

Objetivos de Desarrollo Sostenible, Tecnología e Innovación para los Agronegocios

CUERPO DIRECTIVO

JAIME ALBERTO LEAL AFANADOR

Rector

CONSTANZA ABADÍA GARCÍA

Vicerrector Académica y de Investigación

EDGAR GUILLERMO RODRÍGUEZ

Vicerrector de Servicios a Aspirantes, Estudiantes y Egresados

LEONARDO YUNDA PERLAZA

Vicerrector de Medios y Mediaciones Pedagógicas

JULIA ALBA ANGEL OSORIO

Vicerrector de Desarrollo Regional y Proyección Comunitaria

LEONARDO EVEMELETH SANCHEZ TORRES

Vicerrector de Relaciones Internacionales

JORDANO SALAMANCA BASTIDAS

Decano Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

JUAN SEBASTIÁN CHIRIVÍ SALOMÓN

Líder Nacional de Investigación UNAD

YOLVI PRADA

**Líder Nacional de Investigación Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente**



Objetivos de Desarrollo Sostenible, Tecnología e Innovación para los Agronegocios

Yulian Adalberto Sepúlveda Casadiego
yulian.casadiego@unad.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9726-419X>

Ficha Bibliográfica Diligencia por Biblioteca

Título: Objetivos de Desarrollo Sostenible, Tecnología e Innovación para los Agronegocios

Autores: Yulian Adalberto Sepúlveda Casadiego

Grupo de Investigación: CIAB

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA)

DOI: 10.22490/notas.4579

©Editorial
Sello Editorial UNAD
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Calle 14 sur No. 14-23
Bogotá D.C

Año 2021.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons - Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 internacional. https://co.creativecommons.org/?page_id=13.



TABLA DE CONTENIDO

Resumen	7
1. Introducción	9
2. Cadenas de valor y agronegocios.....	11
2.1. ¿Qué son las cadenas de valor?	11
2.2. ¿Qué son los agronegocios?.....	14
3. El desarrollo sostenible dentro de los agronegocios	20
3.1. Desarrollo Sostenible y Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	20
3.2. Economía circular.....	23
3.3. Relación y sinergias ODS, tecnología, innovación y agronegocios	25
4. Introducción rol de la tecnología e innovación en las cadenas de valor de los agronegocios	28
4.1. Innovación y tecnología	28
5. Innovación y tecnología, aliadas estratégicas en la evolución del agro en sostenibilidad	35
5.1. Principales problemas de las cadenas de valor de los agronegocios	35
5.2. ¿Cómo impulsar el desarrollo en las cadenas de valor?.....	37
5.3. El rol de la tecnología e innovación dentro de los agronegocios ...	39
5.4. Paquete tecnológico.....	40
5.5. Pertinencia de los desarrollos tecnológicos en el agro.	43
5.6. Aplicaciones tecnológicas en los agronegocios	46
5.7. Panorama internacional.....	53
6. Los agronegocios en Colombia	54
6.1. Legislación y normativa en materia de agroindustria, ciencia y tecnología, sostenibilidad, y afines.....	58
7. Cuestionario.....	63

8. Conclusiones 64

Resumen

Contextualización: La tecnología y la innovación están cada vez más inmersas en nuestra cotidianidad, facilitando nuestra forma de relacionarnos e interactuar con el entorno, fortalecer la productividad y la competitividad de distintas áreas de negocio. **Vacío de investigación:** Para lograr una transición a la sostenibilidad ambiental, económica y social en los agronegocios agrícolas, pecuarios, ambientales y forestales, es necesario entender las cadenas de valor y principales actores involucrados, para así identificar las principales problemáticas o vacíos, en donde la tecnología y la innovación puedan aportar soluciones pertinentes, generando un discernimiento crítico en la postulación de alternativas de solución y toma de decisiones, puesto que se puede generar valor agregado con paquetes tecnológicos basados en equipos, procesos, productos y operaciones, siendo uno de los principales vacíos la desconexión entre actores de los agronegocios y las tecnologías derivadas de la Industria 4.0. **Propósito de la nota de campus:** Con la búsqueda, análisis y sistematización de la información, la nota de campus tiene como objeto integrar herramientas teórico-prácticas con desarrollos e innovaciones tecnológicas que generen ventajas y beneficios, en pro de cumplir con la Agenda 2030 a través de la contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). **Metodología:** El documento aborda las temáticas de cadenas de valor y agronegocios, el desarrollo sostenible dentro de los agronegocios, el rol de la tecnología e innovación en las cadenas de valor de los agronegocios como aliadas estratégicas en la evolución del agro en sostenibilidad, casos y ejemplos de aplicación, los agronegocios en Colombia y preguntas finales. **Cursos de formación:** 358119-Tecnología e Innovación para el Agronegocio. **Conclusiones y/o recomendaciones:** los agronegocios requieren alinearse al contexto cambiante y contribuir a los distintos ODS, en donde la tecnología y la innovación aplicadas con pertinencia, juegan un rol fundamental en estrategias de sostenibilidad.

Palabras Clave: Agronegocio; cadena de valor; Innovación; Tecnología; sostenibilidad; Industria 4.0.

1. Introducción

Según datos de la ONU, alrededor de 1300 millones de toneladas de comida producida para el consumo, equivalente a un tercio del total, termina en vertederos, el 45% de las frutas y verduras que se cosechan se desperdician, de las 263 millones de toneladas de carne que se producen, se pierde casi el 20%, lo que equivale a 75 millones de vacas, todas estas cifras corresponden a desperdicios en procesos de producción, cultivo, procesado, distribución y consumo, siendo una responsabilidad compartida desde los productores, distribuidores y consumidores. En un mundo donde se produce la suficiente comida para todos, existe un 25.9% de la población afectada por moderada o severa inseguridad alimentaria (Naciones Unidas, 2020), 690 millones de personas en el mundo padecen hambre equivalente al 8,9% de la población mundial, más de 250 millones de personas podrían encontrarse al borde de la hambruna, se estima que alrededor de 2.000 millones de personas en 2019 no disponían de acceso a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes (FAO et al., 2020), alrededor de 135 millones de personas padecen hambre severa (FSIN, 2020). Siendo imperativo una serie de cambios profundos en el sistema agroalimentario mundial, en los modelos de consumo y producción, agregando que se estima que a 2050 la población aumentará a 9.800 millones de personas.

La producción agropecuaria está estrechamente ligada al comportamiento climático y calidad de los suelos (Correa Assmus, 2017), siendo los efectos del cambio climático una amenaza al acceso al recurso del agua, producción de alimentos, uso de la tierra y ecosistemas, haciendo

necesaria la definición de estrategias de adaptación desde el agro, y los caminos para monitorearlas (Ocampo, 2011). Acorde a la FAO (2015), en cómo se cultivan, producen, consumen, intercambian, transportan, almacenan y comercializan los alimentos, está la conexión fundamental entre las personas y la Tierra, y por ende la vía a ese crecimiento inclusivo y sostenible buscado.

En este sentido, la tecnología y la innovación en los agronegocios, son herramientas aliadas al desarrollo sostenible de los distintos sectores, brindando soluciones que fortalecen la inocuidad, productividad, rentabilidad, y por ende la competitividad de pequeños, medianos y grandes productores. A través de las distintas tecnologías disruptivas que se desprenden de la Industria 4.0, se pueden monitorear en tiempo real las dinámicas de los sistemas productivos, usar de manera adecuada recursos hídricos, conectar a los consumidores y los productores, entre otras soluciones que fortalecen las cadenas de valor en los agronegocios. En este sentido, esta nota de campus tiene como objeto brindar herramientas teóricas profundas relacionadas al conocimiento tecnocientífico necesario para brindar alternativas sostenibles en las cadenas productivas y de valor de los agronegocios agrícolas, pecuarios, ambientales y forestales.

2. Cadenas de valor y agronegocios

2.1. ¿Qué son las cadenas de valor?

El concepto de agronegocios está ligado a la **cadena de valor**, entendida como la interdependencia de actividades económicas derivadas desde la concepción de un producto, sus fases de producción, distribución al consumidor y disposición final, y los procesos verticales que generan valor para el consumidor, y los vínculos horizontales con todas cadenas de valor que brindan bienes y servicios intermedios (Clay y Feeney, 2019). Cada actividad dentro de la cadena de valor de una empresa debe ser vista no como un costo, sino como un paso que agrega un incremento de valor al producto o servicio terminado (HBS, s. f.). Acorde a la revisión de Clay y Feeney (2019), el concepto de cadena de valor involucra:

- Entradas, salidas y actividades que generan transformación
- Los agentes que realizan dichas actividades
- Actividades de adición y asignación de valor
- El producto o productos finales
- Consumidores
- Problemas y oportunidades que comparten los agentes
- Relaciones de poder y mecanismos de gobernanza

En la Figura 1, se presenta uno de los esquemas de las cadenas de valor, en donde se tienen de actividades primarias la logística interna, operaciones, logística externa, marketing y ventas, y servicios de postventa, y unas actividades que soportan están actividades primarias, llamadas actividades de soporte que son la infraestructura de la empresa,

la gestión de recursos humanos, el desarrollo de tecnología, y compras o aprovisionamiento, que generan un margen, entendido como esa diferencia entre ventas y costos, la cual aumenta si aumentan las ventas, disminuyen los costos, o ambas.



Figura 1: esquema cadena de valor (Arimany, 2010).

Una segunda manera de ver las cadenas de valor se presenta en la Figura 2, y a manera de ejemplo, se tiene una cadena de valor en la cual se parte de la *agricultura* en donde se cultiva y cosecha, seguida de una etapa de *transformación* donde se realiza limpieza, conversión en donde se convierte de comida a ingrediente mezclando o preparando estos, seguida de una fase de *empaque, distribución, venta y consumo*.



Figura 2: ejemplo de cadena de valor en una organización agrícola (Mora, 2017).

En la Figura 3, se presenta de manera gráfica el cómo una cadena de valor hace parte de un sistema de mercado más amplio, teniendo la cadena de valor de manera central, su entorno está conformado por funciones de apoyo, reglas y normativas. Realizar un diagnóstico de estas relaciones, es vital para comprender los sistemas de mercado para identificar las limitaciones que pueden ser intervenidas para maximizar el cambio en la estabilidad y sostenibilidad en la cadena de (Nutz y Sievers, 2016).

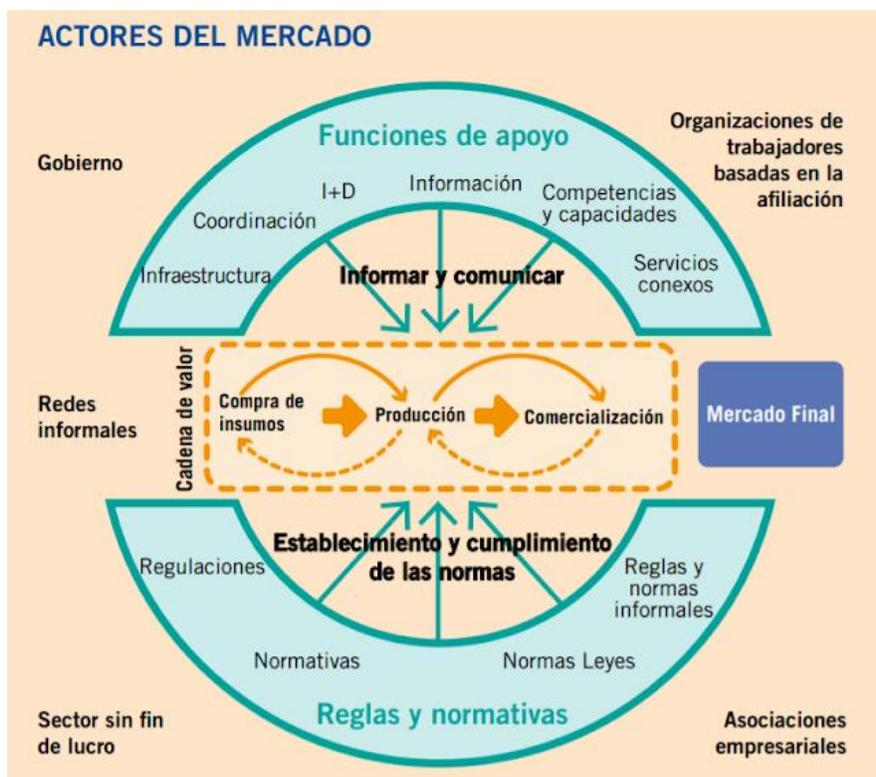


Figura 3: Cadenas de valor como parte del marco de sistemas de mercado. (Nutz y Sievers, 2016).

2.2. ¿Qué son los agronegocios?

Los **agronegocios** son entendidos como la suma total de las operaciones involucradas en la manufactura, producción, almacenamiento, distribución y disposición, básicamente entendido como la interdependencia de varios sectores en la cadena de valor (Roche, 2020), con enfoque económico productivo, impulsado por grupos sociales, políticos o productivos (Cáceres, 2015). Con este concepto se busca una verdadera integración y complementariedad en los negocios basados en

sistemas productivos (Ramírez-Castellanos, 2013). A los agronegocios, se vinculan proyectos que actúen en cualquier eslabón de la cadena productiva que involucre productos animales o vegetales, o las actividades de apoyo a estas cadenas (Scoconi et al., 2016), transmitiendo una visión integrada de las múltiples funciones y procesos involucrados en la cadena productiva, con las actividades relacionadas a los negocios (Konig et al., 2013). Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA (2010), un agronegocio es un sistema integrado de negocios, en donde se considera a la agricultura como un sistema de cadenas de valor centradas en satisfacer las demandas del consumidor, incorporando procedimientos que incluyan actividades dentro y fuera de la unidad de producción, aceptando así, que los productos no son solamente la producción de alimentos. En la producción pecuaria, de un producto primario como la leche se puede obtener queso, o de la carne embutidos o conservas, lo cual ofrece un amplio número de posibilidades, incrementando el valor agregado en las fases sucesivas a la producción primaria (Paz, 2017).

Las cadenas de valor, en teoría parecen secuenciales y elementales, más para alcanzar una profunda integración económica y comercial, son necesarias acciones y esfuerzos en colaboración de todos los integrantes de la cadena (Ramírez-Castellanos, 2013). La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) y FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola), trabajan de manera conjunta para fomentar y asistir la creación de entornos favorables para

el desarrollo de agronegocios, agroindustrias y cadenas de valor basadas en la agricultura (FAO, 2013). En este sentido, los agronegocios incluyen tres categorías que son la agricultura, ganadería y silvicultura, incluyendo también negocios cuya materia prima sean productos de la tierra o el mar (Roche, 2020), y constituyen una de las principales fuentes de desarrollo y riqueza en las economías latinoamericanas (Scoconi et al., 2016).

En cadenas de valor que incluyen, o pueden incluir, a pequeños procesadores y productores existe rentabilidad, siendo necesarias estrategias e iniciativas entre el sector público y privado para respaldar los modelos operativos de estos y fortalecer así los vínculos comerciales, aumentando así el deseo y voluntad de las empresas de trabajar con ellos (FAO, 2013). Las tendencias más importantes en los agronegocios van ligadas a vincular a los pequeños productores y campesinos en las cadenas de valor, el surgimiento de nuevos modelos de negocio, el resurgimiento de la discusión sobre el abastecimiento local versus el abastecimiento mundial, la inocuidad como eje central para la competitividad, y el regreso a la producción de cultivos tradicionales (IICA, 2010).

El aumento continuo de la globalización e integración de los mercados de alimentos intensifica la competencia y eficacia en el sector agrícola, generando oportunidad de incluir a los pequeños productores en las cadenas de suministro (The World Bank, 2017). Intervenir e incentivar las pequeñas y medianas empresas PYME, facilitando el crecimiento de productividad con la adopción de tecnologías que permitan ahorrar

recursos y energía, genera beneficios directos a ellos, e indirectos, si se busca, a las grandes empresas (NYMUNLAC, 2018). Estos pequeños y medianos productores-campesinos, a pesar de su relevante rol, han sido excluidos, siendo así foco de alta vulnerabilidad e inestabilidad política, social y económica; lograr vincular a estos productores, requiere apoyarlos en procesos organizativos, crear puentes de diálogo entre ellos y los gobiernos, y apoyar la provisión de servicios y capacidades, ellos por su parte, para lograr vincularse a los mercados, lo hacen de manera asociativa, aumentando a través de la autogestión, la cohesión social (IICA, 2010). Esto también se llega a conocer como alianzas estratégicas, en donde se realizan acuerdos de cooperación entre empresas, para lograr una competitividad a partir de la adquisición de habilidades, recursos y experiencia técnica, difícil de alcanzar de manera individual, teniéndose así, la posibilidad de realizar alianzas tecnológicas, alianzas de producción, alianzas de mercadeo y ventas, y alianzas de expansión internacional (Valdés et al., 2013).

Existe una amplia trama de relaciones entre actores, que logra tipificar los agronegocios, con tendencias a su crecimiento según conveniencia, preocupación por la salud, y aumento en el consumo de productos especializados o diferenciados, dentro de los que están los productos orgánicos, los productos solidarios y los productos étnicos, fundamentándose esto en tres preocupaciones básicas que son la necesidad de lograr una mayor inclusión social, la protección del ambiente y las nuevas formas de considerar los mercados (IICA, 2010). La agricultura tiene la particularidad de estar regida por los propios ciclos de

la naturaleza, los cuales se deben equilibrar y respetar en relación a la demanda del mercado (Paz, 2017).

Algunos ejemplos de agronegocios son:

- Granja agrícola
- Producción de fertilizantes orgánicos:
 - Vermicompost
 - Abonos verdes
- Negocio de flores
 - Arreglos florales
 - Flores secas
 - Esencias
 - Decoración
- Negocio de distribución de fertilizantes
- Granjas agroecológicas
- Empresas de cultivo de hongos
- Hidroponía
 - Equipos
 - Talleres
 - Productos
- Cultivo de caracoles
- Cultivo de girasol
- Apicultura
- Comercialización de frutas y hortalizas (exportación)
- Producción de pesticidas botánicos
- Sistemas indoor de cultivo

- Aplicaciones
- Sistema de cultivo hidropónico
- Sistema de cultivo en sustrato
- Equipos
- Manufactura de equipos y maquinaria

3. El desarrollo sostenible dentro de los agronegocios

La visión lineal de la agricultura, resultado de la Revolución Verde, ha ido siendo reemplazada por una visión más integradora a través de la contemplación del desarrollo sostenible (CORPOICA, 2015). Bien se pueden analizar las cadenas de valor desde un sentido estratégico, técnico o sostenible, viendo esta de manera individual o como un todo, centrada en el enfoque económico, más se hace necesario ampliar el panorama a otras fuentes de valor, como lo son la parte social y ambiental.

3.1. Desarrollo Sostenible y Objetivos de Desarrollo Sostenible

La Comisión Brundtland en su histórico informe *Nuestro Futuro Común*, definió el desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades”. El desarrollo sostenible tiene dos objetivos: (1) alcanzar el bienestar de la población y (2) asegurar que el desarrollo se realice respetando los límites del planeta y la sostenibilidad ambiental. La política, la economía y la ciencia y la tecnología se plantean como medios para alcanzar estos propósitos. Es importante entonces, ligar los agronegocios a la Agenda 2030 a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, entendiendo que la economía se forma sobre una sociedad que necesariamente depende de la biósfera, siendo esta la base del desarrollo (Figura 4). Lograr esto, depende de contar con sistemas alimentarios más productivos, eficientes, sostenibles, inclusivos y resilientes (Trendov et al., 2019). Por esto, todos los procesos

de dar valor agregado a un producto deben ser pensados como una interconexión de sectores, saberes y procesos, entrando también el concepto de economía circular (Figura 6), en donde una salida se vuelve entrada, optimizando así al máximo los procesos, ahorrando, y evitando impactos ambientales debidos a generación de residuos y uso insostenible de recursos, entendiendo que no existen residuos sino recursos.

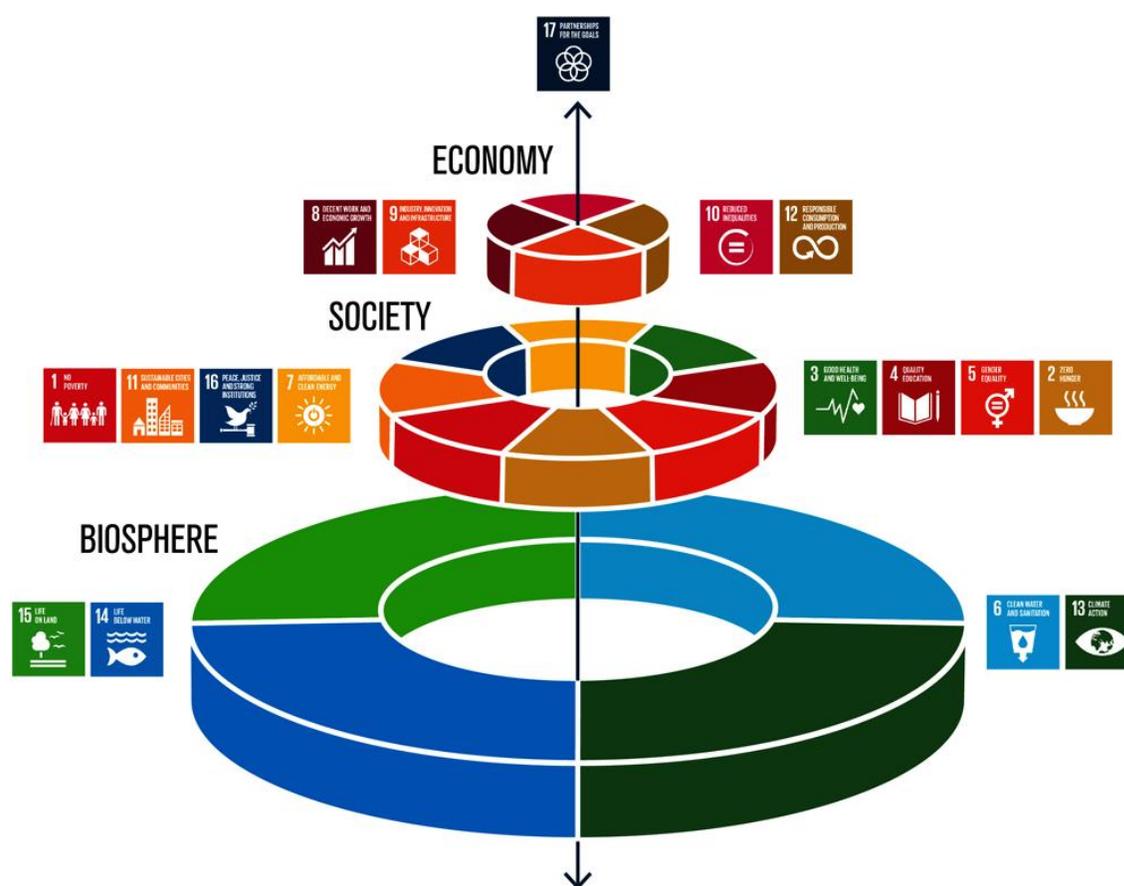


Figura 4: Organización ODS, entendiendo la biosfera como base del desarrollo (Stockholm Resilience Centre, 2016).

La agricultura digital, tiene el potencial de generar beneficios ambientales a través del óptimo uso de recursos y adaptación al cambio climático, beneficios sociales y culturales mediante una mayor comunicación e inclusividad, y beneficios económicos debidos al incremento de productividad, en función de costos y oportunidades de mercado (Trendov et al., 2019). El impacto del aumento de los flujos hacia la agricultura dependerá de la eficiencia en el uso de los mismos, así como la sostenibilidad social, financiera y ambiental de las inversiones (IEG et al., 2010). Lograr afrontar los desafíos ambientales y sociales de manera sostenible, de manera exitosa, requieren de un respaldo de crecimiento económico, este puede ser impulsado por emprendimientos, diversificación económica continua, aumento de relaciones comerciales, actualización industrial e innovación tecnológica, siendo realmente necesario para esto, la implementación de políticas públicas y privadas (NYMUNLAC, 2018). Esto se engloba igualmente en el término de *Quíntuple Hélice*, modelo inter y transdisciplinario, ecológicamente sensible que destaca la transición socioecológica de la sociedad y economía (Figura 5), proporcionando un paso a paso para comprender la gestión basada en la calidad del desarrollo efectivo, recuperar el equilibrio con la naturaleza y permitir a las generaciones futuras una vida de diversidad y pluralidad en la Tierra (Carayannis et al., 2012).

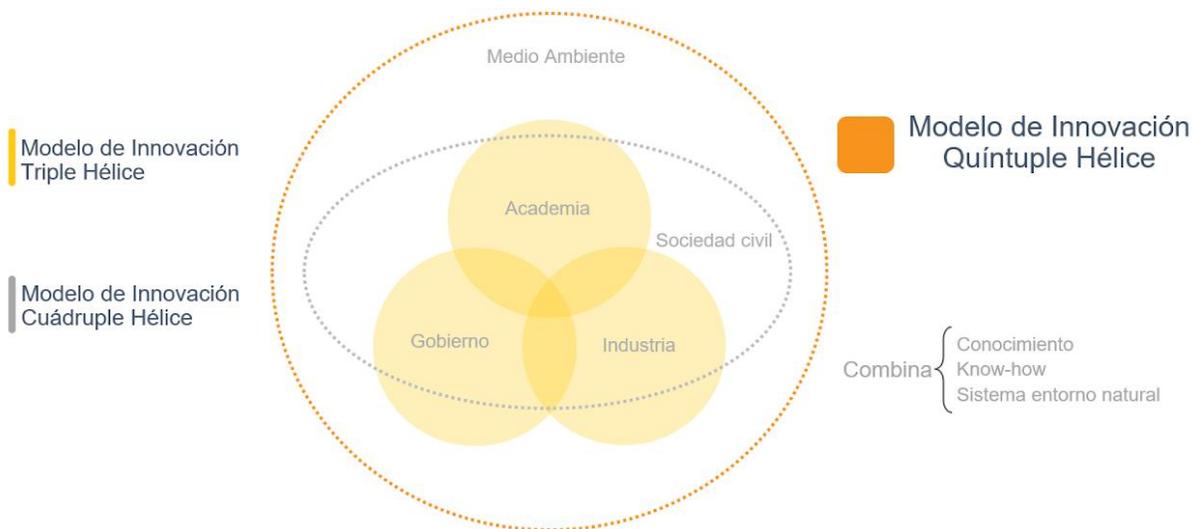


Figura 5: concepto de Modelo Quíntuple Hélice. Fuente: Autor.

3.2. Economía circular

Según la fundación Ellen MacArthur (2014) el primer principio en el que se basa la economía circular hace referencia a que cuando desde el diseño un producto es pensado para ser optimizado no existen residuos, el segundo establece una marcada diferencia entre componentes consumibles y duraderos de un producto, y el tercero expresa que la energía requerida para los distintos ciclos debe ser renovable por naturaleza. Estos principios conducen a las cuatro fuentes de creación de valor, haciendo referencia al "poder del círculo interior" es decir que entre más corto sea el círculo, menor será el cambio al cual deberá ser sometido el producto, el "poder circular por más tiempo", el "poder del uso en cascada" el cual hace referencia a diversificar la reutilización de un producto, y el "poder de los inputs puros" en donde materiales no

contaminados facilitan su recogida y redistribución, favoreciendo la calidad y longevidad de un producto (Ellen MacArthur Foundation, 2014). Por ejemplo, los modelos de negocio “verdes” inciden a la agricultura desde la forma de producción, hasta el empaque y etiquetado (IICA, 2010).

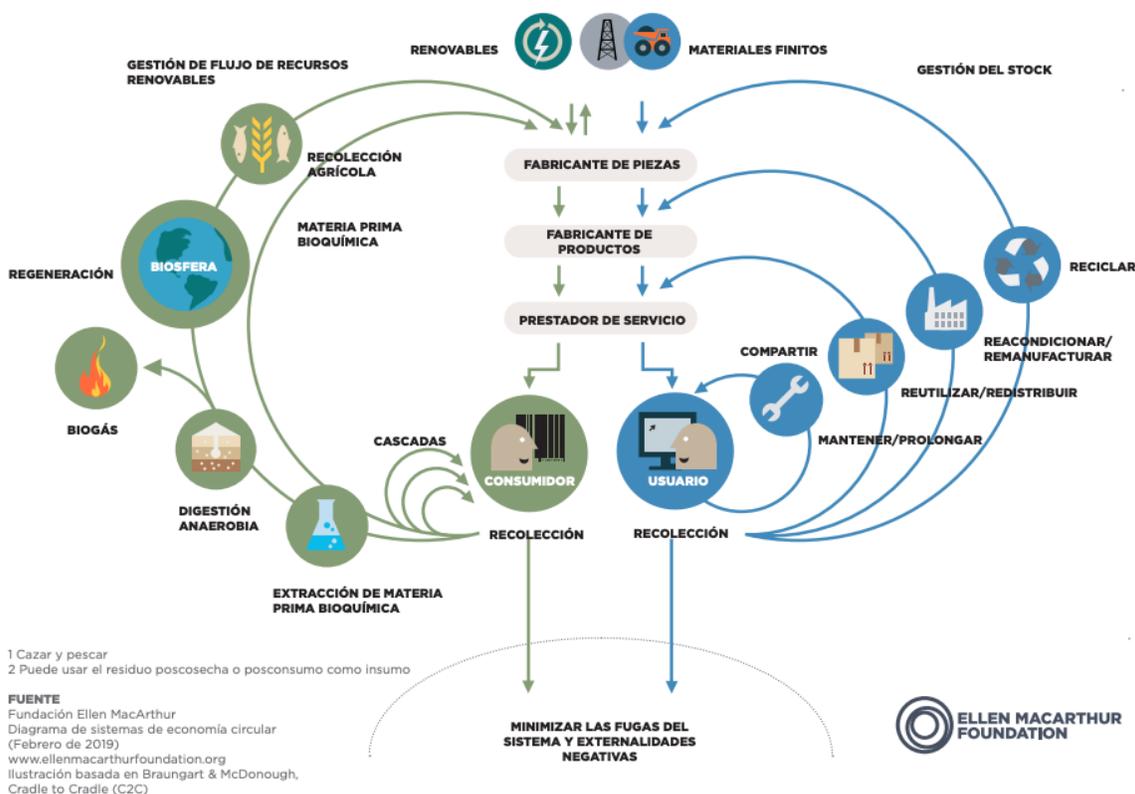


Figura 6: diagrama sistémico de la economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

3.3. Relación y sinergias ODS, tecnología, innovación y agronegocios

La ciencia y tecnología de la innovación pueden desempeñar un papel y rol decisivo en la promoción del desarrollo sostenible, y en sus 17 ODS, al fomentar el acceso a los conocimientos, el aumento de la productividad, industrialización, crecimiento económico y creación de empleos decentes, la promoción de la salud y acceso a sus servicios esenciales, llegar a la seguridad alimentaria mediante implantación de sistemas agrícolas sostenibles y equitativos, incrementos de la producción e ingresos, y promoción de energías renovables que pueden tanto reducir la pobreza energética, así como mitigar el cambio climático (NYMUNLAC, 2018).

Entendiendo estas dinámicas, es preciso afirmar que lograr **sostenibilidad agrícola y cadenas de valor** desde el ODS 15 vida de ecosistemas terrestres, impacta directamente en los ODS 12 de producción y consumo responsables, ODS 13 acción por el clima y ODS 17 alianzas para lograr los objetivos, y esta sostenibilidad impacta igualmente en los **servicios ecosistémicos y salud ambiental**, existiendo beneficios sinérgicos del ODS 15, sobre el ODS 3 salud y bienestar, ODS 6 agua limpia y saneamiento, ODS 13 acción por el clima y ODS 14 vida submarina, e impacta igualmente en el **desarrollo económico y bienestar social** que repercuten en el ODS 1 fin de la pobreza, ODS 2 hambre cero, ODS 3 salud y bienestar, ODS 4 educación de calidad, ODS 5 igualdad de género, ODS 6 agua limpia y saneamiento, ODS 8 trabajo decente y crecimiento económico, ODS 9 industria,

innovación e infraestructura, y ODS 10 reducción de las desigualdades (Adenle et al., 2020). Existe sinergia entre estas tres estrategias (Figura 6), y entendiendo los ODS como una red, si se implementan distintas acciones en los agronegocios como es la energía renovable, se aborda el ODS 7 de energía limpia y no contaminante, y se logra una mayor competitividad con una producción y consumo responsable (ODS 12).



Figura 7: Sinergia entre sostenibilidad de cadenas de valor, servicios ecosistémicos y desarrollo económico. Fuente: Autor.

Una cadena de valor que genere pérdidas de productos valiosos en distintas etapas es una cadena de valor que no trabaja de manera eficiente (Clay y Feeney, 2019), ni de manera sostenible. La ONUDI tiene un enfoque de desarrollo industrial inclusivo y sostenible basado en crear prosperidad compartida para todos, mejorar la competitividad de las economías y la protección del medio ambiente, buscando con esto que cada país logre mayores niveles de industrialización de sus economías, que tal crecimiento industrial sea lo suficientemente inclusivo y equitativo, que el crecimiento social y económico sean apoyados en el marco

medioambiental sostenible, y que exista una maximización de la creación y difusión de conocimientos (NYMUNLAC, 2018). Como menciona Paz (2017), es necesario generar y enseñar conocimientos que sean producto de la articulación entre las prácticas y experiencias, que hagan posible abordar la realidad tal y como ella es, compleja y heterogénea.

Como guía a lo anterior expuesto, está el Libro Verde 2030 de Colciencias (2019), el cual gira en torno de abordar los problemas con soluciones alineadas a los ODS, entendiendo que la política de CTeI es fundamental en esta orientación, y que la transformación necesaria requiere de cambios a nivel de sistemas socio-técnicos, con principios de direccionalidad, participación, aprendizaje y experimentación, interdisciplinariedad y anticipación de resultados y efectos, con forma de trabajo relacionadas a la profundización, expansión y aceleración.

4. Introducción rol de la tecnología e innovación en las cadenas de valor de los agronegocios

Existe un amplio rango de oportunidades dentro de los agronegocios, el surgimiento de nuevos modelos de negocio como la responsabilidad social empresarial, los negocios ecológicos o verdes, los agronegocios incluyentes y los negocios sociales (IICA, 2010), pueden mejorar sus rendimientos y alcance, de la mano con innovaciones y transferencias de tecnología necesarias y acertadas, que ayuden en el ahorro de recursos a través del uso óptimo de los mismos, es uso de energías renovables, la dosificación exacta, uso de redes, sistemas de información y agromedición en tiempo real, entre muchas otras soluciones y desarrollos, que parten de su conocimiento para poder ser aplicados. La información y comunicación han tenido gran importancia en la agricultura, a pesar de que agricultores conozcan los cultivos cuyo manejo ha trascendido por generaciones, actualmente existen cambios en las condiciones climáticas y del suelo, que han cambiado la incidencia de plagas y enfermedades, por lo que información actualizada permite a los agricultores hacer frente y llegar a beneficiarse de estos cambios (The World Bank, 2017).

4.1. Innovación y tecnología

La innovación, como bien la define la Fundación COTEC para la Innovación, “es todo cambio (no solo tecnológico), basado en conocimiento (no solo científico), que genera valor (no solo económico)”.

La tecnología entendida como aquellos instrumentos y recursos de conocimiento y técnicos de determinado sector han sido un componente relacionado a la evolución de la humanidad. Ha estado presente en el sector agropecuario, incrementando rendimientos y productividad, ayudando a los trabajadores en su confort y facilidad de desarrollar determinadas tareas (Cáceres, 2015). Para mantener o ganar ventajas comparativas y competitivas que permitan a las cadenas mejores oportunidades en los mercados nacionales e internacionales, la innovación juega un rol fundamental, para fortalecer las capacidades en la resolución de problemas específicos, de la mano a políticas de investigación y desarrollo (Scoconi et al., 2016). Muchas empresas agroindustriales se valen de alianzas estratégicas para llenar huecos tecnológicos, con mejoras o adquisición, siendo una valiosa opción para agilizar las cadenas de valor, mejorando la producción y comercialización (Valdés et al., 2013). El sector industrial, ha sido uno de los más beneficiados debido a que controla el know how de los paquetes tecnológicos dominantes (Cáceres, 2015).

Para contextualizar y entender la profundidad y pertinencia de la tecnología e innovación en los agronegocios, es necesario entender algunos conceptos como:

Industria 4.0: es el producto más tangible de la cuarta revolución industrial, siendo considerado como el nuevo nivel de digitalización, organización y control de las cadenas de valor de los productos y servicios, facilitando su trazabilidad, conectividad y personalización con el

cliente (Villalonga Jaen et al., 2018). Favorece la fabricación inteligente para diseñar, implantar y gestionar la complejidad de los ecosistemas, proporcionando información en tiempo real, posibilitando así las interacciones autónomas entre sistemas, máquinas y objetos, modelo que permite aprovechar al máximo el IoT, la nube, los Big Data y análisis de estos, ciberseguridad, IoB (Joyanes, 2017).

Tecnologías disruptivas: entendiendo que la palabra disruptiva hace referencia a un cambio determinante o brusco, las tecnologías disruptivas son aquellas que propician cambios profundos bien sea en los procesos o en sus resultados en forma de productos o servicios, que tras una serie de estrategias poco a poco desplaza la tecnología anterior, convirtiéndose así en una innovación disruptiva (Vidal Ledo et al., 2019).

Sistemas ciberfísicos (CPS): caracterizados por la integración y coordinación entre los procesos físicos y los sistemas computacionales, por medio de comunicaciones en red, están por ejemplo los sistemas de control en red NCS los cuales comparten una red de comunicación entre sensores actuadores y controladores; sistemas de control basados en eventos en donde el muestreo periódico no determina el instante de medición, sino un generador de eventos que adapta el flujo de información en la retroalimentación del comportamiento en lazo cerrado del sistema; sistemas de control distribuidos (DCS), en donde cada componente o subsistema está compuesto por uno o más controladores; sistemas de control basados en pasividad (CPB) capaces de solucionar problemas de retardos, pérdidas de información o distorsión; y sistemas

de control inteligente basados en la inteligencia computacional (IC), donde los algoritmos imitan comportamientos humanos o bioinspirados utilizados en el procesamiento y toma de decisión a partir de datos inciertos (Villalonga Jaen et al., 2018).

Sistemas de ciberseguridad: existen amenazas y riesgos digitales, las cuales deben ser analizadas por las empresas, delegando responsables de seguridad para proteger los datos y sistemas de la empresa, protegiendo la información de la misma, bien puede ser por medio de firewalls y sistemas de antintrusión, sistemas antivirus, mecanismos de detección de incidencias, actualizaciones de software (Joyanes, 2017).

Cloud Computing - Computación en la nube: hace referencia a todas las aplicaciones y servicios en internet de datos sincronizados a múltiples dispositivos, redes empresariales y redes sociales, restringidos o no (Vidal Ledo et al., 2019).

Internet of Things IoT - Internet de las cosas: son las redes de sensores que permiten la recopilación de datos y seguimiento de los mismos, para facilitar la toma de decisiones y optimizar procesos (Vidal Ledo et al., 2019).

Internet of Behaviour IoB – Internet del comportamiento: el IoB se extiende del IoT, logrando con la información recolectada, una

personalización al máximo del producto o servicio. Influye en la elección del consumidor, pero a su vez rediseña la cadena de valor acorde a la información que recolecta de este (E-dea networks, s. f.).

Impresoras 3D: aporta a la construcción de nuevos productos con diseños personalizados en software de diseño, siendo ese puente entre el diseño digital y el real, con la impresión generalmente en filamentos plásticos, actualmente se explora en la impresión en otros materiales como el vidrio o biomateriales, que permiten plasmar lo creado e ideado.

Realidad virtual: es la forma más avanzada de relación entre la persona y el ordenador, ya que permite la interacción del usuario con el entorno generado de manera artificial (Vidal Ledo et al., 2019).

Realidad aumentada: hace referencia a la mezcla del mundo real con información virtual, creando así un ambiente de coexistencia en un mismo espacio de objetos reales y virtuales, facilitando por ejemplo la educación (Vidal Ledo et al., 2019).

Big Data: hace referencia a los grandes volúmenes de datos que se pueden transmitir entre objetos inteligentes a través del IoT (Joyanes, 2017).

Machine learning: es la aproximación matemática a construir máquinas inteligentes (Jha et al., 2019).

Inteligencia Artificial IA: combina algoritmos y aplicaciones con el propósito de simular las capacidades del cerebro humano (Vidal Ledo et al., 2019). Se basa en redes neuronales artificiales (ANN), cuya arquitectura básica consiste en tres capas que son la capa de entrada, la capa medio u oculta, y la capa de salida (Jha et al., 2019). Estos softwares son alimentados con datos de entrenamiento, y luego estos pueden generar las salidas deseadas con entradas válidas, como el cerebro humano, siendo parte fundamental el machine learning y deep learning (Talaviya et al., 2020).

Robótica: robots con sensores y controladores que facilitan y mejoran su destreza e inteligencia, utilizados para automatizar tareas.

Blockchain – Cadena en bloques: proporciona una base de datos distribuida basada en una secuencia creciente de bloques, da robustez, seguridad, transparencia y escalabilidad a grandes sistemas de datos, siendo una de sus características más notable la inmutabilidad (Dolader Retamal et al., 2017).

Energías renovables: hacen referencia al uso de fuentes alternativas a los combustibles fósiles para generar energía, generalmente se usan fuentes naturales como son el agua, viento, mareas o energía solar.

5. Innovación y tecnología, aliadas estratégicas en la evolución del agro en sostenibilidad

5.1. Principales problemas de las cadenas de valor de los agronegocios

Es importante que actores y sectores involucrados en la cadena de valor de un agronegocio se unan de manera proactiva y estratégica para identificar los tipos de riesgos, y la tolerancia por parte de las unidades productivas, para así poder gestionarlos y apalancar recursos y competencias para un funcionamiento más integral y eficiente, ya que los riesgos son inherentes al funcionamiento de las cadenas de valor (Calatayud y Ketterer, 2016; IICA, 2010).

Los principales riesgos en el desempeño de las agroempresas se dividen en (IICA, 2010):

- Riesgos que afectan la producción: riesgos por cambio climático, y riesgos en el uso de tecnología inadecuada.
- Riesgos por volatilidad de los precios, la comercialización y el mercado.
- Riesgos financieros: riesgos por iliquidez financiera, riesgos por insolvencia financiera, y riesgos por insuficiencia de capital operativo.
- Riesgos legales y humanos: riesgos por cambios en la política económica y social de los países, riesgos por manejo de recursos humanos.

Dentro de las principales problemáticas y retos de las cadenas de valor en los agronegocios, están:

- A lo largo de las cadenas productivas y de valor, generalmente se establecen intercambios entre actores de dos en dos, por ejemplo, entre el productor y transformador, o entre el transformador y el comerciante, esto refleja que en esos momentos de intercambio, los actores no tengan acceso a la totalidad de las transacciones (Semou Faye, 2017). Es creciente la cantidad de consumidores que quieren trazabilidad de lo que compran y consumen (Brown y Allen, 2011).
- Calatayud y Ketterer (2016), exponen los riesgos de las cadenas de valor en cinco categorías: sistémicos, de mercado, operativos, de crédito y de liquidez, siendo los factores de riesgo más graves las fallas en aprovisionamiento, desastres naturales, incertidumbre regulatoria y política, fallas en procesos logísticos y daños que disminuyan la calidad de los productos o servicios.
- Los índices de precios de productos básicos alimenticios tienen una tendencia decreciente a lo largo de los años (Brown y Allen, 2011).
- La competitividad de una empresa ya no depende de sí misma, sino de los demás actores y empresas conectados a través de la cadena de valor: factores climáticos que afecten al proveedor puede incrementar el riesgo de crédito del productor y elevar los riesgos operativos; si hay una menor demanda de servicios, esto afecta a los operadores logísticos, repercutiendo en menores ventas aumentando el riesgo de liquidez; y un menor aprovisionamiento de bienes puede afectar a mayoristas y minoristas, aumentando la

necesidad de incrementar sus inventarios y disminuir sus ventas por escasez (Calatayud y Ketterer, 2016).

- Pérdidas debido al uso inapropiado de los recursos de energía y agua, así como de los insumos y materia prima.

5.2. ¿Cómo impulsar el desarrollo en las cadenas de valor?

Para lograr aportar a la sostenibilidad de las cadenas de valor de los agronegocios, es vital identificar y reconocer los aspectos débiles de la misma. En este sentido, acorde a la Guía General para el Desarrollo de Cadenas de Valor, elaborada por Nadja Nutz y Merten Sievers en 2016, los principales pasos para el fomento del desarrollo de cadenas de valor son:

1. Selección de sectores: antes de iniciar el análisis de la cadena de valor, es crucial identificar el sector en el cual se puede lograr el mayor impacto:
 - a. Definición de los objetivos y grupo meta
 - b. Criterios de selección
 - c. Evaluación rápida de los sectores económicos
 - d. Reunión consultiva con las partes interesadas
2. Análisis del Sistema de Mercado:
 - a. Mapeo de las Cadenas de Valor: es una herramienta que ayuda a ilustrar las complejidades de los sectores y sus cadenas de valor a través de la representación visual de las conexiones

- i. Mapeo de las cadenas de valor mediante el uso de un diagrama de flujo sencillo
 - ii. Elaboración de un inventario de actores del mercado
 - iii. Ilustrar las oportunidades y limitaciones
 - iv. Identificar los diferentes mercados para un producto o servicio
 - v. Identificar la manera en la que los productos y servicios llegan al mercado final
 - vi. Agregar información al diagrama
 - b. Investigación de las cadenas de valor
 - i. Determinar las limitaciones o déficits específicos y los actores de mercado pertinentes
 - ii. Decidir el contenido de la investigación de la cadena de valor
 - c. Análisis de las Cadenas de Valor y Diseño de las Intervenciones
 - i. Analizar las principales limitaciones identificadas durante la investigación de la cadena de valor
 - ii. Vincular las limitaciones a las reglas y funciones de apoyo específicas dentro del sistema de mercado.
 - iii. Identificar a los actores del mercado que actualmente desempeñan funciones o tienen incentivos para desempeñarlas
 - iv. Formular soluciones sostenibles para el mejoramiento de la cadena de valor
3. Diseño de las intervenciones, desarrollo de las cadenas de valor: se debe desarrollar 'paquetes' de intervenciones a la medida de las

realidades del mercado local para encontrar soluciones a los cuellos de botella y las limitaciones subyacentes de la cadena de valor que impiden la participación de los grupos desfavorecidos:

- a. Resultados sostenibles
 - b. Impacto a gran escala
4. Implementación: Las soluciones sostenibles a los cuellos de botella deben ser entendidas como modelos de negocio capaces de subsistir al finalizar los proyectos o intervenciones financiados con fondos externos. Las intervenciones de los actores privados o públicos tienen que ser sostenibles, crecer en el sistema de mercado y regirse, replicarse y adaptarse a los cambios.
5. Monitoreo y medición de los resultados: el desarrollo de las cadenas de valor y los sistemas de mercado es un proceso continuo que nunca termina:
- a. Selección de indicadores y establecimiento de una teoría del cambio
 - b. Métodos y escala de la recopilación de datos
 - c. Realizar un estudio de referencia

5.3. El rol de la tecnología e innovación dentro de los agronegocios

Lograr la necesaria transformación del sistema agroalimentario actual para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, requiere de innovaciones y tecnologías digitales, que aporten a las soluciones (Trendov et al., 2019). Si bien muchos afirman que el futuro de la agricultura depende de la adopción de soluciones cognitivas, es

importante tener en cuenta los elevados costos que esto implica, por lo que las soluciones deben ser más asequibles para lograr una implementación en masa (Bagchi, 2018).

5.4. Paquete tecnológico

La innovación varía según el contexto de cada productor, entendiendo esta como el utilizar algún método o proceso que es nuevo en relación a lo que ha usado, con la premisa de que genere valor y se base en conocimiento. Acorde a Naranjo González (2004), la estructuración del paquete tecnológico es necesaria para realizar innovación tecnológica, paquete el cual consiste en la **tecnología de equipo** relacionado a las características que debe poseer los bienes de capital necesarios para producir bienes y servicios; **tecnología de proceso** que se relaciona a las condiciones, formas y procedimientos necesarios para combinar los insumos, recursos humanos y bienes de capital; **tecnología del producto** referida a las normas, especificaciones y requisitos generales de presentación y calidad de los productos y servicios; y la **tecnología de operación** relacionado a las normas y procedimientos aplicables a las tecnologías de producto, equipo y proceso necesarias para dar seguridad física a los productos, y por ende calidad y confiabilidad. La innovación en este sentido se puede dar a nivel de producto, de proceso, de marketing y de organización, con el propósito de mejorar los resultados, siendo estos cambios innovadores la aplicación de nuevas tecnologías y conocimientos, que bien pueden ser desarrollados internamente, con colaboración externa, comprado o adquiridos por asesoramientos (NYMUNLAC, 2018).

En los sistemas de innovación agrícola, se hacen necesarias la generación de nuevas ideas, prácticas y tecnologías de amplia adopción, asegurando el uso efectivo y pertinente de los recursos, así como la cooperación, conectando el conocimiento y capacidad global en la innovación (CORPOICA, 2015). En el previamente mencionado Modelo de Quintuple Hélice, las inversiones generan nuevos impulsos y sugerencias para el conocimiento en el sistema educativo, permitiendo un más amplio flujo de salida de innovación desde la ciencia e investigación (Carayannis et al., 2012). Las salidas y entradas se presentan en la Figura 8, siendo la circulación del conocimiento una herramienta fundamental de innovación para contribuir al desarrollo sostenible.

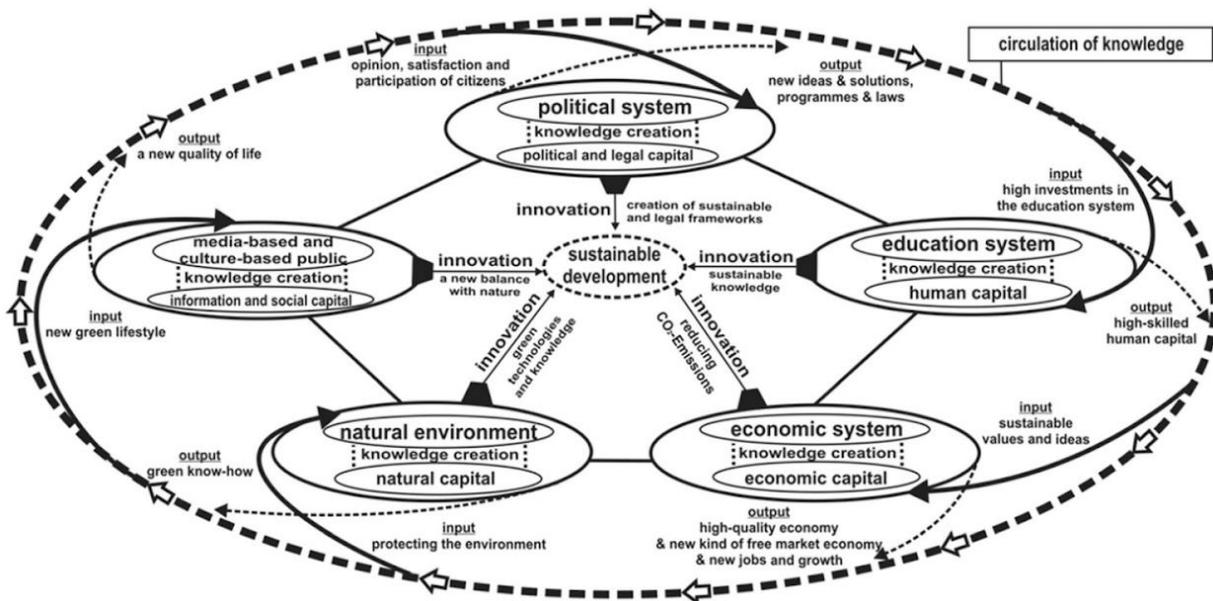


Figura 8: funcionamiento del Modelo Quintuple Hélice.
(Carayannis et al., 2012).

En los agronegocios se utilizan tecnologías dependientes de productos industriales, promoviendo la gran escala para una mayor eficiencia productiva, siendo estrategias ligadas a las innovaciones tecnológicas y gerenciales (Cáceres, 2015). Aprendizaje interactivo e innovación, son centrales en los actuales paradigmas tecno-económicos, en donde la academia impulsa la investigación transdisciplinaria (Scoconi et al., 2016). La innovación tecnológica mencionada es un proceso que consta de seis etapas principales que son: la etapa de análisis de la factibilidad técnica, la formulación de la idea, el conocimiento del estado del arte, etapa de desarrollo, utilización y difusión del producto de la investigación, y la evaluación de lo observado contra lo esperado, tras lo que es importante proteger los resultados del proyecto de investigación con la **propiedad industrial** (Naranjo González, 2004). Por esto la asistencia técnica que se da a las PYME, se enfoca no solo en mejorar habilidades y maquinaria, sino a su vez crear la capacidad en derechos de propiedad intelectual e innovación, y proporcionar el acceso a tecnologías avanzadas (NYMUNLAC, 2018).

Una parte importante del paquete tecnológico del agronegocio ha sido la **siembra directa** que relaciona la dinámica del agua en el suelo con coberturas vegetales, más repercute en la compactación subsuperficial del suelo por el paso de la maquinaria, los **cultivos transgénicos** pensados en aumentar rendimientos y resistencia de los cultivos a plagas, enfermedades y cambios en condiciones climáticas desde la modificación de la semilla, y los **agroquímicos** destinados a combatir plagas y aumentar productividad de los cultivos, siendo los más utilizados los

herbicidas, insecticidas y fertilizantes. Por otro lado en cuanto a innovaciones gerenciales, está la taylorización del proceso productivo que busca organizar la producción de un modo científico y asignar de manera racional los segmentos productivos redefiniendo la naturaleza de las relaciones laborales en el agro, la tercerización de actividades productivas, el arrendamiento e incremento de la escala productiva, y la profesionalización de la producción agropecuaria, donde responsables de empresas agropecuarias deben también conocer sobre cuestiones de mercado, comunicaciones, informática, economía, leyes, entre otros aspectos que deben ser integrales en los agronegocios (Cáceres, 2015). En el sector pecuario, los agronegocios tienen un enfoque de productividad, salud de los animales, y facilitar procesos a los trabajadores, así, se tiene la inseminación artificial, las cercas eléctricas (Roche, 2020), automatización del ordeño, entre otras.

5.5. Pertinencia de los desarrollos tecnológicos en el agro.

Es importante la integración de conceptos y procesos, desligar que un crecimiento ecológico y sostenible, excluye el uso de tecnología, o que los agronegocios y su tecnificación, han sido la razón de las problemáticas de sobre fertilización, monocultivos, daños en el suelo, ya que se ha llegado a considerar a los agronegocios como la máxima expresión del capitalismo (Paz, 2017). Estas han sido repercusiones debidas a su mal uso, uso innecesario, y uso sin conocimientos de base. Debe entenderse que, un uso eficiente, certero y eficaz de la tecnología, puede mejorar la productividad, sin incidir en la naturaleza de los procesos o en grandes

repercusiones medioambientales. Esto requiere un profundo esfuerzo de parte de gran cantidad de actores de la sociedad, así como de investigar en términos de pertinencia. Por ejemplo, en los negocios verdes, para mejorar el uso del agua, tecnologías de riego, reúso, tratamiento y limpieza pueden permitir la conservación de este recurso, para la conservación de suelo y subsuelo, tecnologías que midan las necesidades del mismo y logren evitar el uso excesivo de fertilizantes sintéticos y pesticidas pueden ser una herramienta valiosa, o la investigación y desarrollo de fuentes alternativas de energía a las fósiles, siendo un concepto que va más allá de la producción de biocombustibles, podrían mejorar los procesos productivos (IICA, 2010). Es importante en este sentido, entender que es primordial identificar las necesidades y métodos de solución, des estigmatizar la tecnología en el agro va de la mano a que su uso sea pertinente y preciso, entendiendo que a menudo se proponen soluciones de tipo tecnológico, a problemas cuya naturaleza es no tecnológica, por esto la importancia de entender que las perspectivas innovadoras, integran caminos, aplicaciones y corrientes de pensamiento (Cáceres, 2015).

Áreas que impulsan la productividad como el riego y el drenaje, la investigación, el acceso a créditos, tierras, infraestructura de transporte y entorno político, son las complementariedades y las sinergias, impulsores claves de la eficacia; así como la capacidad y el trabajo analítico pueden resaltar problemas y crear conciencia, cuando la capacidad es débil (IEG et al., 2010). Acorde a CORPOICA (2015), el actual escenario impone a las instituciones de investigación, de desarrollo

y vinculación tecnológica, renovar los conceptos de desarrollo e innovación en la agricultura, para avanzar a una investigación integradora con la capacidad de desarrollar meta análisis. A su vez a la sociedad, el volver a confiar en la tecnología, sin que esto implique una dependencia, sino una ayuda y respaldo. Esto conlleva fuertes retos y desafíos profundizados por Trendov et al. (2019).

Las tecnologías incorporadas a y por los agronegocios, generan transformaciones que trascienden el campo tecnológico, redefiniendo las relaciones entre la tierra, el capital y el trabajo con los productores (Cáceres, 2015). De aquí la importancia en la inversión en tecnología en el agro, ya que se garantiza el potencial para un desarrollo industrial inclusivo y sostenible, así como un crecimiento continuo de la productividad, todos los problemas de desarrollo tienen soluciones, más estas no siempre están en donde se presentan aquellos problemas, por ende es vital la transferencia de tecnología, para que estas estén a disposición para un uso más amplio y preciso a donde se necesitan, facilitando también así la mano de obra calificada (NYMUNLAC, 2018).

Igualmente, integrar a los sistemas de producción agrícola y pecuaria un valor agregado más allá del tipo de productos, como por ejemplo los créditos de carbono como medio de medir la reducción de efecto invernadero y calentamiento global, son agronegocios con incentivos que no implican más que integración de conceptos, metodologías y alianzas, y repercuten en bienes mayores y globales (IICA, 2010). Bhandari y Vipin (2016), señalan la importancia de analizar la cadena de valor en una

metodología de dos pasos, ligada a obtener una puntuación de la eficiencia técnica mediante un análisis envolvente de datos, y explicar tales puntuaciones utilizando mínimos cuadrados (citados por Clay y Feeney, 2019, p.39).

5.6. Aplicaciones tecnológicas en los agronegocios

Existe una actual y creciente hibridación del mundo físico y el mundo digital, bien sea mediante sistemas de captación de información, o sistemas de materialización de la misma, seguida de comunicaciones y tratamiento de datos como habilitadores para esta hibridación, y aplicaciones de gestión intra e interempresarial en donde se procesa la información (Joyanes, 2017). Con las industrias móviles, inalámbricas e internet en auge, tecnologías de información y comunicación TIC (ICT por sus siglas en inglés), se han afianzado hasta en pequeñas explotaciones agrícolas, incluyendo cualquier dispositivo, herramienta o aplicación, que facilite la recopilación e intercambio de datos a través de interacción y transmisión. Ha aumentado su asequibilidad, accesibilidad y adaptabilidad con la proliferación de dispositivos pequeños, infraestructura y aplicaciones especiales, dando lugar a su amplio uso hasta dentro de granjas rurales (The World Bank, 2017).

La **conectividad generalizada y de bajo costo** en teléfonos móviles, internet y otros dispositivos inalámbricos con una amplia y creciente cobertura de señal en áreas rurales, las **herramientas adaptables y**

más asequibles gracias a la innovación que ha reducido el precio de compra de teléfonos, computadores portátiles, instrumentos científicos y software especializado, junto al diseño intuitivo de muchas tecnologías con la capacidad de transmitir información útil y fácil, los **avances en el almacenamiento e intercambio de datos** lo que ha creado oportunidades de involucrar más a las partes interesadas en la investigación agrícola, los **modelos de negocio innovadores y asociaciones** donde las aplicaciones móviles, el diseño de software, personalización del idioma local y servicios de transacciones remotas son oportunidades para la innovación continua, donde empresas privadas que invierten en tecnología tienen un amplio interés en trabajar con el sector público para llegar a pequeños agricultores y productores, y la **democratización de la información**, el **acceso abierto** y las **redes sociales** han permitido la visibilización de instituciones e individuos, el compartir conocimiento entre las organizaciones y actores, y el usar las redes sociales para conocimiento y colaboración, más allá que neto entretenimiento, han sido las cinco principales tendencias impulsoras del uso de las TIC en la agricultura en países en desarrollo (The World Bank, 2017).

Tal y como mencionan Trendov et al. (2019), la revolución agrícola digital puede ayudar a que la agricultura logre satisfacer las necesidades de la población mundial a futuro, modificando todas las partes de la cadena agroalimentaria, permitiendo gestionar los recursos de tal manera que el sistema logre ser inteligente y prospectivo. Esto requiere condiciones básicas de disponibilidad, conectividad, asequibilidad, alfabetización

electrónica, TIC, educación digital y políticas estratégicas, así como condiciones propicias habilitadoras que son el uso del internet, teléfonos móviles, redes sociales aptitudes digitales y apoyo a innovaciones agroempresariales.

En cuanto a toda la cadena de valor, existen programas informáticos que pueden simplificar procesos de compra, producción y distribución, permitiendo a las empresas agropecuarias responder mejor a los retos medioambientales, convirtiendo los agronegocios en sistemas más eficientes en costos (Trendov et al., 2019). Un ejemplo es MyCrop, que consiste en una plataforma colaborativa que al tener datos de geocartografía, planificación de cultivos, datos de condiciones atmosféricas, suelos y plagas en tiempo casi real, permite una gestión y automatización personalizada para cada productor.

Los agricultores pueden a través del IoT recibir recomendaciones personalizada; el programa Microsoft FarmBeats, es una plataforma desarrollada de extremo a extremo que utiliza sensores de bajo costo, drones y algoritmos de aprendizaje automático, para incrementar la rentabilidad y productividad de las granjas (Cardona, 2019). Un ejemplo del IoT en la agricultura, es la agricultura de precisión, en donde el uso de sistemas de orientación para siembra y fertilización, generan ahorro en insumos y tiempos, de la mano con tecnologías de dosis variable (Trendov et al., 2019).

En la agricultura, la inteligencia artificial ayuda a supervisar cada etapa de los ciclos productivos, mejorando el uso de recursos con el respaldo de toma de decisiones rápidas por modelos predictivos en sistemas de seguimiento continuo (Trendov et al., 2019). Las ANN traen beneficios como el poder predecir y pronosticar sobre la base de un razonamiento paralelo, ayudando en problemas como las enfermedades de los cultivos, manejo de malezas, control de plaguicidas y falta de instalaciones de riego y drenaje (Jha et al., 2019). Existen cinco áreas principales de la IA en la agricultura, presentados por Bagchi (2018), que son:

- El crecimiento impulsado por el IoT, donde el amplio volumen de datos climatológicos, de suelos, imágenes satelitales, de drones y datos en relación a plagas y enfermedades, pueden a través del IoT, generar ideas para el rendimiento de cultivos, utilizando principalmente la detección de proximidad y remota, y soluciones de hardware que combinan software de recolección de datos.
- Generación de información basada en imágenes, donde gracias a los datos obtenidos por drones, los agricultores pueden garantizar acciones rápidas con alertas en tiempo real en cuanto a detección de enfermedades, identificación de radiación, riego de cultivos y fertilización.
- Identificación de mezcla óptima de productos agrícolas, en donde se usan diversos parámetros como tipo de semillas, condiciones del suelo, pronóstico del tiempo y demás, que unidas a soluciones cognitivas dan recomendaciones y guías a los agricultores según lo deseado interna y externamente.
- Monitoreo de salud de los cultivos, usando técnicas de teledetección, imágenes hiperespectrales y escaneos láser 3D, que

permiten un monitoreo de los cultivos mucho más completos para control de los mismos.

- Técnicas de automatización en riego y conexiones de agricultores, permiten aumentar el rendimiento general del recurso hídrico con máquinas capacitadas en historiales climáticos, calidad y tipos de suelo y tipos de cultivo.

Como mencionan Talavita et al. (2020), la IA en la agricultura contribuyen en distintas maneras como el reconocimiento de imágenes y percepción con el uso de drones, habilidades y mano de obra con la minimización de pérdidas y cargas laborales, maximización de las salidas, y chatbots para los agricultores. Un ejemplo es “el cerebro agrícola ET” de Alibaba Group Holding, que utiliza el reconocimiento facial, de temperatura y voz, para evaluar la salud de cada cerdo, así como seguimiento de posiciones de dormir o hábitos alimenticios, permitiendo identificar si una cerda está preñada, detectando animales enfermos entre otros beneficios (Trendov et al., 2019). En Latinoamérica está “e-diagnóstico”, una guía de apoyo para el diagnóstico de enfermedades porcinas, con medidas terapéuticas, y recomendaciones de bioseguridad, siendo su uso netamente de consulta (González, 2021).

En la Universidad Nacional de Colombia desarrolló un dispositivo con el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, que se basa de unos sensores instalados en la oreja derecha del animal, recogiendo datos del movimiento de los animales monitoreando su tránsito (López, 2020b). Está también la aplicación Control Ganadero, que permite un control de

los animales, desde su parte genética, control desde la reproducción, las vacunas, en general permite llevar una “hoja de vida” del animal, facilitando su trazabilidad, ya que contar con un historial detallado, aumentando el valor del animal (López, 2020c). Otro ejemplo, es que se puede detectar la mastitis en las vacas lecheras con cámaras termográficas que son receptivas de radiación infrarroja, con un 96% de confiabilidad, tras un proceso de obtención y etiquetado de termogramas, procesamiento y segmentación de las características y clasificación con diagnóstico automático (López, 2020a).

También está el desarrollo de aplicaciones que permitan a los productores conocer precios de mercado que permitan disminuir distorsiones comerciales, como M-Farm en Kenya; o aplicaciones relacionadas a cambio climático que ayuden a anticiparse y responder, gracias a mensajes de texto (Trendov et al., 2019). Emprendimientos como AgrodatAi, que es una plataforma que permite, a través de diversas fuentes de información como Google Maps, Google Earth Engine, Google Cloud, DialogFlow, Data Lake Carto y Twilio, la toma de decisiones relacionadas a oferta, demanda, precios, clima, mercados, calendarios de cosecha, por medio de indicadores, pronósticos, notificaciones y alertas que repercuten en una mejor competitividad (González, 2020).

En relación a los robots en la agricultura, la robótica y sistemas autónomos (RAS), son usados en tecnologías de **riego inteligente**, cuya actuación se basa en microcontroladores que prenden o apagan las bombas de riego, según los niveles de humedad detectados con métodos

dieléctricos y moderación de neutrones; y **deshierbe** diferenciando los cultivos de la maleza por procesamiento de imágenes según colores y formas, realizando el deshierbe por químicos, método de descarga de pulso de alto voltaje (Talaviya et al., 2020). Los robots agrícolas pueden entonces ayudar a optimizar el uso del agua, así como a medir y cartografiar sus cultivos, pudiendo igualmente reemplazar los pesados tractores que generan compactación evitando la aireación del suelo y perjudicar sus funciones (Trendov et al., 2019).

Igualmente está el importante rol de los drones, los cuales pueden contribuir a la siembra, irrigación, análisis de suelos, monitoreo de cultivo, para la pulverización, y valoración en la salud de los cultivos (Talaviya et al., 2020).

Están también tecnologías en Block Chain, para obtener precisión en la trayectoria de un alimento (o grupo de alimentos) con el registro de todas las transacciones entre actores de las cadenas de agronegocios (Semou Faye, 2017), y así detectar en las cadenas alimenticias, alimentos de mala calidad, para poder responder de manera temprana y eficiente (Trendov et al., 2019). Un ejemplo de esto lo realiza Walmart, donde proveedores de hortalizas de hoja verde deben suministrar información en una base de datos de IBM, realizando así un seguimiento más completo de sus alimentos, reforzando conocimientos digitales y destacando la calidad de los alimentos frescos en las ventas, permitiendo detectar contaminaciones o malos manejos. Son entonces registros con la noción de transparencia como pilar (Semou Faye, 2017).

5.7. Panorama internacional

En relación a las referencias internacionales de políticas e instituciones orientadas a la promoción de tecnología 4.0 en la maquinaria agrícola, se tiene a Estado Unidos con *clusters* regionales de I+D orientados a las Agtech (agricultura 4.0) siendo las principales fuentes de oportunidades y de ventajas para las empresas multinacionales del agronegocio; China con iniciativas como el desarrollo de plataformas digitales como ET Agricultural Brain que combina inteligencia artificial AI con Big Data, mejorando la productividad con modelos predictivos de gestión, además de estrategias de articulación entre empresas de telecomunicaciones y actores de las cadenas agroindustriales, así como amplios instrumentos de apoyo a empresas y start ups, y un programa piloto para la automatización de la agricultura, con importación de tecnología en automatización en irrigación y robotizados israelí de la empresa Roots Sustainable Agricultural Technologies Ltd; Australia ha optado por un modelo de importación de tecnología realizando acuerdos de cooperación con grandes empresas multinacionales de agronegocios, por ejemplo tecnología Agtech de parte de Cisco, que instaló una plataforma de gestión agrícola *Farm Decision Platform* FDP, diseñada como un sistema abierto en que distintas aplicaciones de software agrícola pueden ser desarrolladas o implementadas (CEPAL, 2019).

6. Los agronegocios en Colombia

Para lograr una mayor competitividad a nivel nacional e internacional, en Colombia se deben tomar estrategias como ampliar la visión de lo que se entiende por agronegocio quitando la concentración de éste en la producción de materias primas o explotación pecuaria, diversificando los productos y servicios de acuerdo a las nuevas exigencias sociales y de mercado; lograr las integraciones verticales y horizontales, donde la innovación y avances tecnológicos son pilares para aumentar los beneficios; y la mayor educación y mejor generación de conocimiento, los cuales afectan de manera directa la competitividad de los agronegocios (Ramírez-Castellanos, 2013). Por ejemplo, en el sector lechero, en cuanto a alimentación se usan suplementos con alimentos balanceados, ensilaje y minerales, en cuanto a calidad y sanidad de la leche se usan tanques fríos, ordeño mecánico, en la gestión del hato registros y asistencia técnica, en reproducción la inseminación artificial y diagnósticos de gestación, en la gestión ambiental cercos vivos, silvopastoreo y actividades de reforestación, y en la conservación de forrajes siembras de pasto de corte, ensilaje y henificación (Dursun Barrios et al., 2019).

La adopción de tecnologías digitales en el sector agropecuario, se basa en un índice que combina la **penetración de tecnologías digitales en empresas** en términos de adopción de banda ancha, internet e informática de gestión, **digitalización de la cadena de suministros** por ejemplo con canales electrónicos para adquirir insumos y transacciones electrónicas, uso de **tecnologías digitales en los estadios de**

procesamiento y transformación de producto en la cadena de valor, y la **digitalización de canales de distribución** medida por ejemplo en el uso de canales electrónicos para venta de productos (MinTIC et al., 2019). Algunos ejemplos de aplicaciones especializadas en el agro, varían desde software de contabilidad para la gestión financiera, uso de los celulares como una plataforma de intercambio de información a través servicios de mensajería corta SMS, sistemas de posicionamiento global (GPS), uso de sensores o conexión a estaciones meteorológicas para estar preparados a cambios en las condiciones ambientales, hasta cámaras y videos como material para elevar la calidad de producción y marketing (The World Bank, 2017).

En relación con la adopción de infraestructura el 93% de las empresas del sector agropecuario usan internet, 90% los hacen a través de una red contratada y 92% tienen computadores y/o laptops, más sólo el 57% de los empleados utilizan internet para sus labores (MinTIC et al., 2019). En cuanto a la cadena de suministros y canales de distribución, solo el 24% de las empresas del sector agropecuario realizan compras de insumos a través de internet, el 73% de las empresas del sector usan internet para obtener información del gobierno y un 45% interactúan digitalmente con el mismo (MinTIC et al., 2019). En relación a la asimilación de tecnologías digitales maduras en los canales de distribución, el índice de digitalización del sector agropecuario es de 25, el 17% de las empresas del sector usan internet para sus ventas, solo el 28% de empresas del sector tienen presencia en redes, adicionalmente solo el 35% de las empresas del sector reciben órdenes de compra por internet (MinTIC et al., 2019).

Los índices de adopción de tecnologías avanzadas se presentan en la siguiente tabla (Tabla 6-1), y los resultados de la adopción de tales tecnologías en Colombia y en el sector agropecuario (Tabla 6-2).

Tabla 6-1: Índices de adopción de tecnologías avanzadas, con pilares de infraestructura, procesamiento y distribución. (MinTIC et al., 2019).

Pilar	Indicadores
Infraestructura	Porcentaje de empresas con sistemas de ciberseguridad Porcentaje de empresa con sistemas de ciberseguridad en plan de implementación Porcentaje de empresas con computación en la nube Porcentaje de empresa con computación en la nube en plan de implementación
Procesamiento	Porcentaje de empresas con sensores/M2M/Internet de las cosas Porcentaje de empresas con sensores/M2M/Internet de las cosas en plan de implementación Porcentaje de empresas con robótica Porcentaje de empresas con robótica en plan de implementación Porcentaje de empresas con impresoras 3D Porcentaje de empresas con impresoras 3D en plan de implementación Porcentaje de empresas con realidad virtual Porcentaje de empresas con realidad virtual en plan de implementación
Distribución	Porcentaje de empresas con <i>big data</i> Porcentaje de empresas con <i>big data</i> en plan de implementación Porcentaje de empresas con inteligencia artificial Porcentaje de empresas con inteligencia artificial en plan de implementación Porcentaje de empresas con <i>block chain</i> Porcentaje de empresas con <i>block chain</i> en plan de implementación

Tabla 6-2: resultados de la adopción de tecnologías avanzadas en Colombia al año 2017. (MinTIC et al., 2019).

Pilar	Tecnología	Colombia		Sector Agropecuario	
		Actual	Futuro	Actual	Futuro
Infraestructura	Ciberseguridad	25.8 %	36.7 %	15.3 %	22.9 %
	Computación en la nube	19.5 %	27.6 %	12.7 %	17.3 %
Procesamiento	Internet de las cosas	8.4 %	13.7 %	2.5 %	6.6 %
	Robótica	1.4 %	4.1 %	0.8 %	2.8 %
	Impresión 3D	2.6 %	6.8 %	1.5 %	3.8 %
	Realidad virtual	1.3 %	5.3 %	0.5 %	1.3 %
Distribución	Big data	5.3 %	6.8 %	2.3 %	4.3 %
	Inteligencia artificial	2.5 %	3.6 %	0.5 %	0.5 %
	Blockchain	2.6 %	6.7 %	1.0 %	1.0 %

La digitalización en los sistemas agropecuarios y sus cadenas de valor debe realizarse con cuidado de no aumentar la brecha digital entre quienes poseen la capacidad de adoptar nuevas tecnologías y quienes no, siendo un desafío que requiere un enfoque sistemático y holístico para aprovechar todas las ventajas posibles (Trendov et al., 2019).

La política de Ciencia, Tecnología e Innovación en el país se está desarrollado entorno a un enfoque transformativo, buscando una transición a la sostenibilidad social ambiental y económica de los actuales sistemas tecnológicos y sociales; esto a través de una orientación del potencial de la innovación y la ciencia, junto a las vinculaciones activas y el diálogo (Colciencias, 2019).

6.1. Legislación y normativa en materia de agroindustria, ciencia y tecnología, sostenibilidad, y afines.

A continuación, se presentan unas de las principales leyes, decretos y resoluciones relacionadas a los agronegocios, innovación en los mismos, sostenibilidad y afines, en orden cronológico:

- ✓ Ley 165 de 1994, por la cual se aprueba el Convenio de Diversidad Biológica cuyo objetivo es perseguir la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada.
- ✓ Ley 170 de 1994, "por medio de la cual se aprueba el Acuerdo por el que se establece la "Organización Mundial de Comercio (OMC)", suscrito en Marrakech (Marruecos) el 15 de abril de 1994, sus acuerdos multilaterales anexos y el Acuerdo Plurilateral anexo sobre la Carne de Bovino".
- ✓ Ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- ✓ Ley 607 de 2000, "Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología".

- ✓ Ley 629 de 2000, por medio de la cual se aprobó el Protocolo de Kioto en Colombia.
- ✓ Ley 731 de 2002, por la cual se dictan normas para favorecer a las mujeres rurales.
- ✓ Ley 740 de 2002, por medio de la cual se aprueba el “Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica”.
- ✓ Ley 811 de 2003, por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones.
- ✓ Ley 822 de 2003, por la cual se dictan normas relacionadas con los Agroquímicos Genéricos.
- ✓ Decreto 4003 de 2004, por el cual se establece el procedimiento administrativo para la elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos, medidas sanitarias y fitosanitarias en el ámbito agroalimentario.
- ✓ Resolución 186 de 2007, por la cual se adopta el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización, y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos.
- ✓ Ley 1196 de 2008, por medio de la cual se aprueba el “Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes”.
- ✓ Ley 1252 de 2008, por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

- ✓ Ley 1286 de 2009, modifica la Ley 29 de 2009, "Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias".
- ✓ Ley 1345 de 2009, por medio de la cual se aprueba el "Convenio de Cooperación Comercial entre el Gobierno de la República de Turquía".
- ✓ Ley 1352 de 2009, por medio de la cual se aprueba el "Convenio del Programa Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria", Enmendado, y el "Convenio de Administración del Programa Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria".
- ✓ Ley 1372 de 2009, Por medio de la cual se aprueba el "Acuerdo de Libre Comercio entre la República de Colombia y los Estados AELC", el "Memorando de Entendimiento relativo al Acuerdo de Libre Comercio entre la República de Colombia y los Estados de la AELC" y el "Canje de Notas respecto del Capítulo 4 del Acuerdo de Libre Comercio entre la República de Colombia y los Estados AELC", suscritos en Ginebra; el "Acuerdo sobre Agricultura entre la República de Colombia y la Confederación Suiza", hecho en Ginebra; el "Acuerdo sobre Agricultura entre la República de Colombia y la República de Islandia", hecho en Ginebra; y el "Acuerdo sobre Agricultura entre la República de Colombia y el Reino de Noruega", hecho en Ginebra.
- ✓ Ley 1375 de 2009, por la cual se establecen las tasas por la prestación de servicios a través del Sistema Nacional de Identificación y de Información del Ganado Bovino, Sinigán.

- ✓ Decreto 2803 de 2010, “Por el cual se reglamenta la Ley 1377 de 2010, sobre registro de cultivos forestales y sistemas agroforestales con fines comerciales, de plantaciones protectoras - productoras la movilización de productos forestales de transformación primaria y se dictan otras disposiciones”.
- ✓ Resolución 2734 de 2010, que establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio.
- ✓ Decreto 2667 de 2012, por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.
- ✓ Resolución 683 de 2012, por medio de la cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano.
- ✓ Ley 1659 de 2013, “por la cual se crea el Sistema Nacional de Identificación, Información y Trazabilidad Animal”.
- ✓ Resolución 2674 de 2013, por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto-ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones. Tiene por objeto establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o

registro sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública, con el fin de proteger la vida y la salud de las personas.

- ✓ Ley 1731 de 2014, por medio de la cual se adoptan medidas en materia de financiamiento para la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial, y se dictan otras disposiciones relacionadas con el fortalecimiento de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- ✓ Decreto 1071 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural.
- ✓ Decreto 280 de 2015, por medio del cual se crea la Comisión Interinstitucional de Alto Nivel para el alistamiento y la efectiva implementación de la Agenda de Desarrollo Post 2015 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- ✓ Decreto 298 de 2016, el cual establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático SISCLIMA.
- ✓ Ley 1876 de 2017, por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones.
- ✓ Ley de Cambio Climático 1931 de 2018, por la cual se establecen las directrices para la gestión del cambio climático.

Para planificar un proyecto de solución sostenible en los agronegocios con herramientas tecnológicas e innovadoras, es necesario que las alternativas postuladas hayan sido previamente contempladas dentro del marco legal y normativo, conociendo los límites, posibilidades y

restricciones. Este es entonces, un paso primordial para realizar de manera correcta un proyecto, para generar la robustez deseada, evitando futuros inconvenientes de distinta índole. Llevar a cabo este importante paso, de manera atenta y completa, permite una correcta interacción entre los sistemas naturales, económicos, y sujetos y actores de cada sector a tratar, siendo así los cimientos para una correcta planificación y por ende ejecución.

7. Cuestionario

Concluidos los capítulos relacionados a Objetivos de Desarrollo Sostenible, Tecnología e Innovación para los Agronegocios, la información tratada a lo largo del documento permite dar respuesta a distintas preguntas planteadas a continuación para reflexionar sobre lo aprendido.

1. ¿Incorporar el componente de sostenibilidad en los agronegocios y sus eslabones es cuestión de marketing, productividad, competitividad, interacción armónica con el ambiente, y/o contribución a una agenda global mayor que repercute de manera recíproca en los actores de las cadenas de valor? ¿Con qué objetivo base aportaría a una evolución en sostenibilidad dentro de los agronegocios?
2. ¿Hablar de innovación involucra conocimiento científico, cambios tecnológicos y valor económico? ¿Representa la innovación un concepto con mayor profundidad dentro de los agronegocios y el Modelo Quíntuple Hélice?

3. Entendiendo los principales problemas que han acarreado históricamente la integración de tecnología y agronegocio ¿qué aspectos son necesarios a la hora de plantear propuestas de solución tecnocientíficas en las cadenas de valor productivas? ¿Qué estrategias se pueden llevar a cabo para no aumentar las brechas digitales y sociales evidenciables en la actualidad?

8. Conclusiones y/o recomendaciones

Los agronegocios requieren alinearse al contexto cambiante y contribuir a los distintos Objetivos de Desarrollo Sostenible, entendiendo las tensiones y sinergias entre ellos, en donde la tecnología y la innovación aplicadas con pertinencia, juegan un rol fundamental en estrategias de sostenibilidad. Se deben plantear alternativas de solución estrechamente ligadas a las necesidades identificadas con especial atención en los distintos eslabones de las cadenas de valor, cuidando así que las propuestas en tecnología e innovación estén alineadas con procedencia al problema, representando así un desafío que la digitalización en los sistemas agrícolas, pecuarios, ambientales y forestales no aumenten brechas que aporten de manera negativa al desarrollo sostenible en los territorios.

Se recomienda acceder al Objeto Virtual de Aprendizaje “Tecnociencia para el desarrollo de entornos tecnológicos, sostenibles e innovadores para los agronegocios” por Sepúlveda (2021), resultado de un ejercicio de consolidación de elementos y recursos que favorecen este documento.

Lista de figuras

Figura 1: esquema cadena de valor	12
Figura 2: ejemplo de cadena de valor en una organización agrícola. ...	13
Figura 3: Cadenas de valor como parte del marco de sistemas de mercado.....	14
Figura 4: Organización ODS, entendiendo la biosfera como base del desarrollo	21
Figura 5: concepto de Modelo Quíntuple Hélice.....	23
Figura 6: diagrama sistémico de la economía circular.....	24
Figura 7: Sinergia entre sostenibilidad de cadenas de valor, servicios ecosistémicos y desarrollo económico.	26
Figura 8: funcionamiento del Modelo Quíntuple Hélice.	41

Lista de tablas

Tabla 6-1: Índices de adopción de tecnologías avanzadas, con pilares de infraestructura, procesamiento y distribución	56
Tabla 6-2: resultados de la adopción de tecnologías avanzadas en Colombia al año 2017	57

Bibliografía

- Adenle, A., Chertow, M., Moors, E., & Pannell, D. (Eds.). (2020). *Science, Technology and Innovation for Sustainable Development Goals*. Oxford University Press.
https://books.google.com.co/books?id=kobxDwAAQBAJ&pg=PA467&dq=agribusiness+innovation&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwialO_7s4_vAhUExVkkHTTcByQQ6AEwAXoECAgQAg#v=onepage&q=agribusiness+innovation&f=false
- Arimary, L. (noviembre 2010). *La Cadena de Valor*.
<https://www.luisarimany.com/la-cadena-de-valor/>
- Bagchi, A. (2018). Artificial intelligence in agriculture. En *Mindtree* (p. 5).
[https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(00\)00132-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(00)00132-0)
- Brown, B., & Allen, T. (2011). Problems in Agribusiness. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29(Agropecuaria A.C.), 634–644.
- Cáceres, D. (2015). Tecnología agropecuaria y agronegocios. La lógica subyacente del modelo tecnológico dominante. *Mundo agrario*, 16(31), 31.
- Calatayud, A., & Ketterer, J. A. (2016). Gestión integral de riesgos para cadenas de valor. En *Notas técnicas*.
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gestión-integral-de-riesgos-para-cadenas-de-valor.pdf>
- Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. (2012). The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(1), 2.
<https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>

- Cardona, A. O. (2019, enero). IOT, MACHINE LEARNING, BIG DATA Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PUEDEN AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN 45%. *AGRONEGOCIOS*. <https://www.agronegocios.co/tecnologia/iot-machine-learning-big-data-y-la-inteligencia-artificial-pueden-aumentar-la-productividad-en-45-2813563>
- CEPAL. (2019). Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe Gracias por su interés en esta. *Naciones Unidas*, 1-152. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44954/1/S1901011_es.pdf
- Clay, P. Mac, & Feeney, R. (2019). Analyzing agribusiness value chains: A literature review. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22(1), 31-46. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0089>
- Colciencias. (2019). *Libro verde 2030. Política Nacional de Ciencia e Innovación*. <http://libroverde2030.gov.co/wp-content/uploads/2018/05/LibroVerde2030.pdf>
- CORPOICA. (2015). *Misión para la transformación del campo. Diagnóstico*. 1-71. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Agriculturapecuarioforestal_y_pesca/Diagnostico_de_la_Ciencia_Tecnologia_e_Innovacion_en_el_Sector_Agropecuario-CORPOICA.pdf
- Correa Assmus, G. (2017). El deber ser en los agronegocios. *Revista de la Universidad de La Salle*, 2017(72), 253.
- Dolader Retamal, C., Bel Roig, J., & Muñoz Tapia, J. (2017). La blockchain : fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. *Economía industrial*, 405, 33-40.

- Dursun Barrios, F., Restrepo-Escobar, J., y Cerón-Muñoz, M. (2019). Adopción tecnológica en agronegocios lecheros. *Livestock Research for Rural Development*, 8(31). <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd31/8/cero31116.html>
- E-dea networks. (s. f.). *Lo que debes saber de Internet de los comportamientos (IoB)*. <https://www.e-dea.co/blog/internet-comportamientos-iob>
- Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Hacia una Economía Circular - Resumen Ejecutivo*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf
- FAO. (2013). *Agroindustrias para el desarrollo* (C. A. da Silva, D. Baker, A. W. Shepard, C. Jenane, y S. Miranda da Cruz (Eds.)).
- FAO. (2015). *La FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_541432.pdf
- FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2020). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. En *2020*.
- FSIN. (2020). GLOBAL REPORT ON FOOD CRISES: Acute food insecurity and malnutrition forecasts for 2020. En *Food Security Information Network*. <https://www.wfp.org/publications/2020-global-report-food-crises>
- González, X. (2020, septiembre). AGRODATAI, EL EMPRENDIMIENTO QUE BUSCA CONECTAR A LOS ACTORES DEL AGRO CON LA TECNOLOGÍA. *AGRONEGIOS*. <https://www.agronegocios.co/tecnologia/agrodatai-el-emprendimiento-que-busca-conectar-a-los-actores-del-agro-con-la-tecnologia-3060055>

- González, X. (2021, febrero). "E-DIAGNÓSTICO", LA APLICACIÓN QUE SIRVE DE GUÍA EN EL ANÁLISIS DE ENFERMEDADES PORCINAS. *AGRONEGOCIOS*. <https://www.agronegocios.co/tecnologia/e-diagnostico-la-aplicacion-que-sirve-de-guia-en-el-analisis-de-enfermedades-porcinas-3126142>
- HBS. (s. f.). *Value Chain*. <https://www.isc.hbs.edu/strategy/business-strategy/Pages/the-value-chain.aspx>
- IEG, BANK, W., IFC, & MIGA. (2010). Growth and Productivity in Agriculture and Agribusiness. En *Growth and Productivity in Agriculture and Agribusiness*. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8606-4>
- IICA. (2010). *Desarrollo de los agronegocios y la agroindustria rural en América Latina y el Caribe*.
- Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. (2019). A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2019.05.004>
- Joyanes, L. (2017). Ciberseguridad la colaboración público-privada en la era de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0 versus ciberseguridad 4.0). *Cuadernos de estrategia*, ISSN 1697-6924, N. 185, 2017 (Ejemplar dedicado a: Ciberseguridad: la cooperación público-privada), págs. 19-64, 185, 19-64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6115620>
- Konig, G., da Silva, C. A., & Mhlanga, N. (2013). Enabling environments for agribusiness and agro-industries development. En *Biotecnología Aplicada* (Vol. 26, Número 4).
- López, J. (2020a, septiembre). LA MASTITIS EN BOVINOS SE PODRÍA DETECTAR POR MEDIO DEL USO DE CÁMARAS TERMOGRÁFICAS. *AGRONEGOCIOS*. <https://www.agronegocios.co/tecnologia/la-mastitis-en->

[bovinos-se-podria-detectar-por-medio-del-uso-de-camaras-termograficas-3061672](#)

López, J. (2020b, octubre). PRIMERAS PRUEBAS DEL NUEVO DISPOSITIVO QUE PERMITE RASTREAR EL GANADO POR EL ABIGEATO.

AGRONEGOCIOS. <https://www.agronegocios.co/tecnologia/primeras-pruebas-del-nuevo-dispositivo-que-permite-rastrear-el-ganado-por-el-abigeato-3077432>

López, J. (2020c, octubre). "TENEMOS LA APP QUE PERMITE HACERLE UNA HOJA DE VIDA AL GANADO, SEGUIMIENTO PRECISO". AGRONEGOCIOS.

<https://www.agronegocios.co/tecnologia/tenemos-la-app-que-permite-hacerle-una-hoja-de-vida-al-ganado-seguimiento-preciso-3075576>

MinTIC, ICC, & CCB. (2019). *PLAN DE ACCIÓN PARA EL ACELERAMIENTO DE LA DIGITALIZACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO.*

Moya, R. (30 de enero de 2017). *Cadenas Globales de Valor.* Medium.

<https://medium.com/@RobMoya/cadenas-globales-de-valor-4919bd5f6bac>

Naciones Unidas. (2020). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. En *Los objetivos de desarrollo sostenible.*

<https://doi.org/10.2307/j.ctv14t4706.8>

Naranjo González, M. A. (2004). Innovación y desarrollo tecnológico: Una alternativa para los agronegocios. *Revista Mexicana de Agronegocios*, VIII(14), 237-250.

Nutz, N., & Sievers, M. (2016). *Guía General para el Desarrollo de Cadenas de Valor.*

https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_541432.pdf

- NYMUNLAC. (2018). *CONFERENCIA GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL*.
- Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de Ingeniería*, 33, 115-123. <https://doi.org/10.16924/revinge.33.11>
- Paz, R. (2017). Las grietas de los agronegocios y los imperativos de la agricultura familiar: Hacia una perspectiva conceptual. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, II(3), 39-63.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/77582/CONICET_Digital_Nro.bf6ab074-b32d-42a0-9056-b7497752bdaf_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Ramírez-Castellanos, E. (2013). La competitividad de los agronegocios en Colombia: una reflexión académica. *Magazín Empresarial*, 9(22), 29-34.
<http://revistas.usc.edu.co/index.php/magazin/article/view/365/324>
- Roche, J. (2020). *Agribusiness. An international perspective*. Routledge.
[https://books.google.com.co/books?id=d5WnDwAAQBAJ&pg=PT40&dq=agribusiness+FAO&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjt5uqniZDvAhWLV1kKHVIoB5AQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=agribusiness FAO&f=false](https://books.google.com.co/books?id=d5WnDwAAQBAJ&pg=PT40&dq=agribusiness+FAO&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjt5uqniZDvAhWLV1kKHVIoB5AQ6AEwAHoECAYQAg#v=onepage&q=agribusiness%20FAO&f=false)
- Scoponi, L., Dias, M. F. P., Pesce, G., Schmidt, M. A., & Gzain, M. (2016). Cooperación Académica en Latinoamérica para la Innovación en los Agronegocios. *Journal of Technology Management and Innovation*, 11(2), 111-120. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242016000200011>
- Semou Faye, P. (2017). Use of Blockchain Technology in Agribusiness: Transparency and Monitoring in Agricultural Trade. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 31(Msmi), 38-40.
<https://doi.org/10.2991/msmi-17.2017.9>

- Sepúlveda, Y. A. (2021). Tecnociencia para el desarrollo de entornos tecnológicos, sostenibles e innovadores para los agronegocios. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/39383>
- Stockholm Resilience Centre. (2016). *Contributions to Agenda 2030*. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2017-02-28-contributions-to-agenda-2030.html>
- Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 58-73. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.04.002>
- The World Bank. (2017). *ICT IN AGRICULTURE*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1002-2>
- Trendov, N. M., Varas, S., & Zeng, M. (2019). Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales. En *FAO*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvt6rmh6>
- Valdés, A. A., Martell, A. C., Martínez, F. A., Martínez, T. E. A., y Contreras, G. D. L. (2013). Strategic alliances and its application in agribusiness. *Revista Mexicana De Agronegocios Alianzas*, 33, 633-648.
- Vidal Ledo, M. J., Carnota Lauzán, O., y Rodríguez Díaz, A. (2019). Tecnologías e innovaciones disruptivas. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 33(1), 1-13.
- Villalonga Jaen, A., Castaño Romero, F., Haber, R., Beruvides, G., y Arenas, J. (2018). *El control de sistemas ciberfísicos industriales: revisión y primera aproximación*. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497565.0916>