesta muestran que el sector agrícola de la región centroamericana podría tener difíciles barreras que superar en el transcurso de la digitalización. Este dato viene relacionado con el nivel de formación de la región, el cual, como mencionado antes, es uno de los principales requisitos para una fácil y adecuada transición tecnológica.

Los estudios y datos muestran que el sistema educativo no es adecuado para permitir a los ciudadanos, por lo menos a aquellos del área rural, el desarrollo de las habilidades, capacidades y conocimiento necesario para poder adaptarse a nuevos procesos, a implementar tecnología y en general, a innovar.

La falta de educación genera cierta incertidumbre en las decisiones que deben tomar las empresas del sector agrícola, pues únicamente pueden verse beneficiados de la adaptación de nuevos sistemas de producción y únicamente pueden verse los resultados positivos de una implementación tecnológica en la agricultura a nivel internacional, si la implementación funciona de manera correcta, para lo cual es necesario que las habilidades y capacidades de los trabajadores sean los adecuados.

Aún siendo la educación una barrera para la implementación de tecnología, la falta de dichas implementaciones también podría implicar que la región se vea afectada gravemente.

Existen dos escenarios posibles en caso de presentarse dificultades de adaptación tecnológica por escaso nivel de formación de los recursos humanos de la región.

El primero sería una falta de implementación tecnológica, lo cual conllevaría a la región centroamericana, cuya economía depende del sector agrícola, a una reducción de competitividad en el mercado internacional y, por lo tanto, a una reducción del desarrollo económico de los países conformantes de la región.

El segundo sería una implementación de tecnología por parte de las grandes empresas, cuya capacidad de financiamiento e inversión es alto, dejando así a los pequeños productores en desventaja. Las escasas capacidades y el bajo nivel de educación de los trabajadores provocaría que las empresas tengan que contratar a personal que sí cuente con las habilidades que se necesitan para la realización de dichos trabajos, dejando así a los trabajadores del sector agrícola, cuyo nivel de formación y condiciones económicas suelen ser muy malas, desempleados y sin la posibilidad de conseguir puestos de trabajo en otros ámbitos, dado que cada vez más, las habilidades de manejo de tecnología son un requisito en los puestos de trabajo.

Ambos escenarios tendrían un efecto negativo en el desarrollo económico del país, especialmente si se toma en cuenta el factor pobreza de los trabajadores del área rural, quienes suelen trabajar en su mayoría en la industria agrícola, los cuales tendrían aún peores oportunidades de desarrollo individual y sería aún más difícil mejorar sus condiciones actuales de vida.

### 3 Conclusiones y recomendaciones

A manera de síntesis, las investigaciones realizadas muestran los siguientes puntos principales. Primero, que existen muy pocas fuentes de información con respecto al nivel de implementación tecnológica actual de la región centroamericana. No solamente hay una escasa cantidad de información sobre el nivel actual, sino que en aquellas fuentes en las que se menciona la adaptación de tecnologías e innovación como una transformación importante para el desarrollo de la industria agrícola alrededor del mundo y como principal herramienta para poner fin a muchos de los problemas con los que la humanidad se ve enfrentada actualmente, no son mencionados los efectos, tanto directos como indirectos de la implementación o falta de implementación en los trabajadores.

Los reportes e investigaciones analizan la importancia de la tecnología principalmente desde la perspectiva del consumo, en la que una implementación tecnológica permitiría que se mantengan los altos niveles de consumo de alimentos y se puedan seguir satisfaciendo necesidades alimentarias en el transcurso de los años y para futuras generaciones. Sobre todo, se analizan los beneficios de los avances tecnológicos como metodología para aumentar la eficiencia y productividad de las empresas del ya existente sector agrícola. Sin embargo, no es ese el real beneficio de la tecnología, sino más bien que áreas rurales que muchas veces no tienen acceso a alimentos y cuya tierra comúnmente no es fértil para llevar a cabo la producción de alimentos, puedan también producir alimentos y así crear sus propias fuentes de alimentación, reduciéndose así la inseguridad alimentaria.

Es conveniente destacar que una de las principales barreras mencionadas por las grandes empresas dedicadas a la agricultura del sector centroamericano es la falta de infraestructura y la falta de recursos financieros para invertir en la implementación de tecnología.

Siendo uno de los principales beneficios mencionados en los diferentes reportes la reducción de inseguridad alimentaria, emerge la pregunta de cómo sería posible que esta inseguridad sea solucionada, si esto implicaría que se implemente tecnología agrícola en las áreas rurales, las cuales tienen aún menos capacidades financieras que las grandes empresas, peores infraestructuras y mala conexión para que dicha tecnología funcione adecuadamente y se puedan ver realmente beneficiados los ciudadanos de mencionados grupos sociales.

En casi ningún reporte se mencionan las barreras que podrían presentarse en países donde la capacidad de implementación no es alta y en los que muchas veces, un gran porcentaje de personas, principalmente aquellas con bajos recursos y escasas condiciones de vida, dependen de industrias como la agrícola, la cual se encuentra actualmente en un proceso de digitalización, y en cuyo ámbito la tecnología es cada vez más importante.

Segundo, la investigación muestra que se trata de un sector con mucha importancia y potencial de crecimiento y desarrollo, pero en el que no se han invertido suficientes recursos ni se ha prestado mucha atención al desarrollo de dicho sector.

Esto se pudo identificar gracias a los resultados obtenidos de la encuesta, los cuales demostraron que no hay suficiente apoyo de parte de organizaciones, ni centros, ni mucho menos de parte del gobierno, mediante financiamiento, información o establecimiento de políticas guiadas a una mejora y desarrollo de la industria.

Actualmente, la agricultura ya es un sector con mucha importancia para la economía de cada uno de los países de la región. Sin embargo, la productividad del sector es bajo en comparación con otros países y el nivel de formación de los ciudadanos que están empleados en el sector es escaso y presenta varias barreras, por lo que sería necesario que se apliquen políticas que se centren y enfoquen en la mejora de capacidades y educación de los ciudadanos de dichas áreas, con el fin de que estos mejoren sus capacidades y tengan luego lo necesario para innovar y que la región en general, aumente así su desarrollo económico y social.

Es importante mencionar que Centroamérica cuenta con altos niveles de corrupción, baja efectividad gubernamental e inestabilidad política, los cuales son factores que influyen negativamente al desarrollo y alcance de infraestructuras para conseguir la automatización y el funcionamiento ideal de los procesos que van implicados en el desarrollo de una industria agrícola funcional (Mooney, 2020).

La falta de apoyo de parte de los actores que conforman el sistema de innovación podría implicar que la digitalización y futura implementación de tecnología u otras herramientas en la industria sea muy compleja.

Dado que el sistema educativo y productivo dentro de la región no están en sintonía, sino más bien funcionan por separado, las necesidades del mercado no se están cubriendo, porque el sistema educativo no está enfocado en alcanzar una formación apta para la realización de dichas tareas y procedimientos. Por consiguiente, las empresas se ven enfrentadas a barreras de formación, productividad y eficiencia, la cual podría ser resuelta si los actores del sistema se enfocaran en brindar personal con las capacidades requeridas en el mercado y de esta manera asegurarse que la industria prospere y aumente su nivel de competitividad y desarrollo, y que al mismo tiempo, el personal no se vea enfrentado al riesgo de ser desplazados de sus trabajos por no contar con dichas habilidades y conocimiento requerido.

Una optimización en las políticas crearía espacio para mejora en el sistema de educación, lo cual permitiría a las industrias desarrollarse, así como a los recursos humanos a progresar individualmente.

Un aumento de niveles de educación mejoraría proporcionalmente la calidad de vida de los ciudadanos, así como su salud y su seguridad laboral, dado que tendrían el conocimiento y habilidades de análisis necesarias para adaptarse a cualquier cambio e innovación que venga en el futuro. Es decir, que podrían ir evolucionando y adaptándose junto con las necesidades del mercado laboral, en vista de que tendrían aquello necesario para ajustarse fácilmente.

La seguridad laboral dejaría de ser entonces uno de los principales riesgos dentro de la región centroamericana, lo cual es actualmente la situación, debido a que el personal actual no cuenta con la formación necesaria para innovar y, por lo tanto, las empresas se ven obligadas a conseguir a personal que sí tenga dicho conocimiento, y así poder seguir manteniendo su importancia en el mercado internacional y su desarrollo.

Recapitulando, podría decirse que la implementación tecnológica tiene y podría llegar a tener principalmente efectos positivos en los recursos humanos del sector agrícola de Centroamérica.

Es difícil realizar un análisis exacto de los beneficios y consecuencias que podrían generarse mediante la implementación, dado que se trata de una región que presenta

ciertas barreras, las cuales deben ser resueltas antes de poder realizar una real transformación digital del sistema.

Dado el caso que las barreras se puedan resolver mediante capacitaciones y formación, las empresas del sector, y en general los trabajadores de la industria se verían beneficiados por la implementación porque los niveles de productividad y eficiencia aumentarían, desarrollándose así positivamente la economía de la región, y mejorando las circunstancias y calidad de vida de los trabajadores y ciudadanos.

El aumento en nivel de formación de los trabajadores les abriría además puertas a nuevos puestos de trabajo, con mejores salarios y beneficios. La tecnología facilitaría también el trabajo actualmente realizado por los productores, el cual es conocido por las malas condiciones en las que deben realizarse los procesos para conseguir el producto final.

Además del aumento en productividad y eficiencia para las empresas, los ciudadanos podrían beneficiarse de productos de una más alta calidad, y podrían producir alimentos con menores cantidades de recursos, como fertilizantes y pesticidas.

Como ya antes mencionado, la agricultura 4.0 u otras innovaciones no desplazarían a los trabajadores de sus puestos de trabajo. Esta permitiría a los trabajadores del campo reducir la cantidad de trabajo manual necesario actualmente para llevar a cabo los procesos de producción, facilitándoles la realización de tareas y abriendo espacios para nuevas tareas. No obstante, la transición de una labor a otra requeriría probablemente ciertas habilidades y capacidades de los trabajadores, las cuales deben asegurarse las empresas y el gobierno, que adquieran los trabajadores, con el fin de reducir la probabilidad de falta de fuerza laboral adecuada para la realización de ciertos trabajos y aumento del nivel de desempleo. En pocas palabras, la tecnología no volverá a los trabajadores obsoletos, dejándoles sin ninguna labor disponible. Las tecnologías van a automatizar muchos de los procesos actuales, pero abrirán espacios para nuevas labores y funcionarán en conjunto con los trabajadores del campo, en caso de que ellos cuenten con aquellas habilidades, capacidades y conocimiento necesario para manejarlas y adecuarse a los nuevos procesos.

## 4 Referencias

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Innovación Agrotech en América Central y el Caribe: Oportunidades y desafíos frente al cambio climático*. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO).
- Banco Mundial. (2006). *Mexico's Competitiveness: Reaching Its Potential*. Washington D.C.
- Cantwell, J. (2005). Innovation and Competitiveness. *The Oxford Handbook of Innovation*.
- CEPAL. (2008). *La transformación productiva 20 años después - Viejos problemas, nuevas oportunidades*. Santiago de Chile.
- Consejo Agropecuario Centroamericano. (2007). *Política Agrícola Centroamericana 2008-2017: una agricultura competitiva e integrada para un mundo global*. San José, Costa Rica: Consejo Agropecuario Centroamericano.
- Consejo Agropecuario Centroamericano, Sistema de Integración Centroamericana. (2019). *Política agropecuaria de la región SICA 2019-2030*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Danquah, M., & Amankwah-Amoah, J. (2017). Assessing the relationships between human capital, innovation and technology adoption: Evidence from sub-Saharan Africa. *Technological Forecasting & Social Change*, 122, 24-33.
- De Clercq, M., Vats, A., & Biel, A. (2018). *Agriculture 4.0: The future of farming technology*. World Government Summit.
- Gandhi, P., Khanna, S., & Ramaswamy, S. (01 de Abril de 2016). *Which Industries Are the Most Digital (and Why)?* Obtenido de Harvard Business Review: <https://hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why>
- Goodman, D., Sorj, B., & Wilkinson, J. (1987). *From Farming to Biotechnology: A Theory of Agro-Industrial Development*. Oxford: Blackwell Pub.
- Hammerich, T. (04 de Enero de 2018). *Potential Use Cases for Blockchain in Agriculture*. Obtenido de Medium: <https://futureofag.com/5-potential-use-cases-for-blockchain-in-agriculture-c88d4d2207e8>
- Hoeren, T., & Kolany-Raiser, B. (2018). *Big Data in Context - Legal, Social and Technological Insights*. Münster: Springer Open.

- Instituto Internacional de Investigación en Políticas Alimentarias e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2008). *I&D Agropecuaria en América Central - Políticas, Inversiones y Perfil Institucional*. Agricultural Science & Technology Indicators.
- LaValle, S., Lesser, E., Shockley, R., Hopkins, M., & Kruschwitz, N. (2011). Big Data, Analytics and the Path From Insights to Value. *MIT Sloan Management Review*, 52(2), 21-31.
- Lioutas, E., Charatsari, C., La Rocca, G., & De Rosa, M. (2019). Key questions on the use of big data in farming: An activity theory approach. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*.
- Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G., & Abu-Mahfoux, A. (2020). *From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges*. Transactions on Industrial Informatics.
- Lundström, C., & Lindblom, J. (2016). Considering farmers' situated expertise in using AgriDSS to foster sustainable farming practices in precision agriculture. *The International Society of Precision Agriculture*.
- M. King, E. (2015). *Education, Skills, and Economic Growth in Central America*. Washington: The Growth Dialogue.
- Mooney, P. (2020). *La insostenible agricultura 4.0 - Digitalización y poder corporativo en la cadena alimentaria*. Ciudad de México: Grupo ETC.
- Naciones Unidas (CEPAL). (2012). *Sistemas de innovación en Centroamérica - Fortalecimiento a través de la integración regional*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Nelson, R., & Phelps, E. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, 56(1/2), 69-75.
- Ozdogan, B., Gacar, A., & Aktas, H. (2017). Digital agriculture practices in the context of agriculture. *Journal of Economics, Finance and Accounting*, 4(2), 184-191.
- Pomareda, D. C. (2013). *Innovations in the Agriculture of Central America: Progress, Institutional Capacity and Policy Needs CIAT-FAO*. Tropical Agriculture Platform (TAP).
- Rose, D., & Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2(87).
- Rose, D., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. (2020). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*.

- Sponchioni, G., Vezzoni, M., Bacchetti, A., Pavesi, M., & Renga, F. (s.f.). The 4.0 revolution in agriculture: a multi-perspective definition. *XXIV Summer School "Francesco Turco" - Industrial System Engineering*, 143-149.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming - A review. *Agricultural Systems*, 153, 60-80.
- Zhai, Z., Martínez, J., Beltran, V., & Martínez, N. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 180(105256).

## 5 Anexo I. Cuestionario

### Cuestionario

#### *Nuevas tecnologías y agricultura 4.0: Impacto en los recursos humanos de la industria agrícola en Centroamérica*

#### Introducción

Estimado participante,

Como parte de mi trabajo de fin de grado, estoy realizando un estudio sobre el uso actual o futura implementación de nueva tecnología agrícola u otras innovaciones en la industria agrícola de la región centroamericana.

El objetivo del estudio es determinar el nivel de uso actual para así poder estudiar los efectos que han tenido y podrían llegar a tener futuras implementaciones tecnológicas en los recursos humanos del sector.

Para ello lo invito a completar una encuesta que le tomará aproximadamente XXX minutos.

La encuesta es anónima y la información obtenida a través de este estudio se mantendrá bajo estricta confidencialidad.

Usted tiene el derecho de retirar el consentimiento para la participación en cualquier momento.

En caso de tener alguna pregunta con respecto a la encuesta o el estudio, no dude en ponerse en contacto conmigo al correo: [201916350@alu.comillas.edu](mailto:201916350@alu.comillas.edu)

Muchas gracias por su tiempo y participación.

Marion Wandel Marroquín

*International Management*

*Universidad Pontificia Comillas, Madrid & European School of Business, Reutlingen*

## **INFORMACIÓN BÁSICA**

1. Indique el nombre de la empresa en la que trabaja.
2. ¿En qué países de la región centroamericana produce esta empresa?  
**Seleccione todas las que correspondan.**
3. ¿Cuáles son las principales cosechas de la empresa?  
**Marque todas las correspondientes.**
  1. Café
  2. Bananos
  3. Azúcar
  4. Algodón
  5. Palma africana
  6. Arroz
  7. Maíz
  8. Otros (especifique)
4. Indique el número de trabajadores activos en la empresa

## **TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA ACTUALMENTE**

5. ¿Ha sido implementada nueva tecnología agrícola en los últimos años en la empresa?  
**Marque la respuesta que corresponda.**
  1. Sí
  2. No
  3. No lo sé
6. En cuanto a la tecnología u otras innovaciones, por favor **indique cuáles han sido implementadas a lo largo de los últimos años.**  
En caso de haber implementado tecnología u otro tipo de maquinaria que no esté en el listado anterior, por favor **menciónelo.**
  - Internet de las cosas (IoT)
  - Dispositivos móviles
  - Sensores
  - Big Data
  - Inteligencia Artificial
  - Drones
  - Robots agrícolas / Maquinaria automatizada
  - Otros (especifique)
7. Tomando en cuenta todas las tecnologías implementadas en la empresa, ¿cuál considera que es el nivel de dominio general de estas?  
(1 – valoración mínima; 5 – valoración máxima)
8. ¿Qué barreras reconoce usted, que impiden un perfecto dominio de dichas tecnologías?  
**Mencione todas las correspondientes.**

9. ¿Por qué medios ha obtenido información respecto a las nuevas tecnologías e innovaciones (beneficios, funcionamiento, recursos e infraestructura necesaria, etc.)?

**Marque todas las que correspondan.**

- Organizaciones de la industria agrícola
- Recomendaciones de otras empresas del sector agrícola
- Investigación propia
- Academias y escuelas de investigación (Ejemplo: universidades, intecap, etc.)
- Otros (menciónelos)

10. En base al *impacto* provocado por la implementación de tecnología agrícola en su empresa, **nombre las principales ventajas y desventajas que se pudieron observar.**

| Desventajas | Ventajas |
|-------------|----------|
|             |          |
|             |          |
|             |          |
|             |          |
|             |          |

11. Indique qué tan de acuerdo se encuentra con las siguientes afirmaciones:

|   | Totalmente en desacuerdo | Parcialmente en desacuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | Parcialmente de acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|---|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| La tecnología implementada ha beneficiado la carga laboral de los trabajadores / capital humano   |                          |                            |                                |                         |                       |
| Los trabajadores no han tenido dificultad durante la transición tecnológica   |                          |                            |                                |                         |                       |
| El conocimiento y las habilidades de los trabajadores ha sido suficiente para llevar a cabo la implementación de tecnología                             |                          |                            |                                |                         |                       |
| Los trabajadores han tenido una actitud positiva con respecto a los beneficios y efectos que podrían obtenerse mediante la implementación de tecnología |                          |                            |                                |                         |                       |
| Los trabajadores cuentan con un nivel de educación adecuado para llevar a cabo procesos de implementación tecnológica                                   |                          |                            |                                |                         |                       |
| La digitalización no fue/ha sido un problema para los empleados de la empresa   |                          |                            |                                |                         |                       |
| Los empleados consideran la tecnología un medio importante de desarrollo y crecimiento de la empresa y de la industria                                  |                          |                            |                                |                         |                       |
| La transición digital no sería difícil para los trabajadores del sector agrícola en Centroamérica   |                          |                            |                                |                         |                       |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| La implementación de tecnología en la empresa resulta muy compleja por escasas capacidades de los trabajadores                                  |  |  |  |  |  |
| Los trabajadores de la empresa y en general de la industria, están suficientemente capacitados para adecuarse y entender las nuevas tecnologías |  |  |  |  |  |

12. ¿Cuáles fueron los principales problemas / barreras presentadas antes y durante el proceso de implementación de las diferentes tecnologías?

**Marque las indicadas. En caso de haberse presentado alguna que no esté presente, nómbrela.**

- Falta de información con respecto a la tecnología
- Falta de aceptación de parte de los trabajadores
- Falta de aceptación de parte de los consumidores
- Habilidades y capacidades de los trabajadores no correspondían a las necesarias para el uso o implementación correcto de la tecnología
- Escaso apoyo (información, financiamiento, capacitaciones) de parte de organizaciones del sector agrícola
- Falta de recursos financieros para implementar la tecnología
- Falta de recursos necesarios para llevar a cabo la implementación correctamente
- Escasa participación de parte del estado para apoyar la innovación y desarrollo del sector (financiamiento, información, licencias & permisos)
- Políticas agrícolas no contribuyen a los avances tecnológicos
- Situaciones adversas de carácter político (internas o externas)
- Otras (menciónelas)

13. ¿En qué grado considera usted, que la falta de educación del personal representa el mayor impedimento al momento de implementar nuevas tecnologías?

**(Califique de 1 – 10, siendo 1 la menor adversidad y 10 la mayor)**

### **MOTIVACIONES DE INNOVAR**

14. Con respecto a los beneficios generados por la implementación tecnológica, ¿cuáles son los factores que considera más importantes? Por favor, **ordénelas de mayor a menor importancia.**

- Optimización de costos para la organización/empresa
- Aumento de productividad y eficiencia en los procesos de producción
- Menor margen de error / Mejora de precisión y exactitud de los procesos
- Reducción de desperdicios
- Optimización del uso de recursos para la producción (fertilizantes, agua, tierra, entre otros)

- Menor contaminación al medio ambiente
- Reducción de costos de mano de obra
- Mejor y mayor control de los procesos

### **NIVEL DE APOYO GUBERNAMENTAL, INSTITUCIONAL, ORGANIZATIVO**

15. En general, ¿considera usted que el apoyo recibido para llevar a cabo procesos de innovación e implementación de nueva tecnología ha sido suficiente?

**Califique de 1 – 5 el nivel de satisfacción.**

16. ¿Cómo considera que apoya el estado, las organizaciones regionales de agricultura u otras organizaciones, así como grupos de investigación (por ejemplo: instituciones educativas) a las empresas del sector agrícola?

**Por favor indique de 1 – 5 qué tan satisfecho se encuentra con el apoyo recibido de cada una de estas, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.**

- Agencias gubernamentales
- Organizaciones internacionales (Ejemplos: Consejo Agropecuario Centroamericano – CAC, Fondo Internacional del Desarrollo Agrícola – FIDA, Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO)
- Organizaciones regionales / nacionales (Ejemplos: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas – ICTA, etc.)
- Centros de investigación
- Universidades / Agencias de educación superior

### **INNOVACIONES FUTURAS**

17. Bajo las condiciones actuales en las que se encuentra la empresa (capacidad financiera, infraestructura, capacidades & habilidades de los trabajadores), ¿cuál sería la siguiente implementación tecnológica que haría?

**Mencione la que considere adecuada.**

18. ¿Cuáles serían los principales argumentos por los que priorizaría esta tecnología?

**Por favor, nómbrelos.**

19. Si factores como los recursos financieros, la infraestructura, el nivel de información o capacitación, entre otros, no fueran relevantes en la toma de decisión, ¿por qué tecnología optaría?

**Mencione la tecnología de su elección.**