



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA MUNDIAL

TESIS

“GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y ADOPCIÓN DE INNOVACIONES SOSTENIBLES EN LA GESTIÓN DE CONOCIMIENTO DE PRODUCTORES DE MAÍZ EN MÉXICO”

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

Doctora en Ciencias en Problemas Económico Agroindustriales

PRESENTA

Flor Selene Escalante Aguirre

BAJO LA SUPERVISIÓN DEL DR. J. REYES ALTAMIRANO CÁRDENAS



APROBADA



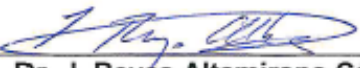
Chapingo, México, a 13 de junio de 2025.

GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y ADOPCIÓN DE INNOVACIONES SOSTENIBLES EN LA GESTIÓN DE CONOCIMIENTO DE PRODUCTORES DE MAÍZ EN MÉXICO

Tesis realizada por **Flor Selene Escalante Aguirre**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctora en Ciencias en Problemas Económico Agroindustriales

DIRECTOR:



Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

ASESOR:



Dr. Manrubio Muñoz Rodríguez

ASESOR:



Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortés

ASESOR:



Dra. María Angélica Buendía Espinosa

LECTOR EXTERNO:



Dr. Fermín Sandoval Romero

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a aquellas personas que me apoyaron para concluir esta meta tan importante en mi vida, mis estudios de doctorales.

A mi esposo:

Edson José Bermúdez Damián

A mis hijos:

José Edric y Dariel Eugenio

A mis padres:

María Elena Aguirre Palma y Gabino Eugenio Escalante Acosta

A mis hermanos:

Jacob Gabino, Víctor Jairo[†] y Eugenio Hermann

Sinceramente

Flor Selene

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme cumplir una meta más.

A la **Universidad Autónoma Chapingo** por brindarme la oportunidad de realizar mi educación formal; al **Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)** por recibirme para realizar mis estudios doctorales.

A la **Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)** por el financiamiento otorgado durante mis estudios de doctorado.

A los profesores que formaron parte de mi comité asesor: **Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas, Dr. Manrrubio Muñoz Rodríguez, Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortés y Dra. María Angélica Buendía Espinosa** por los consejos que me otorgaron, las sugerencias de mejora y todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo de investigación y para culminar mis estudios.

A todos mis **profesores del CIESTAAM** quienes realizaron importantes aportaciones a mi formación profesional.

A mis compañeros y amigos de generación: **Tania, Yaomi, Karen, Carmela, Raúl, Néstor y Víctor**, les agradezco.

DATOS BIOGRÁFICOS

Flor Selene Escalante Aguirre nació el 23 de enero de 1986 en Tecorichi, Balleza, Chihuahua. Es la primera de cuatro hijos de María Elena Aguirre Palma y Gabino Eugenio Escalante Acosta.



Cursó la carrera de Ingeniería Forestal en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), graduándose en 2007, con cédula profesional 11285486. Cursó la Maestría en Estrategia Agroempresarial durante el 2018 y 2019 en el CIESTAAM UACH, con cédula profesional 13006328. Realizó sus estudios en el Doctorado en Ciencias en Problemas Económico-Agroindustriales del CIESTAAM UACH durante los años 2021 a 2024.

En 2007 inició su vida profesional como Consultora en servicios técnicos forestales y en 2008 como formadora y supervisora del Inventario Nacional Forestal. Entre 2009 y 2011 se desempeñó como Evaluadora en el Centro Estatal de Evaluación (CEE) de la UACH y con la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), dando seguimiento y evaluación a los prestadores de servicios técnicos. Entre 2011 y 2014 se desempeñó como Coordinadora Regional de Evaluación por parte del Centro Estatal de Capacitación y Seguimiento de la Calidad de los Servicios Profesionales (CECS) de la UAEM, brindando capacitación metodológica y soporte técnico. Entre 2014 y 2017 se desempeñó como Formadora Estatal y Coordinadora de enlaces del Centro de Extensión e Innovación Rural (CEIR) de la UACH, en seguimiento y capacitación metodológica. Entre 2020 y 2021 se desempeñó como responsable del seguimiento y evaluación del Programa de Comercialización Innovadora de la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural de Guanajuato en convenio con UACH.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN GENERAL	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes	5
1.2 Justificación.....	8
1.3 Planteamiento del problema.....	9
1.4 Preguntas de investigación	10
1.5 Objetivos.....	10
1.6 Contenido de la tesis	11
1.7 Literatura citada	12
2. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL	14
2.1 Innovación.....	14
2.2 Rentabilidad	16
2.3 Conocimiento, gestión de la información y gestión del conocimiento ...	17
2.4 Sustentabilidad, sostenibilidad y desarrollo sostenible.....	20
2.5 Literatura citada	23

3. MARCO DE REFERENCIA.....	26
3.1 Experiencias sobre la gestión del conocimiento en el sector agroalimentario.....	26
3.2 Desafíos de la gestión del conocimiento en el sector agroalimentario ..	31
3.2.1 La escasa información disponible, las limitadas capacidades para su análisis y toma de decisiones	31
3.2.2 El papel de los asesores agrícolas o extensionistas como fuentes de conocimiento e innovación	33
3.2.3 Mecanismos deficientes para compartir e intercambiar conocimientos e innovaciones derivados de la investigación	35
3.2.4 Brecha digital en el sector rural.....	41
3.2.5 Limitaciones en infraestructura tecnológica y conectividad en las zonas rurales 43	
3.3 Agricultura Regenerativa y su aplicación en el agro	44
3.4 Literatura citada	48
4. GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE EMPRESAS AGRÍCOLAS POCO DIGITALIZADAS: UNA COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS	54
4.1 Resumen.....	54
4.2 Abstract	54
4.3 Introducción	55
4.4 Revisión de literatura	58
4.4.1 Gestión de la información y gestión del conocimiento	58
4.4.2 Ingresos, costos y rentabilidad	60
4.4.3 Innovación en el sector agrícola	62
4.5 Metodología.....	63

4.6	Resultados y discusión.....	69
4.6.1	Análisis de sistemas de producción y costos a través de encuestas individuales	69
4.6.2	Análisis de coeficientes técnicos y costos a través de paneles de productores	75
4.6.3	Comparación de hallazgos a través de las metodologías implementadas	81
4.7	Conclusiones	85
4.8	Literatura citada	86
5.	<i>ADOPCIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE AGRICULTURA REGENERATIVA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN MÉXICO.....</i>	91
5.1	Resumen.....	91
5.2	Introducción	91
5.3	Discusión teórica	95
5.4	Metodología.....	96
5.5	Resultados	100
5.5.1	Comparación de labores entre sistemas de producción	100
5.5.2	Comparación de costos de producción del maíz.....	101
5.5.3	La rentabilidad del maíz en los sistemas analizados	103
5.5.4	Valoración de la aplicación de principios de Agricultura Regenerativa	104
5.6	Discusión.....	106
5.7	Conclusiones	110
5.8	Literatura citada	111
6.	<i>CONCLUSIONES GENERALES</i>	115

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
<i>Cuadro 1. Datos generales por cultivo y ciclo</i> -----	69
<i>Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de los clúster con base en la variable de utilidad por hectárea (\$/ha)</i> -----	70
<i>Cuadro 3. Estructura de costos por ciclo mediante datos de encuestas</i> -----	74
<i>Cuadro 4. Parámetros técnicos de las URP analizadas</i> -----	75
<i>Cuadro 5. Costos e indicadores para la URP1: GUMA04</i> -----	77
<i>Cuadro 6. Costos e indicadores para URP2: GUMA06</i> -----	78
<i>Cuadro 7. Estructura de costos de la URP1: GUMA04</i> -----	80
<i>Cuadro 8. Estructura de costos de la URP2: GUMA06</i> -----	80
<i>Cuadro 9. Cuadro comparativo de las metodologías empleadas</i> -----	83
<i>Cuadro 10. Datos generales de las UP analizadas.</i> -----	97
<i>Cuadro 11. Desglose de costos de producción directos desembolsados.</i> -----	102
<i>Cuadro 12. Principales variables e indicadores de las unidades analizadas.</i> -----	103
<i>Cuadro 13. Valoración de principios de AR (Escala de transición).</i> -----	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
<i>Figura 1. Principales estados productores de maíz, según la producción, 2020. -----</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. Estructura de la demanda del maíz blanco a diciembre 2021. -----</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3. Estructura de la demanda del maíz amarillo a diciembre 2021. -----</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4. Estructura del documento -----</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5. Dendogramas generados para los ciclos PV2020 y PV2021. -----</i>	<i>70</i>
<i>Figura 6. Proporción de organizaciones que realizaron o no compra consolidada de insumos y el clúster de clasificación según la utilidad, para los ciclos PV2020 y PV2021. -----</i>	<i>72</i>
<i>Figura 7. Flujo derivado de la realización o no de la compra consolidada de insumos y el clúster de clasificación según la utilidad, para los ciclos PV2020 y PV2021. -----</i>	<i>73</i>
<i>Figura 8. Ubicación del estado de Guanajuato (a) y de los municipios incluidos en el análisis (b). -----</i>	<i>96</i>
<i>Figura 9. Labores mecánicas realizadas por los sistemas analizados. -----</i>	<i>101</i>

RESUMEN GENERAL

Generación de información y adopción de innovaciones sostenibles en la gestión de conocimiento de productores de maíz en México¹

La presente investigación tuvo como propósito comparar dos metodologías, encuestas individuales y paneles de productores, para generar información técnico-económica útil en la gestión del conocimiento en unidades de producción de maíz. El problema que se aborda es la limitada gestión del conocimiento entre pequeños y medianos productores del sector agroalimentario, en particular en los procesos de creación y uso de información para la toma de decisiones. Esta situación se manifiesta en la escasa disponibilidad de datos, capacidades reducidas para su análisis, baja interacción con asesores especializados y acceso limitado a información actualizada, lo cual impacta negativamente en la rentabilidad, sostenibilidad y continuidad de las unidades productivas. El estudio se llevó a cabo en el estado de Guanajuato con la participación de 86 productores, mediante la recolección de datos a través de ambas metodologías para construir coeficientes técnicos e indicadores financieros. Se encontró que las encuestas permiten caracterizar de forma amplia los sistemas productivos, mientras que los paneles de productores contribuyen al aprendizaje colectivo, al análisis contextualizado y a una mejora en la calidad de los datos generados. También se compararon tres sistemas de producción: convencional, conservación y agricultura regenerativa. Los resultados mostraron que las unidades con prácticas regenerativas lograron reducir, en promedio, un 21 % de sus costos directos desembolsados y alcanzar utilidades netas de hasta \$13,264 pesos por hectárea, mientras que las unidades con manejo convencional reportaron valores inferiores a \$1,500 pesos por hectárea. Se concluye que el uso complementario de ambas metodologías no solo fortalece la gestión del conocimiento en contextos rurales con baja digitalización, sino que además facilita la identificación y adopción de innovaciones sostenibles como la agricultura regenerativa, mejorando la rentabilidad y promoviendo sistemas agrícolas más resilientes.

Palabras clave: toma de decisiones, información e innovación agrícola, información para la gestión agrícola, transición hacia agricultura regenerativa, rentabilidad, sostenibilidad.

¹ Tesis de Doctorado en Ciencias en Problemas Económico Agroindustriales, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Flor Selene Escalante Aguirre

Director de tesis: Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

ABSTRACT

Information generation and adoption of sustainable innovations in knowledge management of maize producers in Mexico²

This research aimed to compare two methodologies—individual surveys and producer panels—for generating technical and economic information useful for knowledge management in maize production units. The study addresses the problem of limited knowledge management among small and medium-sized producers in the agri-food sector, particularly regarding the processes of information generation and application for decision-making. This limitation is reflected in the scarce availability of reliable data, reduced analytical capacity, low interaction with specialized advisors, and limited access to updated information. These factors negatively affect the profitability, sustainability, and continuity of production units. The study was conducted in the state of Guanajuato with the participation of 86 producers. Data were collected using both methodologies to construct technical coefficients and financial indicators. The findings revealed that surveys are effective for broadly characterizing production systems, while producer panels contribute to collective learning, contextualized analysis, and improved data quality. Additionally, three production systems were compared: conventional, conservation, and regenerative agriculture. Results showed that production units applying regenerative practices reduced their direct cash costs by an average of 21% and achieved net profits of up to 13,264 Mexican pesos per hectare, whereas conventional systems reported net profits below 1,500 pesos per hectare. It is concluded that the complementary use of surveys and producer panels strengthens knowledge management, particularly in rural contexts with low levels of digitalization. Furthermore, it facilitates the identification and adoption of sustainable innovations such as regenerative agriculture, thereby enhancing profitability and supporting the transition toward more resilient agricultural systems.

Keywords: decision making, agricultural information and innovation, information for agricultural management, transition to regenerative agriculture, profitability, sustainability.

² Doctoral thesis in Agroindustrial Economic Problems, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo

Author: Flor Selene Escalante Aguirre

Supervisor: Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de alimentar a una población cada vez mayor con recursos cada vez más limitados se ha vuelto un tema urgente para la comunidad mundial, lo que requiere la transición hacia sistemas agrícolas y alimentarios sostenibles, en este contexto, la gestión del conocimiento y la innovación adquieren un papel crucial (Jia, 2021).

El uso global de la información en todos los aspectos de la sociedad moderna es necesario para la economía basada en el conocimiento. La utilización de la gestión del conocimiento como parte de las prácticas organizacionales se ha convertido en un factor crucial para la viabilidad y el desarrollo sostenible de las empresas y organizaciones debido a que la información pertinente es un activo importante para su éxito, esto es especialmente importante en el contexto agrícola, que requiere prácticas modernas para su mejora y desarrollo (Zecca & Rastorgueva, 2017). Sin embargo, más importante que el conocimiento en sí mismo, es su conservación y manejo, ya que con el tiempo, factores como la volatilidad del mercado, la rotación de empleados, las migraciones y la preferencia laboral han hecho que sea más importante gestionar el conocimiento de manera eficiente y eficaz, logrando que dicho conocimiento esté fácilmente disponible cuando sea necesario (Becerra Fernandez & Sabherwal, 2010).

En teoría, ahora podemos acceder al conocimiento sobre casi cualquier pregunta que hagamos gracias al aumento exponencial de la información disponible. Sin embargo, a medida que aumenta la cantidad de información no verificada, también aumenta el desafío de determinar en qué información confiar. Históricamente, los agricultores han recurrido a la asistencia personal de los asesores agrícolas, para obtener información sobre innovaciones agrícolas y sobre la administración de sus explotaciones. Sin embargo, en la medida de que más agricultores buscan información en línea, no está claro si ahora están utilizando la información digital para respaldar el asesoramiento tradicional o si

están renunciando al asesores agrícolas en lugar de buscar información generada por pares (Rust et al., 2022).

La gestión de información y el conocimiento ha tomado mayor relevancia conforme se difundió el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en múltiples sectores, incluyendo al sector agropecuario, pues se definió a la información y el conocimiento como factores productivos intangibles de suma relevancia. Estos factores formaron un nuevo vector-insumo y abrieron un campo de análisis sobre las formas en que las organizaciones los incorporan en sus decisiones productivas, lo cual implicó nuevas formas de gestión de los factores productivos, particularmente de la creación, difusión, uso y explotación del conocimiento, pues los efectos han sido cada vez más visibles y significativos en la productividad, competitividad e innovación (Sampedro Hernández & Díaz Pérez, 2023).

Varios autores han destacado la relevancia de gestionar el conocimiento en las organizaciones con el fin de mejorar su rendimiento. Indudablemente, algunas de las dificultades de las organizaciones radican en cómo administrar el conocimiento generado en un ambiente cambiante y complejo, cómo reconocer aquel conocimiento que satisface sus necesidades, cómo asimilarlo, procesarlo, aprovecharlo y evaluarlo; estas dificultades surgen tanto en las organizaciones situadas en naciones en vías de desarrollo como en los países avanzados (Sampedro Hernández & Díaz Pérez, 2023).

La gestión del conocimiento en los productores agrícolas es un tema fundamental que busca maximizar la producción y mejorar la toma de decisiones a través de la generación de información y conocimiento, el uso y la aplicación de conocimientos, así como mediante la integración del conocimiento académico y científico con la experiencia práctica de los agricultores.

1.1 Antecedentes

El maíz es el cultivo más representativo de México por su importancia económica, social y cultural (SAGARPA, 2017). El grano de maíz es un alimento ideal para el consumo humano y el forraje se utiliza para alimentar al ganado, además es el grano con el más alto valor comparado con otros cereales (Ayvar-Serna et al., 2020). En 2023, México produjo más de 27.5 millones de toneladas de maíz, lo que representa un aumento del 3.74% en comparación con el año anterior. México es el séptimo productor de maíz a nivel mundial y participa en el 88.2% de la producción nacional de granos según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2024).

El consumo promedio per cápita al año es de 196.4kg de maíz blanco, especialmente en tortillas, lo que representa 20.9% del gasto total en Alimentos, Bebidas y Tabaco realizado por las familias mexicanas (SAGARPA, 2017).

La producción de maíz grano se divide en blanco y amarillo. El maíz blanco representa 86.94% de la producción, la cual satisface la totalidad del consumo nacional y se destina principalmente al consumo humano. El maíz amarillo se destina a la industria o a la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria y sólo se satisface el 24% de los requerimientos nacionales (SAGARPA, 2017).

En México se cultiva maíz en los 32 estados del país y el promedio de rendimiento es de 4.46 toneladas por hectárea para la producción de grano, variando desde 1.32 t/ha hasta 12.32 t/ha. Los cinco estados que producen el 56.7% de grano en el país (2023) son Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Estado de México y Guanajuato, como se muestra en la Figura 1 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2024).

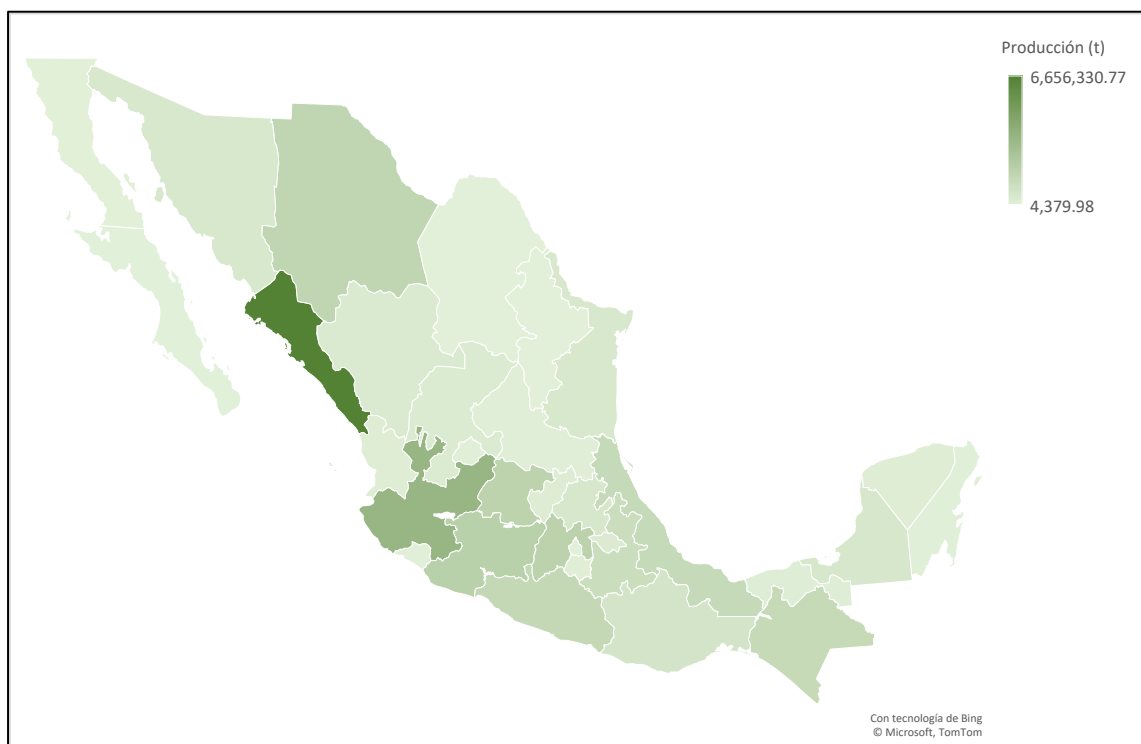


Figura 1. Principales estados productores de maíz, según la producción, 2020.
Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2024).

La estructura de la demanda de maíz a diciembre de 2021, para el maíz blanco es principalmente para el consumo humano con el 54.56% del total, autoconsumo 20.69% y consumo pecuario el 18.11% (Figura 2) y para el maíz amarillo es para consumo pecuario el 78.01% del total y para la industria almidonera el 15.18% (Figura 3) según lo reportado en la Balanza de Disponibilidad - Consumo (SIAP-SADER, 2022).

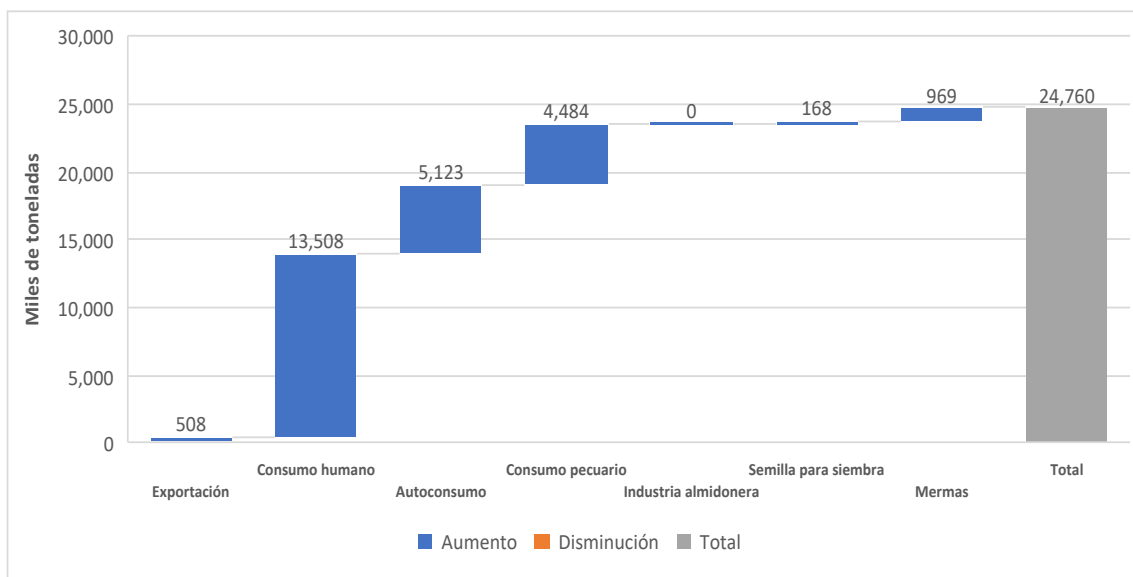


Figura 2. Estructura de la demanda del maíz blanco a diciembre 2021.
Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, 2022.

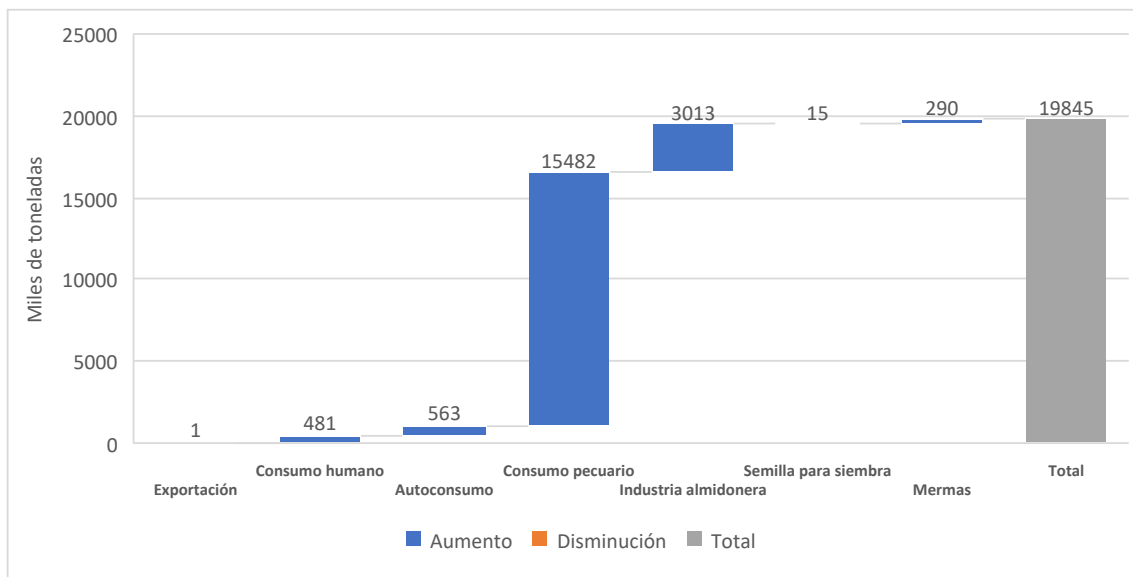


Figura 3. Estructura de la demanda del maíz amarillo a diciembre 2021.
Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, 2022.

La importancia de estudiar aspectos relacionados con la gestión del conocimiento a través de productores de maíz radica en que este cultivo se produce en todo el país, existe una variabilidad marcada en los rendimientos y en el caso del maíz amarillo presenta un déficit importante en la producción nacional, por lo que se

tiene que importar. Esta situación se podría explicar en alguna medida por las deficiencias en algunos procesos de gestión del conocimiento, lo cual se traduce en una limitada adopción de innovaciones durante el proceso productivo y comercial, y, por lo tanto, resulta en una producción poco rentable y sostenible.

1.2 Justificación

La gestión del conocimiento es importante para los pequeños y medianos agricultores porque les permite mejorar la productividad y la sostenibilidad a través del aprendizaje colectivo y la innovación. Es por lo que los procesos o fases de creación o generación de información y conocimiento; almacenar y recuperar el conocimiento; transferir, compartir o difundir el conocimiento; la asimilación, internalización y aplicación o uso y explotación del conocimiento son aspectos relevantes para su estudio en el ámbito agroalimentario, como lo han realizado en algunos trabajos que a continuación se mencionan.

La transferencia de innovaciones agrícolas puede ser facilitada por la gestión del conocimiento, lo que puede resultar en un aumento significativo de la productividad. Al adoptar nuevas técnicas y prácticas basadas en el conocimiento compartido, los pequeños agricultores pueden optimizar sus procesos productivos y mejorar sus rendimientos. Como es el caso de los productores de pistacho iraní quienes a través de una estrategia de gestión del conocimiento implementada lograron diversos beneficios en su producción (Abazari, Hariri, & Seddigh, 2021).

Al combinar el conocimiento científico con la experiencia práctica de los agricultores, la gestión del conocimiento promueve un ambiente de innovación continua. Según un estudio realizado en norte de México, se encontró que la gestión del conocimiento (creación, adquisición y transferencia de conocimiento) y la innovación están positivamente relacionados, lo que sustenta que la gestión del conocimiento en las empresas estudiadas, tiene como consecuencia, innovaciones en las mismas (Jiménez, Hurtado, Hernández, & López, 2020). Por lo tanto, la incorporación de prácticas agrícolas innovadoras mejora la agricultura

y permite a los productores adaptarse a los cambios en el mercado y en las condiciones ambientales.

Los pequeños agricultores pueden contribuir a la sostenibilidad alimentaria local a través de la gestión del conocimiento, pueden satisfacer mejor las demandas del mercado local y contribuir al bienestar general de sus comunidades al mejorar sus prácticas agrícolas. Tal como se evidenció en el estudio que desarrolla una propuesta de tecnologías para la sustentabilidad de las mezcalilleras de Oaxaca, en el que se identificaron las innovaciones más apropiadas con base en las fases de la gestión del conocimiento (Contreras-medina, Medina-cuéllar, Sánchez-gómez, & Rodríguez-peralta, 2021).

1.3 Planteamiento del problema

El problema que se aborda en este trabajo es la limitada gestión del conocimiento, en específico en el proceso de creación o generación de información y conocimiento, y en el proceso de aplicación o uso y explotación del conocimiento, esto en el contexto del sector agroalimentario, en específico en pequeños y medianos productores, que en su conjunto representan más del 60% de las unidades económicas rurales de México (SAGARPA-FAO, 2014).

Existe la necesidad de avanzar en las investigaciones que incluyan los dos procesos antes mencionados ya que algunas de las posibles causas que se pueden identificar, de la limitada gestión del conocimiento, son la escasa información disponible, las limitadas capacidades para el análisis de la información para que esta pueda utilizarse en la toma de decisiones de innovación, la baja interacción con asesores actualizados que posean los conocimientos y habilidades para difundir las innovaciones que se requiere en el contexto de la producción agrícola poco digitalizada, así como el limitado acceso a información actualizada y relevante sobre los cambios en el entorno que exige una producción más sostenible. Estas causas se traducen en unidades con baja producción, baja rentabilidad y con sistemas de producción poco sostenibles, que

tienden a desaparecer con el tiempo o transitar a distintas actividades económicas.

Los sujetos de estudio de esta investigación fueron productores de maíz del estado de Guanajuato que participaron en un programa de comercialización promovido por la secretaría estatal y tres productores independientes. El objeto de estudio son los diferentes sistemas de producción de maíz en el estado, la producción convencional, la producción bajo el sistema de labranza de conservación y la producción bajo el enfoque regenerativo. El objeto de análisis es el efecto de la gestión de la información y conocimiento, así como la aplicación de conocimiento actualizado en la productividad y rentabilidad de las unidades de producción analizadas.

1.4 Preguntas de investigación

La presente investigación responde a las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Las empresas agrícolas en Guanajuato toman las decisiones gerenciales y de gestión de la innovación con base en información? y ¿Cómo es la rentabilidad del maíz en los diferentes sistemas de producción?
2. ¿En qué medida las prácticas de manejo actuales se corresponden con los principios de Agricultura Regenerativa (AR)? y ¿Cuáles son los factores que facilitan la transición de una agricultura convencional hacia un enfoque regenerativo?

1.5 Objetivos

Los objetivos que se abordan en este trabajo, que están relacionados con el proceso de creación o generación de información y conocimiento, y con el proceso de aplicación o uso y explotación del conocimiento en el contexto del sector agroalimentario, son:

1. Comparar dos métodos para la generación de información y conocimiento mediante la construcción de coeficientes técnicos e indicadores económico-

financieros de las unidades de producción, con la finalidad de facilitar la toma de decisiones gerenciales y la gestión de la innovación en las empresas agrícolas. Así como comparar la rentabilidad del maíz en los diferentes sistemas de producción.

2. Analizar en qué medida las prácticas de manejo actuales se corresponden con los principios de la Agricultura Regenerativa y explicar los factores que facilitan la transición de una agricultura convencional hacia un enfoque de Agricultura Regenerativa.

1.6 Contenido de la tesis

El documento esta integrado por seis capítulos, inicialmente se aborda la importancia de la gestión del conocimiento en la producción agrícola en la introducción. Posteriormente, se incluyen los capítulos dos y tres de revisión documental realizada mediante la búsqueda de información actualizada principalmente a través de artículos científicos; en el segundo capítulo, se mencionan los principales conceptos y teorías sobre gestión del conocimiento, innovación, rentabilidad y sostenibilidad. En el tercer capítulo se abordan aspectos relacionados con la gestión del conocimiento en el sector rural analizando trabajos previos realizados, algunos de los desafíos de la la gestión del conocimiento en el sector y se cierra con la aplicación de la agricultura regenerativa en el agro.

Los resultados del presente trabajo se muestran en dos apartados, en el capítulo cuatro se analizan dos diferentes formas para generar información y conocimiento que se traduce en la identificación de innovaciones y decisiones de gestión empresarial. En el capítulo cinco se analiza la aplicación de innovaciones con un enfoque sostenible para la producción de maíz, la rentabilidad de diferentes sistemas y la forma de gestionar conocimientos más especializados. Finalmente, en el capítulo seis se incluyen las conclusiones generales, limitaciones del trabajo y posibles investigaciones futuras (Figura 4).

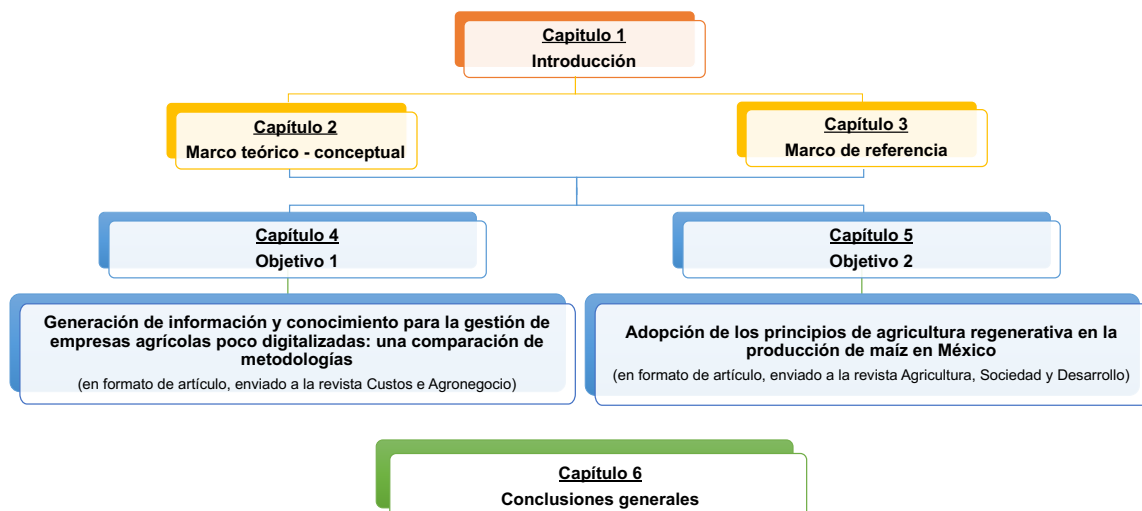


Figura 4. Estructura del documento
Fuente: Elaboración propia

1.7 Literatura citada

- Abazari, Z., Hariri, N., & Seddigh, E. M. (2021). Benefiting from Knowledge Management in Agricultural Development of Iran: A Case Study of Pistachio. *Journal of Nuts*, 12(2), 137–152. <https://doi.org/10.22034/jon.2021.1923512.1108>
- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A., & Cuevas-Apresa, Z. (2020). Profitability of grain and fodder production systems of corn hybrids, with biological and chemical fertilization in dry tropic. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9–16. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507/706>
- Becerra Fernandez, I., & Sabherwal, R. (2010). *Knowledge Management Systems and Processes* (M.E. Sharpe Inc. (ed.)).
- Contreras-medina, D. I., Medina-cuéllar, S. E., Sánchez-gómez, J., & Rodríguez-peralta, C. M. (2021). Innovation of women farmers: A technological proposal for mezcalilleras' sustainability in Mexico, based on knowledge management. *Sustainability (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/su132111706>
- Jia, X. (2021). Agro-food innovation and sustainability transition: A conceptual synthesis. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/su13126897>
- Jiménez, S. O., Hurtado, G. V. C., Hernández, C. A. J., & López, J. G. F. (2020). Knowledge and Innovation in Mexican Agricultural Organizations. *Economies*, 8(4), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ECONOMIES8040103>
- Rust, N. A., Stankovics, P., Jarvis, R. M., Morris-Trainor, Z., de Vries, J. R., Ingram, J., Mills, J., Glikman, J. A., Parkinson, J., Toth, Z., Hansda, R.,

- McMorran, R., Glass, J., & Reed, M. S. (2022). Have farmers had enough of experts? *Environmental Management*, 69(1), 31–44. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01546-y>
- SAGARPA-FAO. (2014). Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012 (A. González Cambero (ed.); 2da.).
- SAGARPA. (2017). Planeación agrícola nacional 2017-2030. Maíz grano blanco y amarillo.
- Sampedro Hernández, J. L., & Díaz Pérez, C. (2023). Gestión del conocimiento y transferencia tecnológica en México. In *Estado del conocimiento. Educación superior, ciencia, tecnología e innovación. Volumen II* (p. 6). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Producción Agrícola. <https://www.gob.mx/siap>
- SIAP-SADER. (2022). Balanza disponibilidad consumo de productos agropecuarios estratégicos.
- Zecca, F., & Rastorgueva, N. (2017). Knowledge management and sustainable agriculture: The Italian case. *Quality - Access to Success*, 18(159), 97–104.

2. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

2.1 Innovación

Schumpeter (1978) afirmaba que la innovación se traduce en el establecimiento de una nueva función de producción que relaciona la cantidad usada de factores de producción (tierra, trabajo y capital), con la producción obtenida gracias a ella, por lo que innovar necesariamente implica un resultado en términos de un incremento en la producción, mayor que la suma de los factores empleados. Por ello, Schumpeter afirmaba que el desarrollo económico estaba movido por la innovación mediante un proceso dinámico en el cual nuevas tecnologías sustituyen a las antiguas; llamó a este proceso “destrucción creativa”, pues según él, las innovaciones “radicales” originan los grandes cambios, mientras que las innovaciones “progresivas” alimentan de manera continua el proceso de cambio (Muñoz-Rodríguez, Gómez-Pérez, Santoyo-Cortés, Aguilar-Ávila, & Aguilar-Gallegos, 2014).

Por su parte Muñoz-Rodríguez et al. (2014) indican que la exigencia mínima para reconocer una innovación es el hecho de ser nueva para la empresa o productor, además de que una innovación puede consistir en la introducción de un solo y único cambio importante, o de una serie de pequeños cambios progresivos que juntos constituyen un cambio significativo.

Según el Manual OSLO (OECD/Eurostat, 2018) los componentes clave del concepto de innovación incluyen el papel del conocimiento como base para la innovación, la novedad y la utilidad, y la creación o preservación de valor como el presunto objetivo de la innovación. El requisito de implementación diferencia la innovación de otros conceptos como la invención, ya que una innovación debe implementarse, es decir, ponerse en uso o ponerse a disposición para que otros la utilicen. Así, el término "innovación" puede significar tanto una actividad como el resultado de la actividad.

Una innovación es un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de los mismos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad (cualquier unidad institucional en cualquier sector, incluidos los hogares y sus miembros individuales) y que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la unidad (proceso) (OECD/Eurostat, 2018).

Anteriormente este manual definía cuatro tipos de innovaciones (producto, proceso, organización y marketing), sin embargo, en la última edición se mencionan dos tipos principales: innovaciones de productos e innovaciones de procesos comerciales.

Una innovación de producto es un bien o servicio nuevo o mejorado que difiere significativamente de los bienes o servicios anteriores de la empresa y que se ha introducido en el mercado. Mientras que la innovación de un proceso de negocio es un proceso de negocio nuevo o mejorado para una o más funciones de negocio que difiere significativamente de los procesos de negocio anteriores de la empresa y que la empresa ha puesto en uso (OECD/Eurostat, 2018).

Las innovaciones en los procesos de negocio se refieren a seis funciones diferentes de una empresa, como se identifica en la literatura sobre gestión empresarial. Dos funciones se relacionan con la actividad principal de una empresa de producir y entregar productos para la venta, mientras que las otras funciones se refieren a operaciones de apoyo, como las organizativas, de marketing y de procesos (OECD/Eurostat, 2018).

Finalmente, se dice que la innovación es ampliamente reconocida como una fuente importante de mejora de la productividad, la competitividad y el crecimiento en todas las economías avanzadas y emergentes (Aguilar-Gallegos et al., 2016). Además, en estudios realizados se ha comprobado que los actores involucrados en los procesos de innovación agrícola no innovan de forma aislada, sino que lo hacen a través de la interacción con otros actores como agricultores, agroindustrias, organizaciones, investigadores, instituciones financieras,

comercializadores, el gobierno, entre otros (Aguilar-Gallegos et al., 2016; Klerkx, Aarts, & Leeuwis, 2010).

2.2 Rentabilidad

La palabra "rentabilidad" es un término general que mide la ganancia que puede obtenerse en una situación particular. Es el denominador común de todas las actividades productivas (Zugarramurdi, Parín, & Lupin, 1998), según estos autores los métodos más comunes de evaluación de rentabilidad son los siguientes: tasa de retorno sobre la inversión original, tasa de retorno sobre la inversión promedio, valor presente, tasa interna de retorno y tiempo de repago. Además de estos indicadores, también se puede incluir a la relación beneficio/costo como medida de rentabilidad.

La rentabilidad es un concepto que se aplica a toda acción económica en la que se movilizan unos medios, materiales, humanos y financieros con el fin de obtener unos resultados. En la literatura económica, se denomina rentabilidad a la medida del rendimiento que en un determinado periodo de tiempo producen los capitales utilizados en el mismo. Esto supone la comparación entre la renta generada y los medios utilizados para obtenerla con el fin de permitir la elección entre alternativas o juzgar la eficiencia de las acciones realizadas, según que el análisis realizado sea a priori o a posteriori (Sánchez Ballesta, 2002).

El estudio de la rentabilidad en la empresa lo podemos realizar en dos niveles, en función del tipo de resultado y de inversión relacionada con el mismo que se considere. Así, tenemos un primer nivel de análisis conocido como rentabilidad económica o del activo, en el que se relaciona un concepto de resultado conocido o previsto, antes de intereses, con la totalidad de los capitales económicos empleados en su obtención, sin tener en cuenta la financiación u origen de estos, por lo que representa, desde una perspectiva económica, el rendimiento de la inversión de la empresa. Y un segundo nivel, la rentabilidad financiera, en el que se enfrenta un concepto de resultado conocido o previsto, después de intereses,

con los fondos propios de la empresa, y que representa el rendimiento que corresponde a los mismos (Sánchez Ballesta, 2002).

2.3 Conocimiento, gestión de la información y gestión del conocimiento

El conocimiento es una noción amplia y abstracta que ha definido el debate epistemológico en la filosofía occidental desde la época griega clásica. Davenport & Prusark (1998) definieron el conocimiento como “una combinación en evolución de experiencia enmarcada, valores, información contextual y conocimiento experto que proporciona un marco para evaluar e incorporar nuevas experiencias e información”. Por su parte, Alavi & Leidner (2001) lo definen como una creencia justificada que aumenta la capacidad de una entidad (puede ser un individuo o una colectividad) para tomar acciones (puede referirse a habilidades físicas, capacidad cognitiva, intelectual o ambas) efectivas.

En cambio, Bustelo Ruesta e Amarilla Iglesias (2001) mencionan que el conocimiento en una organización se produce cuando un individuo de esta hace uso de lo que sabe y de la información que tiene disponible para la resolución de un problema o el desarrollo de un proyecto. Así mismo, se distinguen entre dos tipos de conocimientos: explícito y tácito. El conocimiento explícito es el que dentro de la organización tiene establecidos los métodos por los cuales se puede transmitir a otras personas (un ejemplo de gestión del conocimiento explícito se ha dado siempre en la comunidad científica, que comparte con otros científicos los resultados de sus investigaciones). Por el contrario, el conocimiento tácito, es aquel que toda organización tiene, pero que no queda plasmado ni registrado en lugar alguno, estando totalmente ligado al grupo de personas que componen la organización en cada momento (Bustelo Ruesta & Amarilla Iglesias, 2001; Nonaka, 2007; Nonaka & Takeuchi, 1995).

En cuanto a la gestión de la información, esta se define como el proceso de organizar, evaluar, presentar, controlar y almacenar información controlando su calidad, de manera que esta sea veraz, oportuna, significativa, exacta y útil, y que esta información esté disponible en el momento que se le necesite. Así mismo,

estas acciones implican el manejo de documentos, metodologías, informes, publicaciones, soportes y flujos en función de los objetivos estratégicos de una organización (Bustelo Ruesta & Amarilla Iglesias, 2001; Fernández Marcial, 2006; Vidal Ledo & Araña Pérez, 2012).

Por lo tanto, sin una adecuada gestión de la información, es imposible llegar a la gestión del conocimiento, pues muchas de las propuestas de la gestión del conocimiento representan un modelo de gestión que se basa en gran parte en gestionar adecuadamente la información. Es entonces, el paso previo que cualquier organización debería dar antes de tratar de implantar un sistema de gestión del conocimiento. La gestión de la información es imprescindible, pero sólo se convierte en conocimiento cuando los individuos la aplican para la resolución de un problema (Bustelo Ruesta & Amarilla Iglesias, 2001).

La gestión del conocimiento (GC) incluye los procesos y acciones de detección, adquisición, selección, organización, filtrado, presentación, almacenamiento y uso de la información y datos por parte de los actores de una organización, con el fin de utilizar, compartir y desarrollar los conocimientos, es decir, es el proceso mediante el cual una organización emplea su inteligencia colectiva para lograr sus objetivos estratégicos (Bustelo Ruesta & Amarilla Iglesias, 2001; Fernández Marcial, 2006; Vidal Ledo & Araña Pérez, 2012).

Según Alavi & Leidner (2001) la gestión del conocimiento consiste en un conjunto dinámico y continuo de procesos y prácticas incrustados en los individuos, así como en las estructuras sociales y físicas. Mencionan cuatro procesos principales: el proceso de creación del conocimiento (incluido el mantenimiento y actualización del conocimiento), el proceso de almacenar y recuperar el conocimiento, el proceso de transferir (compartir) el conocimiento y el proceso de aplicar el conocimiento. Se pueden considerar como eslabones de una cadena, si alguno de ellos es débil o falla, la efectividad e integridad del proceso general se verá afectada.

De acuerdo con Vipinkumar, Athira, & Mini (2013) la gestión del conocimiento comprende una variedad de estrategias y prácticas utilizadas en una organización para identificar, crear, representar, distribuir y permitir la adopción de conocimientos y experiencias que comprenden el conocimiento, ya sea incorporado en individuos o integrado en el proceso o la práctica organizacional.

Según Jennex (2007) la gestión del conocimiento es la práctica de aplicar selectivamente el conocimiento de experiencias previas de toma de decisiones a las actividades de toma de decisiones actuales y futuras con el propósito expreso de mejorar la efectividad de la organización, es decir, el propósito es comprender, centrarse y gestionar la creación y aplicación de conocimientos de forma sistemática, explícita y deliberada, en otras palabras, gestionar de forma eficaz procesos de conocimiento y renovar el conocimiento constantemente.

Becerra Fernandez & Sabherwal (2010) definen a la gestión del conocimiento como la realización de las actividades involucradas en el descubrimiento, la captura, el intercambio y la aplicación del conocimiento para mejorar, de manera rentable, el impacto del conocimiento en el logro de la meta de la unidad.

De manera general se puede definir a la gestión del conocimiento como una serie de procesos de creación, difusión, asimilación, internalización y uso-explotación del conocimiento (Sampedro Hernández & Díaz Pérez, 2023) y entre las categorías de análisis de la GC se encuentran la identificación, captura, conversión, difusión y medición del conocimiento, así lo mencionan autores como Davenport & Prusark (1998); Nonaka & Takeuchi (1995); Sampedro Hernández & Díaz Pérez (2023).

Algunos autores han identificado tres elementos clave que intervienen en la gestión de conocimiento: facilitadores/capacitadores, procesos y desempeño organizacional. Los primeros fomentan y estimulan la creación de conocimiento, lo protegen y facilitan su intercambio en la organización, proveen la infraestructura necesaria. Los segundos son actividades orientadas a la creación, desarrollo, intercambio, almacenamiento y uso del conocimiento. El tercero es el

resultado medido por un mejoramiento en la calidad, aumentos en la productividad o rentabilidad y por la tasa de innovación (Sampedro Hernández & Díaz Pérez, 2023; Szulanski, 1996).

Otros indican que la gestión de conocimiento es influenciada por dos tipos de capacidades: las estructurales que están relacionadas con la tecnología, infraestructura y cultura organizacional; y de procesos que tienen relación con la adquisición, conversión, aplicación y protección del conocimiento. Dichas capacidades deben ser desplegadas y aprovechadas para mantener la competitividad organizacional (Gold, Malhotra, & Segars, 2001).

Los esfuerzos establecidos para la gestión del conocimiento generalmente se enfocan en los objetivos organizacionales tales como un mejor desempeño, ventaja competitiva, innovación, el intercambio de lecciones aprendidas, reducir el trabajo redundante, evitar reinventar la rueda per se, reducir el tiempo de capacitación para los nuevos empleados, retener el capital intelectual como rotación de empleados en una organización y adaptarse a entornos y mercados cambiantes, integración y mejora continua de la organización. El valor de la gestión del conocimiento se relaciona directamente con la eficacia con la que el conocimiento gestionado permite a los miembros de la organización hacer frente a las situaciones actuales y visualizar y crear su futuro de forma eficaz (Katarikar, Hiremath, & Yadav, 2019; Rahman & Selwyn, 2020; Vipinkumar et al., 2013).

2.4 Sustentabilidad, sostenibilidad y desarrollo sostenible

El concepto de sustentabilidad surge por una serie de elementos de diferente orden, como una mayor conciencia de la crisis ambiental y su dimensión global, que acentuaron la prioridad de retomar el crecimiento económico con alternativas tecnológicas y energéticas, así mismo, se plasmaron propuestas teórico-políticas provenientes del campo ambiental y del campo de las relaciones internacionales (Foladori & Pierri, 2005). El movimiento de la agricultura sustentable se generó desde varios movimientos de reforma de Estados Unidos, Canadá y Oeste Europeo, que se desarrollaron en respuesta a preocupaciones sobre impactos de

la agricultura, algunos ejemplos son la sobreexplotación de los recursos no renovables, degradación del suelo, salud y efectos ambientales y químicos agrícolas, inequidad, declinación de comunidades rurales, pérdida de valores tradicionales agrarios, calidad alimentaria, seguridad de los trabajadores agrícolas, disminución de auto suficiencia y aumento de tamaño de los productores. Estos problemas se tornaron asociados con la agricultura convencional que era percibida como insustentable (Hansen, 1996).

Como referencia en México se tiene la “Ley de Desarrollo Rural Sustentable” (2011), la cual indica que el desarrollo rural sustentable es el mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas en el territorio comprendido fuera de los núcleos considerados urbanos de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio.

Según Cordero Torres (2013), el desarrollo rural sustentable puede ser definido como el desarrollo que satisface las necesidades de generaciones actuales sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones, quien retoma el concepto de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo Rural. Así mismo, indica que es necesario considerar que el desarrollo rural sustentable abarca un universo mayor de acciones a desarrollar en el medio rural y no solamente la agricultura, actividades complementarias como la agroindustria y el turismo también deben considerarse.

Según Salas Razo & Juárez Hernández (2018) el desarrollo rural sustentable es concebido como un cambio sostenido y sostenible del bienestar de una población rural en un territorio definido, preservando el medio ambiente y no se puede concebir un nuevo modelo de desarrollo rural sustentable desvinculado con la ecología, por lo tanto, deberá incluir el análisis continuo y sistemático de la información sobre la calidad del agua, para asegurarse de que la fuente, el tratamiento y la distribución de este recurso se encuadre dentro de las legislaciones conducentes y dentro de una política pública que sea creada de manera participativa con la sociedad rural.

Los términos de agricultura sustentable o sustentabilidad han sido utilizados como un "términos paraguas" abarcando varias aproximaciones ideológicas de la agricultura, incluyendo: agricultura orgánica, agricultura biológica, agricultura alternativa, agricultura ecológica, agricultura de bajos insumos, agricultura biodinámica, agricultura regenerativa, permacultura y agroecología (Foladori & Pierri, 2005).

Por otra parte, en 1987, la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas definió la sostenibilidad como lo que permite "satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades propias" (Gallopín, 2003; ONU, 2024b).

Existen dos interpretaciones de la sostenibilidad agrícola: la sostenibilidad interpretada como un enfoque de la agricultura desarrollado en respuesta a las preocupaciones sobre los impactos de la agricultura, con el objetivo de motivar la adhesión a ideologías y prácticas sostenibles; y la sostenibilidad interpretada como una propiedad de la agricultura desarrollada en respuesta a las preocupaciones sobre las amenazas a la agricultura, con el objetivo de utilizarla como criterio para guiar la agricultura en su respuesta al cambio (Hansen, 1996).

Como referente internacional se tienen los objetivos de desarrollo sostenible que son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos, estos se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia (ONU, 2024a).

Algunos de los objetivos establecidos se relacionan con el presente trabajo, específicamente el objetivo 2 que es crear un mundo libre de hambre para 2030, del cual se retoma la meta 2.3: para 2030, duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, en particular las mujeres, los pueblos indígenas, los agricultores familiares, los pastores y los pescadores, entre otras cosas mediante un acceso seguro y equitativo a las tierras, a otros recursos de producción e insumos, conocimientos, servicios

financieros, mercados y oportunidades para la generación de valor añadido y empleos no agrícolas; y la meta 2.4: para 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra

Así mismo, el Objetivo 12 que pretende garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, algo fundamental para sostener los medios de subsistencia de las generaciones actuales y futuras. Debido a que nuestro planeta se está quedando sin recursos, pero el índice de población sigue creciendo. En caso de que la población mundial alcance los 9,800 millones de personas en 2050, se podría necesitar el equivalente a casi tres planetas para proporcionar los recursos naturales necesarios para mantener los estilos de vida actuales. De este objetivo se retoman la meta 12.2: de aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales y la meta 12.4: de aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.

2.5 Literatura citada

- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., & García-Sánchez, E. I. (2016). Social network analysis for catalysing agricultural innovation: From direct ties to integration and radiality. *Estudios Gerenciales*, 32(140), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>
- Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 25(1), 107–136. <https://doi.org/10.2307/3250961>

- Becerra Fernandez, I., & Sabherwal, R. (2010). Knowledge Management Systems and Processes (M.E. Sharpe Inc. (ed.)).
- Bustelo Ruesta, C., & Amarilla Iglesias, R. (2001). Gestión del conocimiento y gestión de la información. Boletín Del Instituto de Andaluz de Patrimonio Histórico, 8(34), 226–230. <https://doi.org/10.33349/2001.34.1153>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2001). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. In Diario Oficial de la Federación (p. 68). www.mexico.gob.mx
- Cordero Torres, J. M. (2013). Análisis del programa especial concurrente para el desarrollo rural sustentable en México. Desarrollo Local Sostenible, 6(18), 22.
- Davenport, T. H., & Prusark, L. (1998). Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know (p. 199). Harvard Business School Press.
- Fernández Marcial, V. (2006). Gestión del conocimiento versus gestión de la información. Investigación Bibliotecológica, 20(41), 44–62.
- Foladori, G., & Pierri, N. (2005). ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre desarrollo sustentable (Universidad Autónoma de Zacatecas (ed.); Primera ed).
- Gallopin, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es.pdf?sequence=1
- Gold, A. H., Malhotra, A., & Segars, A. H. (2001). Knowledge Management: An Organizational Capabilities Perspective. Journal of Management Information Systems, 18(1), 185–214.
- Hansen, J. W. (1996). Is agricultural sustainability a useful concept? Agricultural Systems, 50(2), 117–143. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(95\)00011-S](https://doi.org/10.1016/0308-521X(95)00011-S)
- Jennex, M. (2007). What is knowledge management? In Knowledge Management in Modern Organizations (pp. 416–420). <https://doi.org/10.1108/01435129910291175>
- Katkar, N. S., Hiremath, R. B., & Yadav, R. (2019). Knowledge management for rural industries using cloud computing. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8(11 Special Issue), 435–441. <https://doi.org/10.35940/ijitee.K1075.09811S19>
- Klerkx, L., Aarts, N., & Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. Agricultural Systems, 103(6), 390–400. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.012>
- Muñoz-Rodríguez, M., Gómez-Pérez, D., Santoyo-Cortés, V. H., Aguilar-Ávila, J., & Aguilar-Gallegos, N. (2014). ¿Qué significa innovar en el ámbito del sector agroalimentario? ...y ¡cómo lo hemos hecho! Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM.

- Nonaka, I. (2007). La empresa creadora de conocimiento. *Harvard Business Review*, Julio 2007, 1–9.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación. (pp. 61–103).
- OECD/Eurostat. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. In *The Measurement of Scientific; Technological and Innovation Activities* (4th Edition). Paris/Eurostat. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- ONU. (2024a). Objetivos de desarrollo sostenible. 17 Objetivos Para Transformar Nuestro Mundo. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- ONU. (2024b). Sostenibilidad. <https://www.un.org/es/impacto-académico/sostenibilidad>
- Rahman, A. A., & Selwyn, J. (2020). A novel approach to design quality model for knowledge management systems. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(2), 872–877.
- Salas Razo, G., & Juárez Hernández, L. G. (2018). Hacia un modelo de desarrollo rural integral sustentable basado en la sociedad del conocimiento. *Espacios*, 39(53), 17. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181351615008>
- Sampedro Hernández, J. L., & Díaz Pérez, C. (2023). Gestión del conocimiento y transferencia tecnológica en México. In *Estado del conocimiento. Educación superior, ciencia, tecnología e innovación. Volumen II* (p. 6). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Sánchez Ballesta, J. P. (2002). Análisis de Rentabilidad de la empresa. *Analisis Contable*, 1–24. <http://ciberconta.unizar.es/leccion/anarenta/analisisr.pdf>
- Szulanski, G. (1996). Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic Management Journal*, 17(SUPPL. WINTER), 27–43. <https://doi.org/10.1002/smj.4250171105>
- Vidal Ledo, M. J., & Araña Pérez, A. B. (2012). Gestión de la información y el conocimiento. *Revista Cubana de Educacion Medica Superior*, 26(3), 474–484.
- Vipinkumar, V. P., Athira, P. V., & Mini, K. G. (2013). Role of ICT in Knowledge Management. In *ICT-oriented Strategic Extension for Responsible Fisheries Management* (pp. 507–527). Central Marine Fisheries Research Institute. http://eprints.cmfri.org.in/9855/1/ICT_Oriented_Strategic_Extension_for_Responsible_Fisheries_Management_Manual-535-555.pdf
- Zugarramurdi, A., Parín, M. A., & Lupin, H. M. (1998). Rentabilidad. In *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* (Ed.), *Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera*. <https://www.fao.org/3/v8490s/v8490s09.htm#7.rentabilidad>

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Experiencias sobre la gestión del conocimiento en el sector agroalimentario

Algunos autores han definido, de manera general, a la gestión del conocimiento (GC) como una serie de procesos de creación, difusión, asimilación, internalización y uso-explotación del conocimiento (Sampedro Hernández & Díaz Pérez, 2023). Entre las categorías de análisis de la GC se encuentran la identificación, captura, conversión, difusión y medición del conocimiento (Davenport & Prusark, 1998; Nonaka & Takeuchi, 1995; Sampedro Hernández & Díaz Pérez, 2023), en este sentido se retoman trabajos realizados en alguna de estas categorías analíticas en el contexto agropecuario y rural.

Folorunso & Ogunseye (2008) analizan en su trabajo un sistema de gestión del conocimiento (SGC), construido para el Centro de Extensión y Recursos de Medios Agrícolas (AMREC) de la Universidad de Agricultura, Abeokuta, Nigeria, que es accesible para la comunidad universitaria y los agricultores asociados a través de una intranet, llamado AGROWIT. Concluyen que la facilidad de uso percibida y la utilidad percibida son constructos importantes a la hora de determinar las actitudes de los usuarios hacia los SGC. Las actitudes, a su vez, predicen fuertemente la intención de uso y las intenciones predicen fuertemente el uso real. Además, encontraron que las variables externas de la edad y la experiencia son indicadores valiosos del uso general del SGC y que influyen en su aplicación. Finalmente, en los cuestionarios que realizaron mencionan como parte de las posibles mejoras los problemas de acceso en relación con las tecnologías móviles en las explotaciones agrícolas (factores facilitadores).

Zecca & Rastorgueva (2017) mencionana en su trabajo que cualquier forma de organización de la gestión del conocimiento es importante para el desarrollo sostenible, y los agricultores tienen incentivos para aplicar cualquier práctica de la gestión del conocimiento para mejorar el desempeño y la competitividad de

sus empresas. Desde el punto de vista teórico, los siguientes factores son los más importantes para la funcionalidad de la gestión del conocimiento rural: conocimiento local, proceso de aprendizaje, transferencia de conocimiento, intercambio de conocimiento; y los principales obstáculos de la aplicación de la gestión del conocimiento en el contexto agrícola son: tiempo limitado y falta de personal calificado. Así mismo, los criterios más importantes para el modelo de gestión del conocimiento sostenible en la agricultura son: capacidad para brindar la información necesaria en el tiempo requerido; costos de organización; y nivel de satisfacción del usuario. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, el resultado más esperado de la gestión del conocimiento agrícola aplicada es un impacto positivo en el rendimiento agrícola. Sin duda, la satisfacción del usuario y la presencia de la información requerida pueden contribuir a una buena toma de decisiones, sin embargo, los agricultores prefieren estimar la eficiencia de la gestión del conocimiento por su impacto general en el desempeño. Finalmente, el resultado más preferible de la actividad de gestión del conocimiento para los agricultores entrevistados es la información en forma de cifras/diagramas y consejos de expertos. Este requisito es importante para organizar el modelo de gestión del conocimiento y subraya la necesidad de los servicios de extensión.

Alemu, Jennex, & Assefa (2018) concluyen en su trabajo que para compartir e integrar conocimientos, es fundamental identificar los grupos sociales relevantes, sus necesidades de información y los conocimientos que poseen. En el caso de sistemas de gestión del conocimiento agrícolas, la investigación que desarrollaron identificó grupos sociales que poseen diferentes conocimientos y que son capaces de influir en el desarrollo y uso de estos sistemas, hay agricultores locales que poseen conocimientos indígenas y expertos agrícolas que poseen conocimientos científicos. Sin embargo, el resultado de esta investigación indicó que los conocimientos en agricultura se han aplicado de manera aislada y fragmentada. Así mismo se identificaron los roles y las prácticas de los agentes de extensión como intermediarios de conocimiento para el intercambio de conocimientos. También mencionan que la interacción de un sistema de gestión del conocimiento compartido y los roles de los intermediarios

del conocimiento pueden permitir a los usuarios acceder a diversos conocimientos y un intercambio eficiente de diferentes formas de conocimiento.

Fagbola, Thakur, & Olugbara (2019) implementaron y evaluaron un sistema de gestión y archivo de conocimientos de producción de conejos (Rab-KAMS) orientado a dispositivos móviles, a través del cual se han resuelto desafíos como la portabilidad, la fuerza de la red y la cobertura para acceder a los repositorios en línea, el costo de los datos, el conocimiento limitado y la rigidez del conocimiento. Rab-KAMS se implementó en el sistema operativo Android y se evaluó cualitativamente según la revisión de los usuarios en términos de interfaz gráfica de usuario, facilidad de uso, eficiencia, confiabilidad y costo. Los resultados obtenidos mostraron que Rab-KAMS es un sistema flexible y modular para la representación manejable de procesos, actividades, objetos y procedimientos involucrados en la producción y cría de conejos.

Gardeazabal et al. (2021) mencionan en sus conclusiones que la aplicación de la gestión del conocimiento en los sistemas agroalimentarios ha sido desafiada por la falta de claridad en los objetivos generales para el desempeño del “sistema”, por desconexiones estructurales en la transmisión de información y dinámicas que intencionalmente o de otra manera desincentivan los cambios positivos en diferentes escamas. Estas barreras de implementación han obstaculizado la capacidad de la gestión del conocimiento para impulsar la innovación y el desarrollo en la agricultura. A través de los principios y procesos de su propuesta, el marco “Gestión del conocimiento agrícola para la innovación” (AKM4I) puede ayudar a cerrar el ciclo de recreación continua del conocimiento, evaluación e iteración de innovaciones, creación de coaliciones para democratizar el acceso y la utilización del conocimiento, y usar MEAL (*Monitoring, evaluation, accountability and learning*) para facilitar la corrección del curso de todas las etapas de la gestión del conocimiento. Un establecimiento completo de este marco podría permitir recopilar datos de diversas fuentes (campo, satélite, sensores) y utilizarlos para modelar sistemas agroalimentarios complejos, identificar puntos de inflexión, elaborar métricas relevantes y acompañar

procesos de intervención para orientar los resultados positivos de la innovación. El AKM4I proporciona un marco que considera algunos de los errores comunes de la gestión del conocimiento para los sistemas agroalimentarios, para darse cuenta de las contribuciones potenciales de la gestión del conocimiento a la innovación y la mejora de los resultados sistémicos. Sin embargo, el modelo solo se ha aplicado en sistemas basados en maíz y trigo en América Latina. Sería interesante aplicar el modelo a cultivos no cereales con cadenas de valor estructuradas de manera diferente y en diferentes contextos culturales para probar qué es necesario ajustar.

López León (2015) analizó la cooperación binacional en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) entre Tamaulipas y su contraparte texana en el área de la agricultura. Esta cooperación se realizó en áreas estratégicas y tuvo como objetivo solucionar problemas comunes en la agricultura. Entre los resultados importantes, la autora argumentó que a pesar de que la CTI no es un tema prioritario para el estado de Tamaulipas y que hay poca infraestructura de investigación (IES- Centros Públicos de Investigación, investigadores, etcétera), las ciencias agropecuarias están en un proceso importante de creación de soluciones no sólo para la región sino para otras regiones de México y Estados Unidos. Los riesgos sanitarios para ambos países han creado una ventana de oportunidad de colaboración entre el INIFAP y su contraparte en Texas. Los diversos proyectos han permitido la creación de nuevo conocimiento, así como la transferencia tecnológica e innovación para diversos cultivos y problemáticas del sector.

Guerrero Meléndez, Ríos Alvarado, Roque Hernández, & Saldívar Alonso (2021) analizaron los procesos de gestión y transferencia de conocimiento en el sector agrícola, particularmente alrededor de las razas nativas de maíz. Los autores parten de la proposición de que, para lograr los objetivos enfocados a la lucha contra el hambre por medio de la seguridad alimentaria y fortalecer a la agricultura sostenible, se necesita de un conocimiento en el dominio del maíz en México que impulse la gestión y transferencia del conocimiento. Los

investigadores apelan a la necesidad de contar con una base de conocimiento que contribuya a la gestión y transferencia del conocimiento con impactos en los objetivos estratégicos establecidos para mitigar el hambre, a partir de la seguridad alimentaria y una agricultura sostenible, apoyando también a la conservación de razas específicas a partir del uso de tecnologías semánticas. El estudio concluye que es importante el desarrollo y uso de tecnologías que faciliten la recuperación, análisis y transformación de la información para transformarla en conocimiento con el objetivo de superar los desafíos que presenta la producción agrícola y una fuente importante son los resultados de trabajos de investigación científica sobre la agricultura.

Martínez Gómez, Santos Corral, De Gortari Rabiela, Romo Lozano, & Martínez (2021) analizaron el aprendizaje cooperativo entre pequeños agricultores de Santa María, Tlahuitoltepec, Oaxaca, a partir de la transferencia de paquetes tecnológicos agrícolas conocidos como milpa intercalada con árboles frutales (MIAF). Este aprendizaje es fruto del intercambio de saberes y referencias simbólicas durante la transferencia de paquetes tecnológicos-agrícolas. En la transferencia tecnológica ocurren procesos de aprendizaje, tanto a nivel individual como grupal-colectivo y organizacional. Las diversas dimensiones del aprendizaje, aunque no siempre analizadas de manera explícita, son cruciales en el éxito de la adopción de tecnologías y en los procesos de cambio tecnológico, organizacional y de innovación. En esta discusión, y a partir del caso analizado, la autora considera que el aprendizaje cooperativo recupera la perspectiva social y cultural del individuo y concibe el conocimiento como una forma de internalización de la cultura, así como la actividad y la comunicación como medios para alcanzarlo. El aprendizaje mutuo también facilita su labor agrícola pues incurren en menores gastos, obtienen productos de autoconsumo y potencian su comercialización.

3.2 Desafíos de la gestión del conocimiento en el sector agroalimentario

La gestión del conocimiento en el sector agroalimentario y rural enfrenta múltiples desafíos que afectan su sostenibilidad, en esta apartado se retoman algunos de ellos que se abordan directa e indirectamente en los resultados cuatro y cinco, iniciamos con la escasa información disponible, las limitadas capacidades para su análisis y toma de decisiones, en seguida se comenta el papel de los asesores o extensionistas como fuentes de conocimiento e innovación, posteriormente se discute sobre los mecanismos deficientes para compartir e intercambiar conocimientos e innovaciones derivados de la investigación, también se incluye la brecha digital que afecta en el sector rural y las limitaciones en infraestructura tecnológica y conectividad rural. A continuación, se detallan cada uno de los aspectos mencionados.

3.2.1 La escasa información disponible, las limitadas capacidades para su análisis y toma de decisiones

En México existen aún, una gran proporción de empresas, organizaciones y unidades de producción en el sector agropecuario que no cuentan con datos e información sobre las actividades que desarrollan. Se podrían incluir en esta situación a un gran porcentaje de las unidades económicas rurales (UER) de los estratos E2, E3 y E4 que en conjunto representan 68.8% de las UER, las cuales se caracterizan tener a la agricultura como principal actividad, un limitado acceso y generación de información y una baja capacidad de gestión empresarial (SAGARPA-FAO, 2014). Este tipo de productores que no cuentan con registros o información también se caracteriza por una limitada inclusión de procesos formales de toma de decisiones y el uso de tecnologías de la información, por lo que en la agricultura familiar y de pequeña escala las decisiones a menudo se basan únicamente en la experiencia y la intuición, como lo cita Clemente, Souza, Taffarel, & Gerigk (2010). Lo que coincide con Vaccaro (2010) quien menciona que los agricultores no son guiados por un patrón totalmente “objetivo” que deriva de las estimaciones acerca del clima o las variaciones de precio en el mercado, mucho menos de las que se basan en el cálculo del beneficio económico

asociado a la probabilidad de ocurrencia de un evento de la naturaleza. Es decir, las experiencias individuales de los agricultores juegan un papel importante y muestran que la toma de decisiones no es solo racional, por ejemplo, pueden influir la decepción con un proyecto anterior, la falta de claridad de su propósito, la falta de mejora observable, entre otros (Hermans et al., 2021), por ende, esta forma de tomar decisiones podría afectar los resultados en la gestión de las empresas agrícolas.

El acceso a la información es crucial en la toma de decisiones para un negocio agrícola viable y sostenible, por lo tanto, los agricultores necesitan diferentes tipos de información de diversas fuentes para mejorar las prácticas existentes y adoptar nuevas tecnologías que les permitan obtener ventajas en rendimiento e ingresos (Nikam et al., 2022). En este sentido, la gestión de la información, que en una empresa agrícola debe permitir una interpretación clara, transparente e inequívoca de los datos, de manera que proporcione la capacidad de respaldar una toma de decisiones estratégicas (Štusek et al., 2017; White et al., 2021).

A pesar de la importancia de la gestión de la información, la tecnología centrada en datos no ha tenido una adopción generalizada en la producción agrícola debido a una serie de obstáculos identificados por White et al. (2021): a) errores en los datos debido a que los agricultores generalmente no tienen el tiempo o recursos para garantizar que los datos recopilados sean exactos y precisos; b) inaccesibilidad a los datos y la información procesable por el volumen de los datos y la falta de ancho de banda de comunicaciones en las zonas rurales; c) inutilizabilidad pues los datos a menudo se recopilan en gran volumen y complejidad, con diferentes unidades, formatos, metadatos, intervalos de tiempo y espacio, etc. lo que dificulta su utilización; d) incompatibilidad debido a que los paquetes de software utilizados para recopilar, almacenar y analizar datos en diversas aplicaciones suelen ser incompatibles entre sí; e) inconveniencia pues la captura, el almacenamiento, el análisis y el uso de datos suelen ser demasiado difíciles o lentos para que los usuarios agrícolas los consideren valiosos; f) falta de retorno de la inversión y propiedad poco clara pues las mayores

preocupaciones son referentes a la propiedad, la privacidad y la seguridad de los datos, además de que los agricultores sienten que sus datos son valiosos y que muchas empresas pueden desear extraer valor de esos datos sin compensación, igualmente les preocupa que sus datos se utilicen en su contra en reclamaciones de seguros, litigios y cumplimiento normativo.

3.2.2 El papel de los asesores agrícolas o extensionistas como fuentes de conocimiento e innovación

Los facilitadores/capacitadores (en esta categoría también pueden incluirse a los asesores o extensionistas) son uno de los elementos clave que intervienen en la gestión de conocimiento, ya que fomentan y estimulan la creación de conocimiento, lo protegen y facilitan su intercambio en la organización (Sampedro Hernández & Díaz Pérez, 2023; Szulanski, 1996). En este sentido, Alemu, Jennex, & Assefa (2018) identificaron los roles y las prácticas de los agentes de extensión (extensionistas) como intermediarios de conocimiento, así mismo, indican que la interacción de un sistema de gestión del conocimiento compartido y los roles de los intermediarios del conocimiento pueden permitir a los usuarios acceder a diversos conocimientos y un intercambio eficiente de diferentes formas de conocimiento.

En su trabajo, Zecca & Rastorgueva (2017) mencionan que desde el punto de vista teórico, los factores más importantes para la funcionalidad de la gestión del conocimiento rural: conocimiento local, proceso de aprendizaje, transferencia de conocimiento, intercambio de conocimiento; y los principales obstáculos de la aplicación de la gestión del conocimiento en el contexto agrícola son: tiempo limitado y falta de personal calificado, pudiendo referirse a la falta de asesores calificados.

Debido a lo anterior, la pertinencia de las acciones de los actores generadores y difusores del conocimiento sólo será posible si mantienen una gran comunicación con el sector productivo. Para construir y atender la agenda mencionada es necesario fortalecer la triple hélice configurada entre gobierno, universidades-

centros de investigación (públicos y privados) y los agricultores; sólo así la investigación se logrará orientar preponderantemente a atender las necesidades de la sociedad, y del sector productivo en particular; es decir, orientarlo a la innovación. Esto representa una construcción compleja, basada en múltiples y continuas retroalimentaciones, interacciones técnicas y políticas, aproximaciones sucesivas y, sobre todo, aprendizajes (Aguilar Avila & Santoyo Cortés, 2015).

En este sentido, el papel de los asesores es uno de los desafíos que se aborda en el segundo artículo. En la discusión se analiza esta situación: para que las unidades de producción se gestionen de manera adecuada, es importante la adopción de innovaciones relacionadas con la gestión sostenible del suelo y a su vez con la AR, para prevenir la degradación de los suelos y mantener la producción sostenible de alimentos (Jaworski et al., 2024), por lo tanto, se debe considerar el acceso a información y conocimiento que deriven en innovaciones como factor que influye en los procesos de transición hacia enfoques más sostenibles, para ello son esenciales las fuentes de información y relaciones que tienen los productores. En los casos analizados que tienen un enfoque de AR, cuentan con la asesoría de técnicos especializados en temas técnico – productivos, pero que también se mantienen actualizados y promueven enfoques productivos más sostenibles. Lo anterior coincide con lo reportado por Jiménez-Carrasco et al. (2023) quienes mencionan que los vínculos sociales que establece y gestiona un pequeño productor son un elemento importante para aumentar la adopción de innovaciones agrícolas en el tiempo, así mismo, indican que actores como el gobierno, el sector privado, las instituciones y consumidores juegan roles importantes en la difusión de innovaciones, por lo que ningún productor innova más de lo que sus relaciones le permiten.

3.2.3 Mecanismos deficientes para compartir e intercambiar conocimientos e innovaciones derivados de la investigación

Para reforzar lo analizado en el punto anterior sobre el papel de los asesores como fuentes de conocimiento e innovación, se analizan los mecanismos deficientes para compartir e intercambiar conocimientos e innovaciones entre universidades, centros de investigación y el sector agropecuario al ser los principales generados de conocimiento y, por ende, tienen un impacto significativo en el desarrollo y la competitividad de este sector.

El impacto en el área de la innovación y competitividad del sector agropecuario se ve afectada ya que la falta de canales efectivos para la transferencia de conocimiento impide que las innovaciones desarrolladas en entornos académicos lleguen a los productores, lo cual se traduce en una adopción lenta de tecnologías que podrían mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las prácticas agrícolas. Así mismo, la insuficiente vinculación entre universidades y el sector productivo limita la formación adecuada de profesionales y esto se traduce en una fuerza laboral que no está completamente equipada para enfrentar los desafíos del sector, afectando la calidad y pertinencia de su trabajo. En contraste, la aplicación de un modelo de gestión universitaria del conocimiento para el desarrollo agropecuario local encuentra solución a problemas apremiantes expresados en disminución del deterioro de ecosistemas, condiciones ambientales y calidad de vida y alcanzar desarrollo agropecuario sostenible. La educación superior actúa en el municipio de Camajuaní como gestor de conocimiento e innovación, minimiza amenazas y potencia oportunidades que se presentan para cumplir su función, a partir de las transformaciones en la Educación Superior, con calidad, eficiencia y racionalidad, para ser sostenible, el modelo es incluyente, equitativo y participativo desde su concepción, en su gestión e implementación (Báez-Hernández, Hernández-Medina, Perdomo-Vázquez, Garcés-González, & Alibet-Carrasco, 2018).

En su trabajo, Romero González (2017) exploró cómo afectan los obstáculos organizacionales y culturales durante la transferencia del conocimiento en la

Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). El planteamiento teórico se sitúa en el rol que las IES desempeñan en la sociedad del conocimiento, en sus actividades de producción y difusión del conocimiento, en su adaptación y cambio a los entornos competitivos creando vínculos entre la educación, la investigación básica y aplicada. En la literatura se analizan los mecanismos de transferencia de conocimiento desde las IES hacia la sociedad, que van desde la publicación de libros, artículos, presentaciones en congresos, el intercambio académico entre investigadores y la industria, hasta las patentes, la colaboración internacional y la formación de investigadores entre, por ejemplo, IES y empresas. La autora argumentó que es importante que se fomenten los espacios de reflexión y generación de conocimiento y que se ayude al alumnado a incrementar su aprendizaje, que tenga un pensamiento crítico y que se den incentivos para que se motiven a seguir aprendiendo. Esto se acompaña de estrategias como las discusiones grupales, impulso de la creatividad y apertura a nuevas ideas, una comunicación de forma clara y fácil de entender, y la generación de soluciones a partir de problemas reales compartiendo las mejores prácticas.

En algunos estudios identificados como clásicos en el campo de la gestión del conocimiento y transferencia de tecnología, uno de los supuestos básicos que se identifican es que la producción de conocimiento no implica necesariamente su transferencia. A nivel de las organizaciones se resalta la importancia de la gestión inteligente en las IES, el papel de los incentivos y los canales a partir de los cuales ocurre la transferencia (Sampedro Hernández & Díaz Pérez, 2023).

En este mismo sentido, Acosta Reveles & Sieglín Suetterlin (2013) hicieron una importante reflexión sobre por qué la existencia de mayores cúmulos de información y conocimiento no necesariamente implica que sean transferidos de manera automática para resolver los problemas más importantes de la sociedad. Los autores argumentan que, si bien el conocimiento científico y sus aplicaciones prácticas son cruciales y valiosos en la sociedad del conocimiento, su apropiación y uso privado genera explotación, exclusión y discriminación social, deterioro

ambiental, competencia salvaje en los mercados internacionales, etc. Esto genera un contexto particular en el que se crean los conocimientos científicos y tecnológicos en países en desarrollo como México y en sus universidades.

Por otra parte, Stezano & Millán (2014) analizaron críticamente el concepto de transferencia de conocimiento y tecnología entre el sector académico e industrial. Desde la perspectiva de los investigadores de tres Centros Públicos de Investigación (CPI) analizaron los incentivos que los motivan a trabajar en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico junto a las empresas, y los procesos-canales encaminados a la transferencia de conocimientos y tecnología hacia las empresas. Los autores destacan el cuestionamiento sobre la perspectiva que equipara a los procesos de transferencia de conocimientos y tecnología con los canales de comercialización de los resultados de investigación. Como resultado proponen una perspectiva que incluye en su esquema analítico las distintas vías de vinculación y motivaciones que influyen en su relación. Los autores concluyen que muchos investigadores de las IES-CPI se relacionan con la industria no para buscar comercializar sus ideas sino para avanzar en su investigación y lograr un desarrollo en los procesos de aprendizaje como consecuencia del vínculo con la industria. En el nivel teórico se argumenta que la discusión de los supuestos analíticos que explican la transferencia de conocimientos entre ciencia e industria excluye los contextos tecno productivos, sociopolíticos e institucionales diferenciados a nivel nacional. Finalmente, en el ámbito de la política pública proponen fortalecer múltiples vías de intermediación que contribuyan a promover las diversas instancias de colaboración entre ciencia e industria, sin apegarse a un solo canal.

En esta misma línea, Ortiz Cantú & Solleiro Rebolledo (2020) evaluaron la eficacia de la política de fomento a la transferencia de tecnología del Gobierno de México mediante el análisis de las actividades de las Organismos de Transferencia de Tecnología (OTT). En el estudio se encontró que las universidades públicas poseen rutinas burocráticas rígidas, creencias, valores, financiamientos, personal e infraestructura que pueden significar un obstáculo

para las expectativas de los profesores-investigadores innovadores. Las trayectorias académico-profesionales de los profesores-investigadores son construidas a partir de la influencia que ejercen en su comportamiento los factores objetivos de las universidades, y esos factores tienen un rol obstaculizador de la transferencia de conocimiento, la vinculación y la innovación por estar ausentes o ser ineficientes y rígidas.

Continuando con este enfoque, Agramon Mata & Lechuga Cardozo (2019) mostraron evidencia sobre las disposiciones en relación con la transferencia tecnológica entre las principales universidades públicas de producción científica en México: la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Entre sus conclusiones, los investigadores argumentan que las universidades tienen una débil capacidad para demostrar sus portafolios de tecnologías e información de sus respectivos inventores, y hay un pobre catálogo de empresas a las que los investigadores interesados puedan transferir la tecnología desarrollada. La UANL y la UNAM son las universidades que brindan los mejores incentivos hacia los investigadores para la producción de propiedad industrial y su respectiva comercialización. En la repartición de regalías la UAM provee el porcentaje más alto a los investigadores (50%). En relación con la oferta tecnológica, la BUAP presenta la plataforma con información más completa y atractiva para la visibilidad por parte de los usuarios. Los autores recomiendan una continua actividad de investigación sobre las disposiciones de transferencia de tecnología de las universidades pues la información es difícil de encontrar. Al mismo tiempo se debe fomentar la disseminación efectiva de información y de los portafolios de tecnologías, así como de sus prácticas exitosas tanto de investigación como de propiedad industrial y comercialización.

Así mismo, Miranda Zea, Pérez Mora, & García Ponce de León (2019) analizaron cómo el clima organizacional de las universidades públicas estatales del país

influye en la construcción de las trayectorias académico-profesionales de los profesores-investigadores que deciden participar en procesos de transferencia tecnológica. Para el caso mexicano, recientemente ha habido importantes trabajos en el análisis de las OTT, pero aún hay preguntas abiertas sobre tópicos particulares, por ejemplo: la mejor configuración organizacional e institucional, el desarrollo de las diversas prácticas de apoyo como el licenciamiento, patentamiento, diseño y difusión de portafolios de tecnologías, información de las trayectorias de sus respectivos inventores, etcétera. También hay una ventana de oportunidad para analizar los nuevos modelos de negocio en la GC y TT, en el que las IES-CPI empiezan a tener un papel central, los esquemas de incentivos y de regalías para los participantes, entre otros temas relacionados.

Aguilar Avila & Santoyo Cortés (2015) retoman un estudio realizado mediante la Encuesta Conacyt-anuies, aplicada a 341 instituciones de educación superior y centros de investigación. De 70% que dio respuesta en 2011, se obtuvo la siguiente información: Más de 80% de las IES del país realiza actividades de vinculación con los sectores público, productivo y social, en los últimos años se ha demandado el desarrollo de servicios: 82.5% consultoría, 84.2% asesorías y 77.2% asistencia técnica. En lo que se refiere a otras formas de vinculación, se encontró que 35.1% de las IES ha realizado transferencia de tecnología; 26.3% ha llevado a cabo la investigación básica contratada y el licenciamiento de tecnología (24.6%); así mismo, 20% de las IES incorpora, entre las estrategias para fortalecer la vinculación al interior de sus programas académicos, la elaboración de diagnósticos para identificar las necesidades de su entorno. Además, 18.7% de las universidades públicas y 10.3% de las universidades particulares ha publicado catálogos de los servicios que ofrece. Entre las limitaciones encontraron que el 63.2% de las universidades públicas y 58.3% de las particulares señalan que hay insuficientes recursos humanos calificados, tanto del área administrativa como académica, para desarrollar proyectos de vinculación. Además, al interior de las IES existe poca precisión en la misión de los programas de desarrollo institucional, acerca del significado e importancia de las actividades de vinculación con el entorno y en particular con el sector

productivo. También se observa poca flexibilidad de las estructuras curriculares para la formación de recursos humanos, lo cual inhibe la vinculación. Finalmente, se menciona que, al interior de las IES, falta una cultura de vinculación que estimule: la comunicación, la cooperación, el interés y la identificación de la capacidad institucional para resolver los problemas del entorno.

Frecuentemente la actividad de investigación o extensión no alcanza sus metas a causa de la insuficiente coordinación entre las instituciones, derivada ya sea de la incompetencia técnica de los diversos actores que conforman la tríada de la extensión o de su incapacidad para tejer redes de colaboración. Al final, los programas que no logran demostrar sus impactos serán fácilmente cuestionados. En este contexto, la agenda de innovación en los territorios rurales acarrea nuevos retos y exige una incorporación más rápida de conocimientos por parte de los agricultores. Conocimientos que en ocasiones deben ser generados, validados y difundidos eficazmente por todo el sistema de innovación y conocimiento donde los centros de investigación, las universidades, el servicio de extensión y los agricultores líderes tienen un papel fundamental y deberán ser cada vez más protagónicos (Aguilar Avila & Santoyo Cortés, 2015).

El papel de las universidades y los centros de investigación es un elemento crucial, ya que la ineficiencia en el intercambio de conocimientos puede llevar a una menor productividad en el sector agropecuario, lo que a su vez afecta negativamente el crecimiento económico local. Así mismo, la incapacidad para implementar innovaciones puede resultar en menores ingresos para los agricultores y empresas agroindustriales. Igualmente, sin un adecuado flujo de información sobre prácticas sostenibles, el sector puede continuar utilizando métodos tradicionales que son perjudiciales para el medio ambiente y la falta de innovación en técnicas agrícolas puede contribuir a problemas como la degradación del suelo y el uso excesivo de recursos naturales.

3.2.4 Brecha digital en el sector rural

El término “brecha digital” se refiere a la distancia entre quienes pueden hacer uso efectivo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y los que no pueden, ya sea por ser personas mayores, con discapacidad, analfabetos, analfabetos tecnológicos o digitales, o personas con limitaciones económicas o en situación marginal (Guzmán Acuña, 2008; Sánchez Prieto, Trujillo Torres, Gómez García, & Gómez García, 2020). Este tema no se aborda directamente en los artículos, si embargo, es un tema relevante para la gestión del conocimiento en la era digital en la que estamos viviendo, lo cual no excluye al sector agropecuario.

La existencia de la brecha digital es una de las preocupaciones más importantes desde los procesos de introducción y uso de internet en nuestras sociedades. La posibilidad de las personas de acceder o no a la red es un determinante de importantes consecuencias personales, profesionales y sociales (Duart, 2010; Hidalgo, Gabaly, Morales-Alonso, & Urueña, 2020). Hoy, como resultado de las políticas públicas y privadas de implantación de infraestructuras tecnológicas llevadas a cabo en la mayoría de los países y, de forma especial, gracias al avance de la telefonía móvil, la brecha digital, desde la perspectiva del acceso, se está cerrando y lo está haciendo a gran velocidad (Duart, 2010).

Hoy podemos constatar que la brecha digital, tal y como la entendíamos hasta ahora, se ha reducido considerablemente. Pero a pesar de ello, y como consecuencia de este mayor acceso a la red, se han abierto otras brechas, otras formas de separación social que son, en cierto modo, más preocupantes que la inicial. Nos referimos a las divisiones ocasionadas por los diferentes niveles de aprovechamiento del potencial de la red, ya sea para la actividad personal y social en general, como para el aprendizaje (Duart, 2010; Guzmán Acuña, 2008; Niyigena, Jiang, Ziou, Shaw, & Touhidul Hasan, 2020; Sánchez Prieto et al., 2020).

En cuanto a las competencias o habilidades digitales se definen como un espectro de competencias que facilitan el uso de los dispositivos digitales, las aplicaciones de la comunicación y las redes para acceder a la información y llevar a cabo una mejor gestión de éstas. Dichas competencias permiten crear e intercambiar contenidos digitales, comunicar y colaborar, así como dar solución a los problemas con miras a alcanzar un desarrollo eficaz y creativo en la vida, el trabajo y las actividades sociales en general. Así mismo, se considera que las competencias digitales básicas, o sea, las competencias funcionales fundamentales para el uso elemental de los dispositivos digitales y las aplicaciones en línea, al igual que las competencias convencionales de la lectura, la escritura y el cálculo, son parte esencial de la nueva gama de competencias en alfabetización durante la era digital (UNESCO, 2018; Uzule, 2020).

Las competencias digitales podrían definirse también como habilidades avanzadas que permiten utilizar e interactuar libremente con las tecnologías informáticas. El desarrollo de las competencias digitales es importante para mantener las habilidades de aprendizaje a lo largo de toda la vida y adaptarse a las diversas transformaciones del mercado laboral (Uzule, 2020).

Hay ciertas condiciones básicas que deben existir para el uso de las tecnologías digitales y, por tanto, para la transformación digital del sector agroalimentario. Entre ellas figuran: la infraestructura y la conectividad (suscripciones móviles, cobertura de la red, acceso a Internet y suministro eléctrico), la asequibilidad, el grado de instrucción (alfabetización, competencias digitales o educación sobre TIC) y el apoyo institucional. Además de las condiciones básicas, existen importantes factores que facilitan la transformación digital en el sector agroalimentario, estas son el uso de Internet, las redes sociales y de telefonía móvil entre los agricultores y los extensionistas, las aptitudes digitales entre la población rural y una cultura de fomento del espíritu agroempresarial digital y la innovación digital (Trendov et al., 2019).

El acceso a la tecnología digital puede ofrecer ventajas considerables a los pequeños agricultores y otros negocios rurales al proporcionar vinculaciones con

proveedores e información y permitir que los usuarios puedan aprovechar el talento de la fuerza de trabajo, establecer asociaciones estratégicas, tener acceso a servicios de apoyo tales como capacitación, servicios financieros y jurídicos y, lo que es decisivo, llegar a los mercados y clientes (Trendov et al., 2019).

Sin embargo, la introducción de tecnologías digitales en las zonas rurales puede suponer un reto. En todo el mundo, las poblaciones rurales están disminuyendo, y las oportunidades de educación y empleo son limitadas. Con frecuencia existe una falta de infraestructura, incluida la infraestructura básica de tecnologías de la información, en particular en comunidades rurales muy alejadas y las que tienen grandes poblaciones indígenas. Los costos relacionados con la infraestructura relativa a las tecnologías de la información constituyen un importante desafío en las zonas rurales, donde los índices de pobreza son por lo general elevados, en especial en los países en desarrollo y los países menos adelantados (Trendov et al., 2019).

3.2.5 Limitaciones en infraestructura tecnológica y conectividad en las zonas rurales

Aunado al punto anterior, las deficiencias en la infraestructura tecnológica también representan un desafío significativo, pues la falta de acceso a tecnologías modernas y sistemas de información limita la capacidad de los agricultores para compartir y utilizar el conocimiento.

En la época de la digitalización, las TIC, como los teléfonos móviles y las computadoras, han revolucionado la manera en que las personas acceden a los conocimientos y la información, hacen negocios y utilizan servicios. Sin embargo, en las zonas rurales esta realidad es diferente pues, aunque el acceso a las computadoras y a Internet también viene aumentando en los países menos adelantados y las economías en desarrollo existen aún 2,700 millones de personas que siguen sin tener conexión en el mundo y están

desproporcionadamente ubicadas en zonas rurales y alejadas, así mismo, tienen un mayor acceso los hombres que las mujeres (ONU, 2023; Trendov et al., 2019).

La conectividad universal sigue siendo especialmente difícil en los países menos avanzados, donde solo el 36% de la población está en línea actualmente. Sin embargo, si hacemos énfasis en América Latina y el Caribe, el 77.9% de la personas utilizan internet (ONU, 2023). Por lo tanto, uno de los desafíos es que la cobertura de redes en las zonas rurales sigue siendo limitada y se suma que el tipo de teléfono al que puedan tener acceso de no siempre son teléfonos inteligentes aptos para Internet (Trendov et al., 2019).

3.3 Agricultura Regenerativa y su aplicación en el agro

La agricultura regenerativa (AR) es una alternativa que busca transformar la producción de alimentos y reparar los ecosistemas (Gordon, Davila, & Riedy, 2023). Está ganando terreno en medio de los costos acumulados de la agricultura convencional para el medio ambiente, las comunidades rurales y los propios agricultores (Miller-Klugesherz & Sanderson, 2023). En una era en la que la agricultura convencional ha sido cuestionada por sus costos ambientales y sociales, la agricultura regenerativa sugiere que las prácticas de gestión de la tierra pueden organizarse en torno a prácticas agrícolas y de pastoreo que regeneren procesos ecológicos y comunitarios interdependientes para las generaciones venideras (Bergmann et al., 2022).

La agricultura regenerativa se refiere a un conjunto de principios, prácticas o resultados que buscan mejorar la salud del suelo, la biodiversidad, el clima, la función de los ecosistemas y los resultados socioeconómicos, sin embargo, existe una amplia heterogeneidad en cómo se define y esto impide la capacidad de comprender qué es la agricultura regenerativa (Sands, Machado, White, Zent, & Gould, 2023).

No existe un consenso entre los estudiosos del tema sobre una sola definición de Agricultura Regenerativa, sin embargo, coinciden en que se enfoca en la

recuperación de los suelos. Al respecto, Schreefel, Schulte, de Boer, Schrijver, & van Zanten (2020) lo definen como un enfoque de la agricultura que utiliza la conservación del suelo como punto de entrada para regenerarse y contribuir a múltiples servicios de suministro, regulación y apoyo, con el objetivo de que esto mejore no sólo las dimensiones ambientales, sino también sociales y económicas de la producción sostenible de alimentos.

Se señalan cinco principios de la salud del suelo que son los principios rectores de un sistema regenerativo, estos principios se reducen a lo mismo: trabajar con el sistema natural (Manshanden et al., 2023). Los cinco principios básicos de la salud del suelo descritos por Brown (2018) son: a) Minimice la perturbación del suelo: perturbar el suelo tendrá un impacto negativo en la estructura del suelo, la fertilidad del suelo y la salud del suelo en general, se incluyen tanto las perturbaciones químicas como las físicas. Esto significa que se deben minimizar la labranza y los insumos químicos. b) Maximizar la diversidad de cultivos: aumentará la resiliencia del sistema, apoyará la biodiversidad y un suelo rico y saludable. Esto podría ser tanto en el espacio como en el tiempo, considerando la rotación y la configuración (cultivo en franjas, cultivo mixto, etc.). c) Mantenga el suelo cubierto: el suelo desnudo es susceptible a la erosión, la evaporación y la germinación de malas hierbas. Mantener el suelo cubierto protegerá el suelo del clima y alimentará la vida del suelo. d) Mantenga las raíces vivas durante todo el año: proporcionará nutrientes para la vida del suelo durante todo el año. e) Integrar la ganadería: mejorará el ciclo de nutrientes del suelo.

La agricultura regenerativa es un enfoque agrícola que utiliza la salud del suelo como punto de entrada para contribuir a diversos servicios ecosistémicos, como un mejor ciclo de nutrientes y la regulación del clima, con la aspiración de que esto mejore no sólo las dimensiones ambientales, sino también sociales y económicas de la producción de alimentos (Schreefel, de Boer, et al., 2022; Schreefel, van Zanten, et al., 2022). Para alcanzar estos objetivos, los agricultores pueden aplicar diferentes prácticas (Schreefel, van Zanten, et al., 2022). Por lo tanto, la gestión sostenible del suelo es esencial para prevenir la

degradación del suelo agrícola y mantener la producción de alimentos y los servicios ecosistémicos básicos del suelo (Jaworski, Krzywoszynska, Leake, & Dicks, 2024).

Aunque aún no está claro qué consideran los propios agricultores prácticas de gestión sostenible del suelo y cómo se relacionan con los principios de la agricultura regenerativa, se han realizado estudios para evaluar el grado de aplicación de dichos principios en países como Reino Unido mediante una “puntuación de agricultura regenerativa” asignando prácticas individuales entre los principios de la agricultura regenerativa (Jaworski et al., 2024); así mismo, otro estudio en África subsahariana con la realización de tres estudios de caso concluyen que los enfoques de agricultura sostenible basados en resultados permitirían flexibilidad en términos de los procesos que conducen a esos resultados deseados, particularmente desde la perspectiva de los pequeños agricultores y sus posibles beneficios colaterales (Amede, Konde, Muhinda, & Bigirwa, 2023).

En un estudio realizado para evaluar el impacto de la adopción de tecnologías de agricultura regenerativa en la productividad del caupí en las tierras secas del condado de Embu, Kenia, se concluye que la adopción de tecnologías de agricultura regenerativa debe ampliarse para aumentar la productividad del caupí en tierras secas (Mogaka, 2023). Por su parte, Voisin et al. (2024) proporciona evidencia sobre los tipos y el uso de insumos en la agricultura regenerativa en el contexto de sus relaciones con el rendimiento y los resultados fiscales.

Un estudio enfocado a cuantificar los efectos de los programas de gestión agrícola en los suelos del delta de los ríos del suroeste de Columbia Británica, Canadá, para resultados regenerativos a través de indicadores de mitigación y adaptación climática, concluyó que dichos programas pueden mejorar eficazmente los resultados regenerativos y mejorar la resiliencia de los agroecosistemas en esta importante región agrícola (Kersey, Shekhar Paul, Dowell, Krzic, & Smukler, 2024).

También existen estudios que indican que las diferentes prácticas de agricultura regenerativa incrementan el carbono orgánico en el suelo, en comparación con las prácticas convencionales, pero también deben considerar la importancia de mantener el rendimiento, o arriesgarse al potencial de compensar la mitigación mediante la conversión de más tierras para la agricultura (Rehberger, West, Spillane, & McKeown, 2023).

Khangura et al. (2023) examinaron los beneficios y mecanismos informados asociados con la agricultura regenerativa comparándolos con los datos científicos disponibles, encontraron que los beneficios de las prácticas de agricultura regenerativa pueden variar entre diferentes agroecosistemas y no necesariamente pueden ser aplicables en múltiples regiones agroecológicas. Recomiendan implementar pruebas rigurosas de sistemas agrícolas a largo plazo para comparar las prácticas convencionales y de agricultura regenerativa con el fin de generar conocimiento sobre los beneficios y mecanismos asociados con la agricultura regenerativa a escalas regionales.

Ntawuhiganayo et al. (2023) realizaron una evaluación de la adopción de prácticas agrícolas regenerativas en África Oriental y sus hallazgos sugieren que los hogares agrícolas participan en menos de cuatro prácticas diferentes, principalmente en prácticas menos intensivas en mano de obra, como la rotación de cultivos y los cultivos intercalados. La seguridad alimentaria de los hogares aumentó con un mayor número de prácticas agrícolas regenerativas aplicadas por los hogares y una mayor frecuencia de las visitas a las granjas por parte de los agentes de extensión. Las prácticas de agricultura regenerativa, cuando se aplican en combinación, tienen el potencial de aumentar la seguridad alimentaria de los hogares.

Montgomery et al. (2022) realizaron un estudio sobre la salud del suelo y densidad de nutrientes entre agricultura regenerativa y convencional, sus resultados indican que las prácticas agrícolas regenerativas mejoran los perfiles nutricionales de los cultivos y el ganado. Las mediciones de granjas pareadas en los Estados Unidos indican diferencias en la salud del suelo y la densidad de

nutrientes de los cultivos entre campos trabajados con prácticas convencionales (fertilizadas sintéticamente y tratadas con herbicidas) o regenerativas durante 5 a 10 años.

Existen enfoques más holísticos de la agricultura regenerativa, que a través de estudios empíricos como el de Kallio & LaFleur (2023) que concluyen que la transformación hacia medios de vida ecológicos requiere una reevaluación radical y una explicación de las diversas relaciones paisajísticas más que humanas.

3.4 Literatura citada

- Acosta Reveles, I. L., & Sieglin Suetterlin, V. (2013). Trabajo científico, política y cultura en las universidades públicas (MÁ Porrúa (ed.)). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Agramon Mata, J. F., & Lechuga Cardozo, J. I. (2019). Las disposiciones de transferencia de tecnología hacia los investigadores en las principales Instituciones de Educación Superior públicas de producción científica en México. *Revista Innovaciones de Negocios*, 16(32), 304–331. <https://doi.org/10.29105/rinn16.32-5>
- Aguilar Avila, J., & Santoyo Cortés, V. H. (2015). Modelos alternativos de capacitación y extensión comunitaria.
- Alemu, D., Jennex, M. E., & Assefa, T. (2018). Agricultural knowledge management system development for knowledge integration. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, January, 4317–4326. <https://doi.org/10.24251/hicss.2018.544>
- Amede, T., Konde, A. A., Muhinda, J. J., & Bigirwa, G. (2023). Sustainable Farming in Practice: Building Resilient and Profitable Smallholder Agricultural Systems in Sub-Saharan Africa. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15075731>
- Báez-Hernández, A., Hernández-Medina, C. A., Perdomo-Vázquez, J. M., Garcés-González, R., & Alibet-Carrasco, M. (2018). Modelo de gestión del conocimiento para el desarrollo agropecuario local. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 28(51), 1–26. <https://doi.org/10.24836/es.v28i51.517>
- Bergmann, L., Chaves, L. F., Betz, C. R., Stein, S., Wiedenfeld, B., Wolf, A., & Wallace, R. G. (2022). Mapping Agricultural Lands: From Conventional to Regenerative. *Land*, 11(3), 1–41. <https://doi.org/10.3390/land11030437>

- Brown, G. (2018). *Dirt to soil: one family's journey into regenerative agriculture* (Primera ed). Chelsea Green Publishing.
- Clemente, A., Souza, A., Taffarel, M., & Gerigk, W. (2010). Profile of family farms and cost control in South-Central Region of Paraná. *Custos e Agronegocio*, 6(3), 21–43.
- Davenport, T. H., & Prusark, L. (1998). *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know* (p. 199). Harvard Business School Press.
- Duart, J. M. (2010). Nuevas brechas digitales en la educación superior. *RUSC Universities and Knowledge Society Journal*, 7(1), 1–2. <http://rusc.uoc.edu>
- Fagbola, T. M., Thakur, S. C., & Olugbara, O. (2019). Rab-KAMS: A reproducible knowledge management system with visualization for preserving Rabbit Farming and Production Knowledge. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(1), 263–273. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100135>
- Folorunso, O., & Ogunseye, S. O. (2008). Applying an enhanced technology acceptance model to knowledge management in agricultural extension services. *Data Science Journal*, 7(March), 31–46. <https://doi.org/10.2481/dsj.7.31>
- Gardeazabal, A., Lunt, T., Jahn, M. M., Verhulst, N., Hellin, J., & Govaerts, B. (2021). Knowledge management for innovation in agri-food systems: a conceptual framework. *Knowledge Management Research and Practice*, 00(00), 1–13. <https://doi.org/10.1080/14778238.2021.1884010>
- Gordon, E., Davila, F., & Riedy, C. (2023). Regenerative agriculture: a potentially transformative storyline shared by nine discourses. *Sustainability Science*, 18(4), 1833–1849. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01281-1>
- Guerrero Meléndez, T. Y., Ríos Alvarado, A. B., Roque Hernández, R. V., & Saldivar Alonso, V. P. (2021). La gestión y transferencia de conocimiento sobre el maíz en México a través del desarrollo de ontologías de dominio: un desafío actual. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(2), 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2543>
- Guzmán Acuña, J. (2008). Estudiantes universitarios: entre la brecha digital y el aprendizaje. *Apertura*, 8(8), 21–33.
- Hermans, T. D. G., Whitfield, S., Dougill, A. J., & Thierfelder, C. (2021). Why we should rethink 'adoption' in agricultural innovation: Empirical insights from Malawi. *Land Degradation and Development*, 32(4), 1809–1820. <https://doi.org/10.1002/ldr.3833>
- Hidalgo, A., Gabaly, S., Morales-Alonso, G., & Urueña, A. (2020). The digital divide in light of sustainable development: An approach through advanced machine learning techniques. *Technological Forecasting and Social Change*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119754>

- Jaworski, C. C., Krzywoszynska, A., Leake, J. R., & Dicks, L. V. (2024). Sustainable soil management in the United Kingdom: A survey of current practices and how they relate to the principles of regenerative agriculture. *Soil Use and Management*, 40(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/sum.12908>
- Jiménez-Carrasco, J. S., Rendón-Medel, R., Díaz-José, J., & Segura-Salazar, C. M. (2023). Nadie innova más de lo que sus relaciones le permiten: El caso de pequeños productores. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(NEIII). <https://doi.org/10.19136/era.a10nneiii.3718>
- Kallio, G., & LaFleur, W. (2023). Ways of (un) knowing landscapes: Tracing more-than-human relations in regenerative agriculture. *Journal of Rural Studies*, 101(June), 103059. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103059>
- Kersey, J. H., Shekhar Paul, S., Dowell, L., Krzic, M., & Smukler, S. M. (2024). 25-years of stewardship programs enhance regenerative outcomes in river delta soils of southwestern British Columbia, Canada. *Geoderma*, 443(August 2023), 116808. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116808>
- Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bowyer, J. (2023). Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3), 1–41. <https://doi.org/10.3390/su15032338>
- López León, A. (2015). Tamaulipas-Texas. De la generación de conocimiento a la transferencia tecnológica en la agricultura. In *Experiencias estatales y transfronterizas de innovación en México (Issue September)*. El Colegio de la Frontera Norte.
- Manshanden, M., Jellema, A., Sukkel, W., Hennen, W., Jongeneel, R., Brazao Vieira Alho, C., Miguel Garcia, Á. de, Vos, L. de, & Geerling-Eiff, F. (2023). Regenerative agriculture in Europe: an overview paper on the state of knowledge and innovation in Europe. *Wageningen Economic Research*. <https://doi.org/doi.org/10.18174/629483>
- Martínez Gómez, G., Santos Corral, M. J., De Gortari Rabiela, R. N., Romo Lozano, J. L., & Martínez, D. V. (2021). Aprendizaje cooperativo para la transferencia de la tecnología MIAF: los mixes de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1), 89–100. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2706>
- Miller-Klugesherz, J. A., & Sanderson, M. R. (2023). Good for the soil, but good for the farmer? Addiction and recovery in transitions to regenerative agriculture. *Journal of Rural Studies*, 103(September), 103123. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103123>
- Miranda Zea, A., Pérez Mora, R., & García Ponce de León, O. (2019). La universidad pública en la transferencia tecnológica: ¿losa de 20 toneladas? *Revista Lusófona de Educação*, 43, 27–39. <https://doi.org/10.24140/issn.1645-7250.rle43.02>

- Mogaka, H. (2023). Effects of Regenerative Agriculture Technologies on the Productivity of Cowpea in the Drylands of Embu County, Kenya. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 11(1), 190–198. [https://doi.org/10.18006/2023.11\(1\).190.198](https://doi.org/10.18006/2023.11(1).190.198)
- Montgomery, D. R., Biklé, A., Archuleta, R., Brown, P., & Jordan, J. (2022). Soil health and nutrient density: preliminary comparison of regenerative and conventional farming. *PeerJ*, 10, 1–20. <https://doi.org/10.7717/peerj.12848>
- Nikam, V., Ashok, A., & Pal, S. (2022). Farmers' information needs, access and its impact: Evidence from different cotton producing regions in the Maharashtra state of India. *Agricultural Systems*, 196(March 2021), 103317. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103317>
- Niyigena, J.-P., Jiang, Q., Ziou, D., Shaw, R.-S., & Touhidul Hasan, A. S. M. (2020). Modeling the measurements of the determinants of ICT fluency and evolution of digital divide among students in developing countries-East Africa case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(7), 1–27. <https://doi.org/10.3390/app10072613>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación. (pp. 61–103).
- Ntawuhiganayo, E. B., Nijman-Ross, E., Geme, T., Negesa, D., & Nahimana, S. (2023). Assessing the adoption of regenerative agricultural practices in Eastern Africa. *Frontiers in Sustainability*, 4, 10. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1105846>
- ONU. (2023). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023.
- Ortiz Cantú, S., & Solleiro Rebolledo, J. L. (2020). Evaluación del desempeño de las oficinas de transferencia de tecnología en México. 360: Revista de Ciencias de La Gestión, 5, 45–73. <https://doi.org/10.18800/360gestion.202005.002>
- Rehberger, E., West, P. C., Spillane, C., & McKeown, P. C. (2023). What climate and environmental benefits of regenerative agriculture practices? An evidence review. *Environmental Research Communications*, 5(5). <https://doi.org/10.1088/2515-7620/acd6dc>
- Romero González, R. M. (2017). Obstáculos organizacionales y culturales que limitan la transferencia del conocimiento en la Universidad Autónoma de Querétaro. *Desarrollo Gerencial*, 9(1), 81. <https://doi.org/10.17081/dege.9.1.2726>
- SAGARPA-FAO. (2014). Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012 (A. González Cambero (ed.); 2da.).
- Sampedro Hernández, J. L., & Díaz Pérez, C. (2023). Gestión del conocimiento y transferencia tecnológica en México. In *Estado del conocimiento. Educación superior, ciencia, tecnología e innovación. Volumen II* (p. 6). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

- Sánchez Prieto, J., Trujillo Torres, J. M., Gómez García, M., & Gómez García, G. (2020). Gender and digital teaching competence in dual vocational education and training. *Education Sciences*, 10(3), 2–12. <https://doi.org/10.3390/educsci10030084>
- Sands, B., Machado, M. R., White, A., Zent, E., & Gould, R. (2023). Moving towards an anti-colonial definition for regenerative agriculture. *Agriculture and Human Values*, 40(4), 1697–1716. <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10429-3>
- Schreefel, L., de Boer, I. J. M., Timler, C. J., Groot, J. C. J., Zwetsloot, M. J., Creamer, R. E., Schrijver, A. P., van Zanten, H. H. E., & Schulte, R. P. O. (2022). How to make regenerative practices work on the farm: A modelling framework. *Agricultural Systems*, 198(November 2021), 103371. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103371>
- Schreefel, L., Schulte, R. P. O., de Boer, I. J. M., Schrijver, A. P., & van Zanten, H. H. E. (2020). Regenerative agriculture – the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100404>
- Schreefel, L., van Zanten, H. H. E., Groot, J. C. J., Timler, C. J., Zwetsloot, M. J., Schrijver, A. P., Creamer, R. E., Schulte, R. P. O., & de Boer, I. J. M. (2022). Tailor-made solutions for regenerative agriculture in the Netherlands. *Agricultural Systems*, 203(June), 103518. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103518>
- Stezano, F., & Millán, A. (2014). Incentivos que encuentran los académicos mexicanos para adoptar relaciones de transferencia de conocimientos y tecnología con el sector empresarial Incentives for Mexican Academics to Establish Relations with the Business Sector for Transferring Knowledge. *Sociológica*, 29(83), 47–85. <http://www.scielo.org.mx/pdf/soc/v29n83/v29n83a2.pdf>
- Štusek, J., Kubata, K., & Ocenášek, V. (2017). Strategic importance of the quality of information technology for improved competitiveness of agricultural companies and its evaluation. *Agris On-Line Papers in Economics and Informatics*, 9(4), 109–122. <https://doi.org/10.7160/aol.2017.090411>
- Szulanski, G. (1996). Exploring internal stickiness: Impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic Management Journal*, 17(SUPPL. WINTER), 27–43. <https://doi.org/10.1002/smj.4250171105>
- Trendov, N. M., Varas, S., & Zeng, M. (2019). Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales. <https://doi.org/10.2307/j.ctvt6rmh6>
- UNESCO. (2018). Las competencias digitales son esenciales para el empleo y la inclusión social. <https://es.unesco.org/news/competencias-digitales-son-esenciales-empleo-y-inclusion-social>
- Uzule, K. (2020). Teacher training and education programs in Latvia: Are e-competences included? *Business, Management and Education*, 18(2), 294–306. <https://doi.org/https://doi.org/10.3846/bme.2020.12631>

- Vaccaro, M. M. (2010). El riesgo en la toma de decisiones de agricultores familiares del noroeste de Santa Fe desde sus percepciones y representaciones. Bajo la mirada sociológica. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 32(2006), 57–85. http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/?c=riea&a=d&d=riea_v32_n1_03
- Voisin, R., Horwitz, P., Godrich, S., Sambell, R., Cullerton, K., & Devine, A. (2024). What goes in and what comes out: a scoping review of regenerative agricultural practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 48(1), 124–158. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2270441>
- White, E. L., Thomasson, J. A., Auverman, B., Cocina, N. R., Pierson, L. S., Porter, D., Baillie, C., Hamann, H., Boom, G. H., Janzen, T., Khosla, R., Lowenberg-DeBoer, J., MacIntosh, M., Murray, S., Osborn, D., Shetty, A., Stevenson, C., Tevis, J., & Werner, F. (2021). Report from the conference, identifying obstacles to applying big data in agriculture.' *Precision Agriculture*, 22, 306–315. <https://doi.org/https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-020-09738-y>
- Zecca, F., & Rastorgueva, N. (2017). Knowledge management and sustainable agriculture: The Italian case. *Quality - Access to Success*, 18(159), 97–104.

4. GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE EMPRESAS AGRÍCOLAS POCO DIGITALIZADAS: UNA COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS

4.1 Resumen³

Contar con información y disponer de las capacidades y metodologías para analizarla es fundamental para tomar decisiones adecuadas. No obstante, la mayoría de las unidades de producción agrícola familiar no toman decisiones con base a registros formales. Este trabajo compara dos metodologías para generar información técnica y económica, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones gerenciales y de política pública en torno a empresas agrícolas familiares. La primera metodología genera la información del sistema de producción mediante encuestas individuales; con base a ella conforma grupos de acuerdo a la viabilidad económica a través de un análisis clúster jerárquico y comparaciones de medias de rendimientos y variables asociadas de los grupos. La segunda metodología genera información de Unidades Representativas de Producción (URP) mediante paneles de productores y establece coeficientes técnicos del sistema de producción y sus indicadores económicos. Las encuestas individuales, requirieron amplios tiempos para la colecta y el análisis de la información; y resultó poco consistente para identificar patrones de comportamiento confiables sobre prácticas realizadas, costos y rendimientos, por lo que las recomendaciones resultantes fueron muy generales. Los paneles de productores requirieron menos tiempo y proporcionaron una descripción más detallada del proceso de producción, con información validada por los participantes, generaron valores más consistentes y permitieron identificar patrones de asociación entre prácticas y desempeño económico más precisas, lo que ayuda a mejorar la toma de decisiones productivas y gerenciales en empresas agrícolas familiares y de política pública en materia de innovación y extensión. Además de que el modelo de comportamiento generado permitió estudiar distintos escenarios asociados a la adopción de innovaciones o a cambios en el precio de productos o insumos, entre otros.

Palabras clave: toma de decisiones, información e innovación agrícola, información para la gestión agrícola.

4.2 Abstract

Having information and having the capacities and methodologies to analyze it is essential to make appropriate decisions. However, most of the family agricultural production units do not make decisions based on formal records. This work compares two methodologies to generate technical and economic information, with the objective of improving managerial decision-making and public policy in

³ Este capítulo se presenta en el formato de artículo y fue enviado a la revista *Custos e @gronegocio on line*

family farming companies. The first methodology generates information on the production system through individual surveys; based on it, groups are formed according to economic viability through a hierarchical cluster analysis and statistical comparisons of group means are made in the variables associated with costs and performance. The second methodology generates information from Representative Production Units (RPU) through panels of producers and establishes technical coefficients of the production system and its economic indicators. The individual surveys required long times for the collection and analysis of the information; and it was not very consistent to identify reliable patterns of behavior on practices carried out, costs and yields, so the resulting recommendations were very general. The producer panels required less time and provided a more detailed description of the production process, with information validated by the participants, generated more consistent values and made it possible to identify more precise patterns of association between practices and economic performance, which helps improve decision-making. of productive and managerial decisions in family agricultural businesses and public policy regarding innovation and extension. In addition to the behavior model generated, it was possible to study different scenarios associated with the adoption of innovations or changes in the price of products or inputs, among others.

Key words: decision making, information and agricultural innovation, information for farm management.

4.3 Introducción

En la economía contemporánea basada en el conocimiento, se requiere de un uso global de la información pertinente como activo importante para el éxito de los negocios, por lo que la aplicación de la gestión del conocimiento en la práctica organizacional se ha convertido en un factor crucial para la viabilidad y el desarrollo sostenible de las empresas, esto es particularmente relevante para el contexto agrícola, que necesita prácticas modernas asociadas al uso de información y conocimiento para su mejora y desarrollo (Zecca & Rastorgueva, 2017). No obstante, el crecimiento de las empresas agrícolas está influenciado por cambios en el entorno económico, técnico y social, tanto dentro del sector (microentorno) como fuera (macroentorno) y estos cambios son una fuente de incertidumbre que complica la toma de decisiones, aumenta los costos y reduce la competitividad (Štusek, Kubata, & Ocenášek, 2017).

De acuerdo con Nikam, Ashok, & Pal (2022) el acceso a la información es crucial en la toma de decisiones para un negocio agrícola viable y sostenible, por lo tanto, los agricultores necesitan diferentes tipos de información de diversas fuentes para mejorar las prácticas existentes y adoptar nuevas tecnologías que les permitan obtener ventajas en rendimiento e ingresos, por lo que es crucial conocer las necesidades de información de los agricultores, el acceso y su impacto en diferentes contextos productivos, lo que ayudaría a mejorar la efectividad de la gestión de la información y del conocimiento.

Simultáneamente, en el sector agroalimentario, la transformación digital está cambiando la estructura del mercado laboral y la naturaleza del trabajo pues está redefiniendo la función de los agricultores y agroempresarios, además de modificar el conjunto de aptitudes necesarias para la gestión de este sector (Trendov, Varas, & Zeng, 2019). La transformación digital entendida como el uso de tecnologías digitales como el big data, información en la web, uso de dispositivos móviles, plataformas de redes sociales, entre otros para mejorar el negocio de las empresas, es un medio importante para cambiar el modelo operativo de las empresas agrícolas y las actividades de gestión empresarial (Xie, Chen, Boadu, & Tang, 2022). En este sentido, las empresas deben estar preparadas para empezar a aprovechar las nuevas oportunidades, en particular aquellas que tienen un potencial estratégico para el futuro, como es el uso eficiente de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) además de la gestión de la información, que en una empresa agrícola debe permitir una interpretación clara, transparente e inequívoca de los datos, de manera que proporcione la capacidad de respaldar una toma de decisiones estratégicas (Štusek et al., 2017; White et al., 2021). A pesar de lo antes mencionado, la tecnología centrada en datos no ha tenido una adopción generalizada en la producción agrícola debido a una serie de obstáculos identificados como son: error en los datos ya que los agricultores generalmente no tienen el tiempo o los recursos para garantizar que los datos recopilados sean exactos y precisos; inaccesibilidad a los datos y la información procesable derivada de ellos por el volumen de los datos y la falta de ancho de banda de comunicaciones en las

zonas rurales; inutilizabilidad pues los datos a menudo se recopilan en gran volumen y complejidad, con diferentes unidades, formatos, metadatos, intervalos de tiempo y espacio, etc. lo que dificulta su utilización; incompatibilidad debido a que los paquetes de software utilizados para recopilar, almacenar y analizar datos en diversas aplicaciones suelen ser incompatibles entre sí; inconveniencia pues la captura, el almacenamiento, el análisis y el uso de datos suelen ser demasiado difíciles o lentos para que los usuarios agrícolas los consideren valiosos; falta de retorno de la inversión y propiedad poco clara pues las mayores preocupaciones son referentes a la propiedad, la privacidad y la seguridad de los datos, además de que los agricultores sienten que sus datos son valiosos y que muchas empresas pueden desear extraer valor de esos datos sin compensación, igualmente les preocupa que sus datos se utilicen en su contra en reclamaciones de seguros, litigios y cumplimiento normativo (White et al., 2021).

Considerando lo anterior, existen aún, una gran proporción de empresas, organizaciones y unidades de producción en el sector agropecuario que no cuentan con datos e información sobre las actividades que desarrollan. Se podrían incluir en esta situación a un gran porcentaje de las unidades económicas rurales (UER) de los estratos E2: Familiar de subsistencia con vinculación al mercado, E3: UER en transición y E4: Empresarial con rentabilidad frágil que en conjunto representan 68.8% de las UER de México, las cuales se caracterizan tener a la agricultura como principal actividad, un limitado acceso y generación de información y una baja capacidad de gestión empresarial (SAGARPA-FAO, 2014). Estos estratos son considerados como pequeños o medianos productores por la estructura de la propiedad de la tierra, pues una característica del campo mexicano es la fragmentación excesiva de la tierra, ya que la mitad de los ejidatarios, 62% de los propietarios privados, 78.4% de los comuneros y 90% de los poseedores tienen hasta cinco hectáreas o menos; y más del 20% de esos titulares de la tierra tiene su predio dividido en tres o más fracciones, muchas veces muy separadas entre sí (INEGI, 2007). Asimismo, este tipo de productores se ubican al principio de la cadena productiva, presentan baja productividad, son de edad avanzada (en promedio tienen 56 años y una cuarta parte supera los 65)

y tienen baja escolaridad (Guzmán Soria, De la Garza Carranza, González Farías, & Hernández Martínez, 2014).

Este tipo de productores que no cuentan con registros o información también se caracteriza por una limitada inclusión de procesos formales de toma de decisiones y el uso de tecnologías de la información, por lo que en la agricultura familiar y de pequeña escala las decisiones a menudo se basan únicamente en la experiencia y la intuición, como lo cita Clemente, Souza, Taffarel, & Gerigk (2010). Lo que coincide con Vaccaro (2010) quien menciona que los agricultores no son guiados por un patrón totalmente “objetivo” que deriva de las estimaciones acerca del clima o las variaciones de precio en el mercado, mucho menos de las que se basan en el cálculo del beneficio económico asociado a la probabilidad de ocurrencia de un evento de la naturaleza. Es decir, las experiencias individuales de los agricultores juegan un papel importante y muestran que la toma de decisiones no es solo racional, por ejemplo, pueden influir la decepción con un proyecto anterior, la falta de claridad de su propósito, la falta de mejora observable, entre otros (Hermans, Whitfield, Dougill, & Thierfelder, 2021), por ende, esta forma de tomar decisiones podría afectar los resultados en la gestión de las empresas agrícolas.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue comparar dos métodos para la generación de información y conocimiento mediante la construcción de coeficientes técnicos e indicadores económico-financieros de las unidades de producción, con la finalidad de facilitar la toma de decisiones gerenciales y la gestión de la innovación en las empresas agrícolas.

4.4 Revisión de literatura

4.4.1 Gestión de la información y gestión del conocimiento

Bustelo Ruesta e Amarilla Iglesias (2001) mencionan que el conocimiento en una organización se produce cuando un individuo de esta hace uso de lo que sabe y de la información que tiene disponible para la resolución de un problema o el

desarrollo de un proyecto. Así mismo, se distinguen entre dos tipos de conocimientos: explícito y tácito. El conocimiento explícito es el que dentro de la organización tiene establecidos los métodos por los cuales se puede transmitir a otras personas (un ejemplo de gestión del conocimiento explícito se ha dado siempre en la comunidad científica, que comparte con otros científicos los resultados de sus investigaciones). Por el contrario, el conocimiento tácito, es aquel que toda organización tiene, pero que no queda plasmado ni registrado en lugar alguno, estando totalmente ligado al grupo de personas que componen la organización en cada momento.

La gestión de la información se define como el proceso de organizar, evaluar, presentar, controlar y almacenar información controlando su calidad, de manera que esta sea veraz, oportuna, significativa, exacta y útil, y que esta información esté disponible en el momento que se le necesite. Así mismo, estas acciones implican el manejo de documentos, metodologías, informes, publicaciones, soportes y flujos en función de los objetivos estratégicos de una organización (Bustelo Ruesta & Amarilla Iglesias, 2001; Fernández Marcial, 2006; Vidal Ledo & Araña Pérez, 2012).

La gestión del conocimiento incluye los procesos y acciones de detección, adquisición, selección, organización, filtrado, presentación, almacenamiento y uso de la información y datos por parte de los actores de una organización, con el fin de utilizar, compartir y desarrollar los conocimientos, es decir, es el proceso mediante el cual una organización emplea su inteligencia colectiva para lograr sus objetivos estratégicos (Bustelo Ruesta & Amarilla Iglesias, 2001; Fernández Marcial, 2006; Vidal Ledo & Araña Pérez, 2012).

Por lo tanto, sin una adecuada gestión de la información, es imposible llegar a la gestión del conocimiento, pues muchas de las propuestas de la gestión del conocimiento representan un modelo de gestión que se basa en gran parte en gestionar adecuadamente la información. Es entonces, el paso previo que cualquier organización debería dar antes de tratar de implantar un sistema de gestión del conocimiento. La gestión de la información es imprescindible, pero

sólo se convierte en conocimiento cuando los individuos la aplican para la resolución de un problema (Bustelo Ruesta & Amarilla Iglesias, 2001).

Existen esfuerzos para la gestión del conocimiento que generalmente se enfocan en los objetivos organizacionales tales como un mejor desempeño, ventaja competitiva, innovación, el intercambio de lecciones aprendidas, reducir el trabajo redundante, evitar reinventar la rueda per se, reducir el tiempo de capacitación para los nuevos empleados, retener el capital intelectual como rotación de empleados en una organización y adaptarse a entornos y mercados cambiantes, integración y mejora continua de la organización. El valor de la gestión del conocimiento se relaciona directamente con la eficacia con la que el conocimiento gestionado permite a los miembros de la organización hacer frente a las situaciones actuales y visualizar y crear su futuro de forma eficaz (Katikar et al., 2019; Rahman & Selwyn, 2020; Vipinkumar et al., 2013).

Considerando el tipo de organizaciones poco digitalizadas y con una limitada generación y acceso a datos e información, resulta crucial considerar los conceptos antes descritos pues se pretende incidir en la toma de decisiones con base en información de los productores agrícolas.

4.4.2 Ingresos, costos y rentabilidad

Los costos de producción se pueden definir como el valor de todos los factores e insumos de la producción requeridos para generar un producto, éstos son un parámetro para estimar la rentabilidad y comparar el desempeño de una empresa u organización con otra similar y con el precio de mercado. La contabilidad de costos es un sistema de información, con el cual se determina el costo incurrido al realizar un proceso productivo y la forma cómo se genera éste en cada una de las actividades o etapas en las que se desarrolla la producción, y tiene como propósito determinar los costos unitarios o costos totales del producto. La estimación de costos reúne información de la inversión realizada para los cultivos, durante el ciclo agrícola, que ayuda a determinar el precio de venta y calcular las utilidades del período. Por lo que el desarrollo de un sistema para

cuantificar costos tiene como objetivo principal recolectar, procesar y analizar información técnica y económica de la empresa para utilizarla como apoyo en la toma de decisiones (Esquivel-Marín, Sagarnaga-Villegas, Barrera-Perales, Salas-González, & Burgos, 2022; Sagarnaga Villegas, Salas González, & Aguilar Ávila, 2018).

La gestión de costos es una herramienta importante que los productores pueden utilizar en la gestión de su producción y de sus empresas. Cuando se controlan los costos de producción, es posible valorar la viabilidad económica de sus actividades (Esquivel-Marín et al., 2022; Sagarnaga Villegas et al., 2018). Así mismo, al conocer los costos, el productor estaría en posibilidad de reducirlos por unidad, lo que se puede alcanzar por vía de la innovación, a través de un mejor uso de la tecnología que permita incrementar los rendimientos, lo que repercute directamente en las ganancias unitarias (Ayala-Garay et al., 2013).

Se han utilizado diversos métodos para el cálculo de costos de producción desde la aplicación de encuestas y la realización de análisis estadísticos (Ayala-Garay et al., 2013; Clemente et al., 2010; De Carvalho Peres, Portz, De Fátima Machado, de Paula Peixoto, & De Souza Ribeiro, 2021; Espinoza Lastra, Moreira Rosales, Silva Álvarez, & Ipiales Espín, 2021; Husain, 2018; Islas-Moreno, Tadeo Barrera-Perales, Aguilar-Ávila, & Muñoz-Rodríguez, 2020; Rodríguez Medina, Rodríguez Castro, & Villasmil Amaloo, 2012), así como el uso de la Matriz de Análisis de Política (map) en su parte privada para concentrar los costos de producción (Guzmán Soria et al., 2014) y la predicción de costos a través de Índices de precios agrícolas de insumos, con datos de panel de series temporales de partidas de costos y serie temporal de elementos de costo a precios corrientes de las Cuentas Económicas para la Agricultura (Hloušková, Ženíšková, & Prášilová, 2018). Otra técnica utilizada son los paneles de productores (Corona, López, Vazquez, Salazar, & Ramírez, 2014; Delgadillo-Ruiz, Leos-Rodríguez, Valdez-Cepeda, Ramírez-Moreno, & Salas-González, 2016; Domínguez-García, Granados-Sánchez, Sagarnaga-Villegas, Salas-González, & Aguilar-Ávila, 2017; Esquivel-Marín et al., 2022; Franco, Leos, Salas, Acosta, & García, 2018; Ireta-

Paredes, Pérez-Hernández, Bautista-Ortega, & Rosas-Herrera, 2018; Orona Castillo et al., 2013).

Así mismo, existen estudios que determinan el efecto de la adopción de innovaciones sobre algunos indicadores de desempeño como la productividad, costos de producción y rentabilidad (Almaguer, Ayala, Schwentesius, & Sangerman-Jarquín, 2012; Almaguer Vargas, Ayala Garay, Oble Vergara, & Flores-Trejo, 2021; Andrianarison, Kamdem, & Che Kameni, 2022; Espejel García, Rodríguez Peralta, Barrera Rodríguez, & Ramírez García, 2018; Ponce-Méndez, Álvarez-Bernal, & Ceja-Torres, 2016; Priegnitz, Lommen, Onakuse, & Struik, 2019; Vásquez Ortiz et al., 2020; Zarazúa, Almaguer, & Márquez, 2011).

4.4.3 Innovación en el sector agrícola

El concepto de innovación es usado cotidianamente dentro de la empresa, gobierno, organizaciones, instituciones e individuos. Sin embargo, es difícil diferenciar cuándo se está refiriendo realmente a una innovación o simplemente a una práctica innovadora o a buenas prácticas de producción (Muñoz-Rodríguez et al., 2014). Según el Manual de OSLO (OECD/Eurostat, 2018) en su última actualización define a la innovación como un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ambos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad y que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la unidad (proceso). Otros autores mencionan que la innovación se refiere a la introducción y uso de conocimiento (nuevo o existente) dentro de un proceso económico o social, que permita realizar cambios pertinentes, pero con la característica de que éstos generen valor entendido este último no sólo en el ámbito económico, sino también social, ambiental, organizacional, entre otros (Aguilar Gallegos et al., 2017; Muñoz-Rodríguez et al., 2014; OECD/Eurostat, 2018).

La innovación es resultado de un proceso complejo, dinámico e interactivo, de intercambio de diferentes recursos (tangibles e intangibles) entre un conjunto heterogéneo de actores con diferentes roles, formando lo que se conoce como

redes de innovación, en donde la información, el conocimiento y otros recursos son intercambiados en varios niveles (Aguilar Gallegos et al., 2017).

Considerando lo anterior y enmarcado en el sector agrícola, el crecimiento de las áreas rurales se sustentará en su capacidad para modernizar su economía con base en la innovación tecnológica y social, lo cual implica producir bienes y servicios que puedan colocarse en los mercados locales e internacionales y en este escenario, la innovación no es solamente responsabilidad de los agricultores, sino también es del ámbito y acción del gobierno, pues esta no solo tiene beneficios para los que innovan, sino también para otros actores, es decir, la innovación genera externalidades positivas (Aguilar-Gallegos et al., 2016; Prihadyanti, Aziz, & Sari, 2023).

4.5 Metodología

Se evaluaron dos metodologías para el análisis de la información técnica y económica de la producción de maíz en el estado de Guanajuato, la primera con información generada a través de encuestas individuales considerando datos de productores de los ciclos primavera verano 2020 (PV2020) y primavera verano 2021 (PV2021). La segunda metodología fue la implementación de paneles de productores para la obtención y análisis de información de costos, ingresos y parámetros técnicos de la producción de maíz amarillo en el ciclo PV2020.

Se definió como caso de estudio la producción de maíz, ya que es uno de los cereales que más se produce y consume a nivel mundial, se utiliza como ingrediente para la alimentación de distintas especies pecuarias, para fines alimentarios, además de la producción de biocarburantes, para extraer almidón, aceite y otras sustancias destinadas a usos industriales (Jurado Arredondo, Aranda Gutiérrez, Callejas Juárez, & Ortega Montes, 2013). Además el maíz es el cultivo más representativo de México por su importancia económica, social y cultural, con un consumo promedio per cápita al año de 196.4 kg de maíz blanco, especialmente en tortillas, representa 20.9% del gasto total en Alimentos, Bebidas y Tabaco realizado por las familias mexicanas (SAGARPA, 2017). Así

mismo, el maíz se cultiva por una gran proporción de productores de los estratos E3 en el que la agricultura es practicada por el 81.1% de las UER y del estrato E4 la principal actividad es la agricultura, realizada por el 38.5% de los productores como principal fuente de ingreso, mientras que el 34.8% de las UER combina la agricultura y la ganadería (SAGARPA-FAO, 2014).

Para la primera metodología se realizaron encuestas individuales, se procesó y analizó la información para realizar un análisis clúster y una comparación de medias, estos procedimientos se describen a continuación. Para realizar las encuestas se aplicó un muestro dirigido, considerando la obtención de seis encuestas en promedio por cada técnico que atendía a los sujetos de estudio, por lo que se requirió la participación de 28 personas en campo y dos capturistas, además de la persona para realizar el análisis.

La información generada, sobre la producción y comercialización de maíz blanco y amarillo, a través de encuestas individuales incluyó 171 datos del ciclo PV2020 y 112 datos del ciclo PV2021. Con esta información se estructuró una base de datos con las variables: nombre de la organización, clave del productor, cultivo, ciclo, rendimiento, precio de venta, ingreso, costo por hectárea, costos desglosados por etapa, utilidad por hectárea, relación beneficio/costo, la implementación o no de ventas consolidadas de granos y compra consolidada de insumos. Esta información se obtuvo de una muestra de productores de organizaciones que estuvieron participando en el Programa de Comercialización Innovadora de la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural de Guanajuato. La base de datos se estructuró y analizó mediante el programa de Microsoft Excel®.

Posteriormente se procesó la información en el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 28.0 para realizar un análisis clúster jerárquico por ciclo productivo, en el que se utilizó la distancia euclidiana al cuadrado para determinar proximidad entre los datos analizados, ya que los valores de la distancia euclidiana al cuadrado determinan qué tan diferentes son cada par de datos analizados con respecto al valor de la utilidad promedio por hectárea, que fue la

variable utilizada para el análisis. Después, a través del método de aglomeración de Ward, el cuál inicia con un número de grupos o clústers igual al número de datos analizados para después agrupar los casos de manera que el valor de la suma de las diferencias entre la media y la distancia euclidiana al cuadrado entre cada par de casos y en la variable sea el mínimo posible y así formar clústers con la mayor homogeneidad posible intragrupo y la mayor heterogeneidad posible entre grupos, además es el recomendado para agrupamientos jerárquicos a partir de variables cuantitativas (Pérez López, 2004). Finalmente se seleccionó el número de clústers analizando el dendograma y realizando pruebas de comparación de medias, hasta encontrar el número de grupos que poseen la mayor diferencia entre grupos y la menor variabilidad intra grupos.

También se realizó una comparación de medias a través de ANOVA de las variables asociadas a los costos por etapa o proceso y un análisis de independencia de variables mediante pruebas de Chi-cuadrado de Pearson para conocer la relación entre dos variables categóricas, en este caso, de los clústeres con la realización o no de ventas consolidadas de granos y de compra consolidadas de insumos. Finalmente se analizó la estructura de costos por etapa o proceso.

La segunda metodología utilizada fue el análisis de dos Unidades Representativas de Producción (URP) de maíz amarillo a través de la técnica de paneles de productores con dos organizaciones. Los paneles de productores son una adaptación de la técnica Delphi, la cual es un método de investigación prospectivo que permite obtener una respuesta grupal fidedigna, ya que participan personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones, lo que a su vez permite construir una URP de una escala y un sistema de producción particular de una región. El panel está conformado por productores con características de producción similares (escala, cultivo y parámetros técnicos), este grupo discute y consensa información sobre el manejo

técnico, costos de insumos, rendimientos y precio de venta de un producto agrícola o ganadero (Sagarnaga Villegas et al., 2018).

Para la realización de los paneles de productores se trabajó en coordinación con un técnico de cada organización para las cuestiones de logística y se realizaron en dos días cada panel, el primer día para la colecta de información y el segundo para la presentación y validación de resultados.

La técnica de paneles de productores permitió recolectar la información requerida en la estimación de ingresos y costos de producción. En los paneles se recabó información sobre parámetros técnicos, mano de obra empleada, uso de insumos y factores de producción, precios y rendimientos. La información se integró y sistematizó en una base de datos en Microsoft Excel ® para estimar costos de operación y costos generales, desembolsados y no desembolsados, así como ingresos totales y netos. Estas variables fueron empleadas para estimar flujo efectivo (AAEA Task Force on Commodity Costs and Returns, 2000), costos financieros y costos económicos. Finalmente, para asegurar la representatividad de la información recabada y los resultados obtenidos, éstos son validados por los participantes. La información que se validó fue ingreso total, costos de producción y ganancias del año analizado. Los productores estuvieron de acuerdo en que dichos resultados reflejan la situación real de la URP analizada y las tendencias del sector (Sagarnaga Villegas et al., 2018).

La primer URP se denominó GUMA04 (GU=Guanajuato, MA=Maíz, 04=4ha), se ubica en San Miguel Octopan, Celaya, Guanajuato, la escala de producción es de cuatro hectáreas de propiedad ejidal para la producción de maíz, con un sistema de producción convencional mecanizado con la incorporación de algunas prácticas de conservación, utilización de semilla híbrida y con riego rodado, el ciclo analizado fue el primavera verano 2020. El rendimiento es de 12t/ha de maíz amarillo y el 100% se vende al centro de acopio de la organización a la que pertenecen. La colecta de información se realizó el 25 de junio de 2021 con la participación de seis productores, un asesor técnico y el gerente de la

organización, posteriormente se procesó la información y se presentó para su validación ante los mismos participantes el día seis de julio de 2021.

La segunda URP se denominó GUMA06 (GU=Guanajuato, MA=Maíz, 06=6ha), se ubica en Hornitos, Pénjamo, Guanajuato, la escala de producción es de seis hectáreas de propiedad ejidal para la producción de maíz, con un sistema de producción convencional mecanizado, utilización de semilla híbrida y con riego rodado, el ciclo productivo analizado fue el primavera verano 2020. El rendimiento es de 14t/ha de maíz amarillo y el 100% se vende al centro de acopio de la organización a la que pertenecen. La colecta de información se realizó el 23 de junio de 2021 con la participación de cinco productores y el gerente de la organización, posteriormente se procesó la información y se presentó para su validación ante los mismos participantes el día nueve de julio de 2021.

Para determinar los costos, ingresos y la utilidad se utilizaron las siguientes fórmulas, basadas en la teoría económica. El ingreso total (IT) se calculó de la siguiente manera:

$$IT=Q_iP_i + T + OI \quad (1)$$

Donde:

IT: Ingresos totales

Q_i : Cantidad de productos vendidos

P_i : Precio de mercado de productos vendidos

T: Ingreso por transferencias

OI: Otros ingresos

La estimación de costos totales (CT), que incluye los costos de operación (CO) y costos generales (CG) se hace a partir de las siguientes fórmulas:

$$CT=CO + CG \quad (2)$$

Donde:

CT: Costo Total

CO: Costos de operación

CG: Costos generales

$$CO = \sum_{j=1}^n a_{ij} P_j \quad (3)$$

Donde:

CO: Costos de Operación

a_{ij} : cantidad del j -ésimo insumo empleado en la producción del i -ésimo producto

P_j : Precio del j -ésimo insumo

$$CG = \sum_{k=1}^n a_{ik} P_k \quad (4)$$

Donde:

CG: Costos Generales

a_{ik} : cantidad del k -ésimo factor empleado en la producción del i -ésimo producto

P_k : Precio del k -ésimo factor

Para determinar la utilidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$Utilidad = IT - CT \quad (5)$$

Donde:

IT: Ingresos totales

CT: Costo Total

La relación beneficio/costo (B/C) sirvió también para medir la rentabilidad de la actividad respecto a los gastos que fueron empleados para llevar a cabo las operaciones de la producción primaria.

$$B/C = \frac{IT}{CT} \quad (6)$$

Donde:

B/C: Relación beneficio/costo

IT: Ingresos totales

CT: Costo Total

Finalmente, la información de las URP se actualizó al ciclo primavera verano 2022, donde se modificaron las actividades e innovaciones que realizaron, así como los costos de operación e ingresos, según lo propuesto por Sagarnaga Villegas, Salas González e Aguilar Ávila (2018).

4.6 Resultados y discusión

4.6.1 Análisis de sistemas de producción y costos a través de encuestas individuales

Los datos generales de los ciclos PV2020 y PV2021 que se incluyeron en el análisis de información generada a través de encuestas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos generales por cultivo y ciclo

Cadena	Núm. Datos		Rendimiento promedio (t/ha)		Costo promedio (\$/ha)		Utilidad promedio (\$/ha)		Relación B/C promedio	
			PV 2020	PV 2021	PV 2020	PV 2021	PV 2020	PV 2021	PV 2020	PV 2021
	PV 2020	PV 2021								
Maiz										
Amarillo	79	35	11.29	11.66	32,504.01	36,977.06	19,759.22	33,375.79	1.61	1.92
Maiz										
Blanco	92	77	11.95	12.26	32,082.56	37,195.85	22,145.52	36,729.37	1.74	2.06
Total general	171	112	11.64	12.07	32,277.26	37,127.48	21,043.07	35,681.37	1.68	2.02

Nota: Las cantidades se expresan en pesos corrientes de cada año analizado

Fuente: Elaboración propia

Tipología de productores con base a la utilidad por hectárea

Derivado del análisis clúster jerárquico en la Figura 5a y 5b se pueden observar los dendogramas generados donde se muestra el punto de corte con la línea naranja, para la conformación de cuatro grupos en cada ciclo.

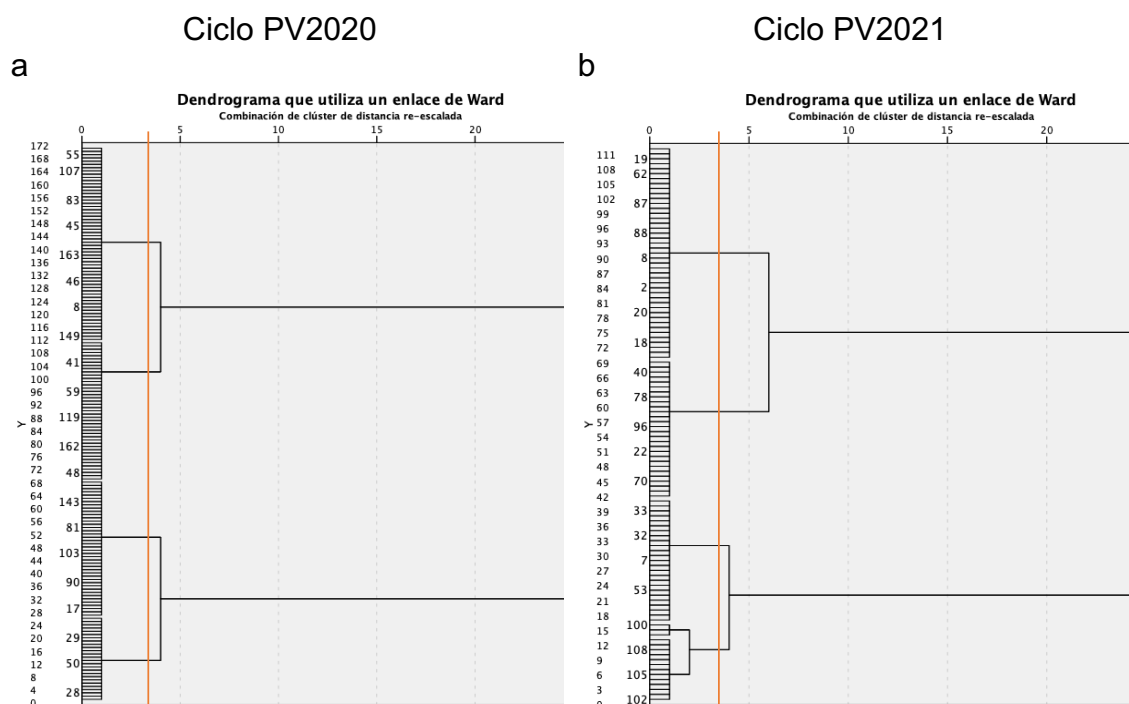


Figura 5. Dendrogramas generados para los ciclos PV2020 y PV2021.
Fuente: Elaboración propia

Los cuatro grupos conformados son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.001$) en cada ciclo, denominados con base en el estadístico de utilidad por hectárea promedio de la siguiente manera: utilidad baja, utilidad media, utilidad alta y utilidad muy alta. Esta clasificación nos ayuda a interpretar las características de cada uno de los grupos. En el Cuadro 2 se muestran los datos generales y estadísticos descriptivos de cada clúster.

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos de los clúster con base en la variable de utilidad por hectárea (\$/ha)

Ciclo	Clúster	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	CV
PV2020	Utilidad baja	43	10,086.41	42.93	13,370.00	3,684.70	36.53
PV2020	Utilidad media	60	18,070.50	13,770.00	23,140.00	2,615.82	14.48
PV2020	Utilidad alta	42	26,984.77	23,984.00	30,430.00	1,998.58	7.41
PV2020	Utilidad muy alta	26	36,425.35	31,680.00	45,267.83	3,716.31	10.20
PV2020	Total	171	21,043.07	42.93	45,267.83	9,333.67	44.36
PV2021	Utilidad baja	28	19,973.33	9,140.00	25,266.00	3,997.28	20.01
PV2021	Utilidad media	43	32,528.51	26,310.00	38,161.70	3,490.56	10.73
PV2021	Utilidad alta	25	44,220.67	40,674.90	48,901.37	2,649.86	5.99

Ciclo	Clúster	N	Media	Mínimo	Máximo	DE	CV
PV2021	Utilidad muy alta	16	58,301.12	51,733.50	76,820.00	8,325.84	14.28
PV2021	Total	112	35,681.37	9,140.00	76,820.00	13,253.29	37.14

Nota: DE = desviación estándar y CV = coeficiente de variación (%).

Fuente: Elaboración propia

Factores que explican la diferenciación de la tipología de productores

Se analizaron los conceptos de costos por etapa o proceso, mediante una comparación de medias entre los clústers, desde la preparación del terreno, la siembra, riego, fertilización, manejo de malezas, manejo de plagas, manejo de enfermedades, aplicaciones foliares, cosecha y otros (que incluye principalmente el costos del seguro agrícola y análisis de suelo, cuando se realizan), para identificar cuáles influían mayormente en diferenciar a los clúster, encontrándose que en el ciclo PV2020 fueron el manejo de malezas y la cosecha ($P=0.034$ y $P=0.028$, respectivamente). Para el ciclo PV2021 fueron el manejo de malezas ($P=0.027$), manejo de enfermedades ($P=0.008$), aplicaciones foliares ($P=0.040$) y la cosecha ($P<0.001$). Respecto a estos resultados podemos mencionar que lo que más diferencia a los clúster en el tema de costos son el manejo sanitario y la cosecha.

En el PV2020 el 92.98% de los productores de las organizaciones que se estudiaron realizaron ventas consolidadas de granos y para el PV2021 pasó al 94.64% de las organizaciones realizando esta innovación. Al realizar la prueba de chi-cuadrado se encontró que para ambos ciclos el mayor porcentaje de los productores estudiados que no realizaron esta innovación se encontraban en el grupo de utilidad media y baja, mientras que el mayor porcentaje de los que si la realizaron se encontraban en el grupo de utilidad media y alta, aunque no resultó estadísticamente significativa ($P=0.918$ y $P=0.453$, respectivamente). Esto se podría explicar debido a que son tomadores de precios y no influyen mucho en el precio de venta, lo que coincide con lo discutido por Martínez López, Muñoz Rodríguez, & Santoyo Cortés (2022), quienes indican que el excedente en los precios no es en su totalidad producto de la organización, ya que las

organizaciones no regulan los precios de mercado, sino que reflejan su operación.

En cuanto a las compras consolidadas de insumos, en el PV2020 sólo el 63.16% de los productores de las organizaciones que se estudiaron las realizaron y en el PV2021 fue de 53.57% de los productores realizando esta innovación. Como resultado de la prueba de chi-cuadrado, para ambos ciclos, el mayor porcentaje de los productores estudiados que no realizaron esta innovación se encontraban en el grupo de utilidad baja y media, mientras que el mayor porcentaje de los que si la realizaron se encontraban en el grupo de utilidad alta y muy alta, y al resultar estadísticamente significativa ($P=0.010$ y $P=0.002$ respectivamente) nos indica que si hay dependencia de las variables analizadas (Figura 6a y 6b).

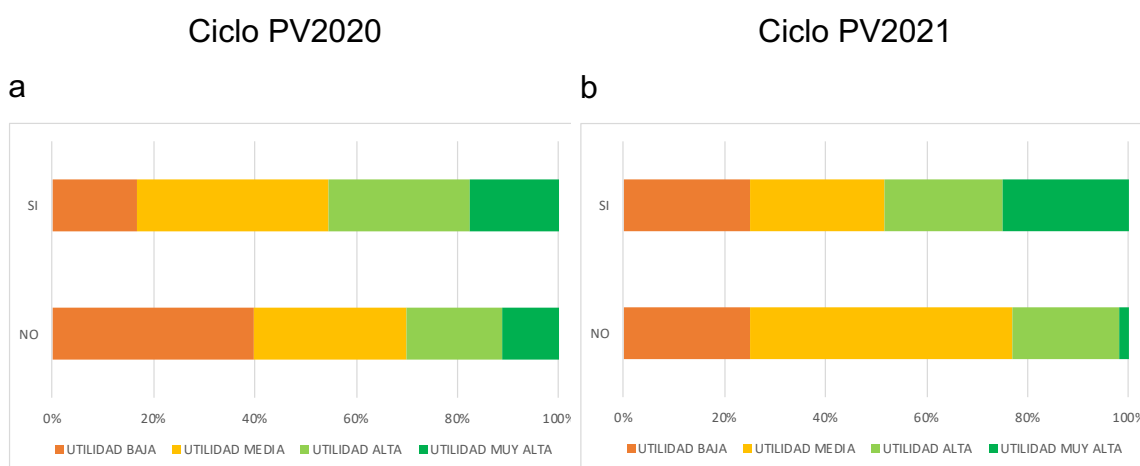


Figura 6. Proporción de organizaciones que realizaron o no compra consolidada de insumos y el clúster de clasificación según la utilidad, para los ciclos PV2020 y PV2021.

En el estudio realizado por Martínez López, Muñoz Rodríguez, & Santoyo Cortés (2022) también mencionan que las compras consolidadas de insumos aportan valor económico a la organización, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo, así mismo, esta variable se considera relevante para el grupo de pertenencia en el que se clasifica cada productor como se puede observar en la Figura 7a y 7b.

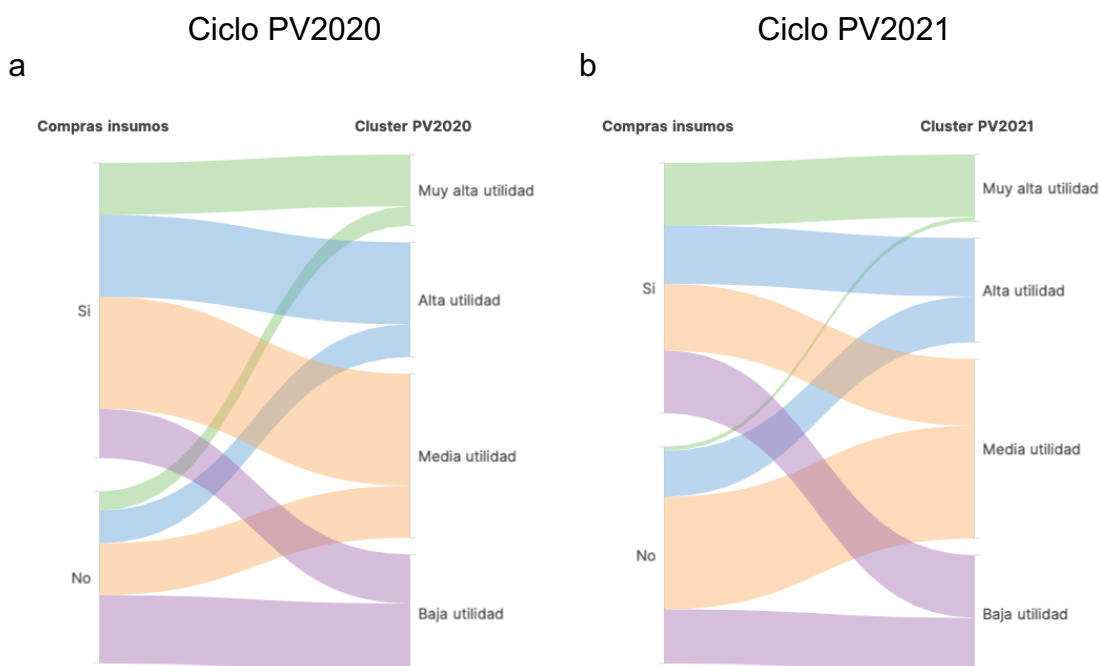


Figura 7. Flujo derivado de la realización o no de la compra consolidada de insumos y el clúster de clasificación según la utilidad, para los ciclos PV2020 y PV2021.

Respecto a la información sobre temas de comercialización, Nikam et al. (2022) mencionan que se observó el impacto de la información de las Organizaciones de Productores Agrícolas en el valor de la producción y aún más en el aspecto de comercialización. Por otra parte, Islas-Moreno, Rendón-Medel, Aguilar-ávila, & Ángel (2019) mencionan que la alta conexión con redes comerciales permite acceder a los canales donde se encuentran los clientes meta y que las redes comerciales son un elemento clave, pues a partir de ellas se pueden alcanzar posiciones competitivas que permiten generar mayores utilidades y en las que la reducción de costos no representa una tarea crucial.

Al analizar la estructura de costos de producción en cada uno de los ciclos se encontró que los principales conceptos de costo son la fertilización, la siembra y la preparación del terreno con datos consistentes en ambos periodos, pues en conjunto constituyen el 58.07% de los costos de operación para el ciclo PV2020 y el 60.61% en el ciclo PV2021 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estructura de costos por ciclo mediante datos de encuestas

Etapa	Costo promedio por hectárea (\$/ha y %)			
	PV2020		PV2021	
1. Preparación del terreno	4,477.08	13.15%	4,693.66	12.11%
2. Siembra	6,994.00	20.55%	7,260.69	18.73%
3. Riegos	2,415.76	7.10%	2,644.09	6.82%
4. Fertilización	8,292.81	24.36%	11,543.67	29.77%
5. Manejo de malezas	2,257.24	6.63%	2,631.51	6.79%
6. Manejo de plagas	1,948.82	5.73%	2,316.66	5.98%
7. Manejo de enfermedades	840.60	2.47%	647.35	1.67%
8. Aplicaciones foliares	965.42	2.84%	1,108.98	2.86%
9. Otros*	2,536.26	7.45%	2,341.53	6.04%
10. Cosecha	3,309.45	9.72%	3,583.30	9.24%
Total	34,037.45	100.00%	38,771.44	100.00%

* La categoría de otros incluye: seguro agrícola, análisis de suelo y coberturas de precios, cuando se implementan

Fuente: Elaboración propia

Identificación de áreas de innovación relevantes en la producción

Considerando la información resultante de los análisis realizados y descritos con anterioridad, podemos mencionar que, en la comparación de medias de costos de las etapas o procesos por clúster, resultan significativos en el ciclo PV2020 el manejo de malezas y la cosecha que representan sólo el 16.35% de los costos de operación; para el ciclo PV2021 el manejo de malezas, manejo de enfermedades, aplicaciones foliares y la cosecha que en conjunto son el 20.56% de los costos. Es decir, las áreas en las que se debería innovar, ya que son las que más diferencian a los clústeres, son temas de manejo sanitario y la cosecha.

Sin embargo, al analizar la estructura de costos, por la importancia en el porcentaje que involucran en los costos de producción, se deberían considerar las áreas de preparación del terreno, siembra y fertilización (en conjunto el 58.07% para el ciclo PV2020 y el 60.61% en el ciclo PV2021) como prioritarias para implementar innovaciones que contribuyan a efficientar los recursos y cuidar el medio ambiente.

En cuanto a las innovaciones relacionadas con temas comerciales resultó que las compras consolidadas de insumos sí influyen en la asignación del clúster de cada productor, y es importante mencionar que la mayoría de los productores que sí realizan esta innovación están en los grupos de alta y muy alta utilidad.

El análisis resultó poco consistente para identificar patrones de comportamiento confiables sobre prácticas realizadas, costos y rendimientos, por lo que las recomendaciones resultantes fueron muy generales, aunado a esto, es necesaria una cantidad considerable de personal para realizar las actividades de colecta de información, captura y análisis de información además conlleva un tiempo considerable y recursos económicos suficientes, debido a esto, resulta necesario utilizar algún método que analice detalladamente el proceso de producción y que brinden información puntual para la gestión de las empresas agrícolas.

4.6.2 Análisis de coeficientes técnicos y costos a través de paneles de productores

Análisis de coeficientes técnicos y costos

En el siguiente cuadro se presentan los parámetros técnicos de las dos URP analizadas mediante la técnica de paneles de productores (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros técnicos de las URP analizadas

Característica	URP1: GUMA04	URP2: GUMA06
Cultivo	Maíz amarillo	Maíz amarillo
Semilla (variedad)	Híbrida: Antílope de Asgrow	Híbrida: Antílope de Asgrow
Régimen hídrico	Riego/temporal*	Riego
Sistema de riego	Rodado	Rodado
Ciclo agrícola (meses)	PV2020	PV2020
Ha por URP	4	6
Densidad (semillas/ha)	90,000	100,000
Rendimiento (t/ha)	12	14
Tipo de suelo	Textura media, suelos francos	Textura media, suelos francos
Pendiente del terreno	< 5%	< 5%

Característica	URP1: GUMA04	URP2: GUMA06
Sistema de producción	Construcción de fertilidad de suelos con insumos convencionales y orgánicos	Convencional
Mecanización	Alta (maquinaria rentada o maquila 70% de los socios)	Alta (maquinaria propia 90% de los socios)

*En el ciclo analizado se inició con riego, pero al final ya no se tuvo acceso a agua para riegos de auxilio
Fuente: Elaboración propia

Se retomó la información correspondiente a los costos de operación para realizar el análisis, donde se compara la información del ciclo en que se realizó el panel con la actualización al ciclo PV2022, para ello se contrastan los conceptos de costos de producción, los coeficientes técnicos y el efecto de las decisiones de manejo en dos ciclos productivos para las dos URP.

Se presentan los costos de operación para ambas URP en el momento de su realización que fue el ciclo primavera verano 2020, al que denominaremos manejo convencional, mencionando que se actualizó solamente el precio de venta que logró la organización, ya que, al momento de la realización de los paneles, aún era un precio estimado. Así mismo, se realizó una actualización de actividades e innovaciones y costos al ciclo primavera verano 2022, al que denominaremos manejo ante el cambio de escenario, ya que se presentó un incremento en el precio de insumos, principalmente fertilizantes, así como un alza en el precio del mercado de los granos. También se realizó el cálculo de costos del manejo convencional del PV2020 a precios del 2022.

Las decisiones de los productores posteriormente a presentar los resultados del panel y al estar en un proceso de capacitación en temas comerciales, fueron contrastantes. Para la URP1: GUMA04 se puede observar que su decisión fue en torno a innovar en el área de fertilización para buscar un mejor rendimiento, además con la expectativa de que el precio de mercado del maíz continuaría con la tendencia al alza con respecto a los ciclos anteriores, lo cual dio un buen resultado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Costos e indicadores para la URP1: GUMA04

Etapas	Manejo convencional (PV2020)	Manejo ante el cambio de escenario (PV2022)	Manejo convencional a precios 2022
Preparación del terreno	\$7,650.00	\$5,000.00	\$7,775.00
Siembra	\$6,100.00	\$6,742.00	\$6,967.00
Riego	\$3,800.00	\$5,200.00	\$5,200.00
Fertilización	\$9,928.00	\$21,562.50	\$16,827.50
Manejo de malezas	\$3,468.00	\$4,710.00	\$4,248.00
Manejo de plagas y enfermedades	\$2,236.40	\$2,964.00	\$2,065.56
Cosecha	\$4,560.00	\$5,700.00	\$4,560.00
Otros*	\$5,190.54	\$7,383.33	\$6,243.33
Costo total (\$/ha)	\$42,932.94	\$59,261.83	\$53,886.39
Costo por tonelada (\$/t)	\$3,577.75	\$3,950.79	\$4,490.53
Rendimiento (t/ha)	12.00	15.00	12.00
Precio de venta de grano (\$/t)	\$4,700.00	\$7,800.00	\$7,800.00
Ingreso por grano	\$56,400.00	\$117,000.00	\$93,600.00
Ingreso por esquileo	\$1,000.00	\$1,000.00	\$1,000.00
Ingreso total (\$/ha)	\$57,400.00	\$118,000.00	\$94,600.00
Utilidad (Flujo Neto de efectivo)	\$14,467.06	\$58,738.17	\$40,713.61
Relación B/C	1.34	1.99	1.76

* La categoría de otros incluye: seguro agrícola, análisis de suelo y coberturas de precios, cuando se implementan

Fuente: Elaboración propia

Si se hubiera continuado con el manejo convencional, se hubiese tenido un buen resultado, principalmente por el precio de mercado favorable, sin embargo, de haberse mantenido los precios de venta del ciclo PV2020 y con el manejo convencional, los costos se hubiesen incrementado en un 26% y sus utilidades habrían disminuído en un 76%, por lo que su relación beneficio costo andaría por 1.07 que es menor a la del ciclo PV2020.

En la URP2: GUMA06 optaron por no incrementar mucho los costos en relación con los años anteriores, incluso, tuvieron que disminuir coeficientes técnicos en

torno a fertilización, aún a costa de disminuir los rendimientos, pero también apostado por la tendencia de mejores precios con respecto a los ciclos anteriores, lo cual dio un buen resultado (Cuadro 6).

Cuadro 6. Costos e indicadores para URP2: GUMA06

Etapas	Manejo convencional (PV2020)	Manejo ante el cambio de escenario (PV2022)	Manejo convencional a precios 2022
Preparación del terreno	\$4,200.00	\$5,300.00	\$5,200.00
Siembra	\$7,985.42	\$8,668.75	\$9,672.92
Riego	\$6,900.00	\$4,450.00	\$4,450.00
Fertilización	\$12,571.00	\$15,504.00	\$23,557.00
Manejo de malezas	\$3,960.00	\$3,175.00	\$4,363.50
Manejo de plagas y enfermedades	\$4,560.00	\$3,050.00	\$3,410.00
Cosecha	\$3,500.00	\$4,200.00	\$4,900.00
Otros*	\$4,194.00	\$6,760.00	\$7,520.00
Costo total (\$/ha)	\$47,870.42	\$51,107.75	\$63,073.42
Costo por tonelada (\$/t)	\$3,419.32	\$4,258.98	\$4,505.24
Rendimiento (t/ha)	14.00	12.00	14.00
Precio de venta de grano (\$/t)	\$4,600.00	\$8,000.00	\$8,000.00
Ingreso por grano	\$64,400.00	\$96,000.00	\$112,000.00
Ingreso por esquileo	\$1,000.00	\$1,000.00	\$1,000.00
Ingreso total (\$/ha)	\$65,400.00	\$97,000.00	\$113,000.00
Utilidad (Flujo Neto de efectivo)	\$17,529.58	\$45,892.25	\$49,926.58
Relación B/C	1.37	1.90	1.79

* La categoría de otros incluye: seguro agrícola, análisis de suelo y coberturas de precios, cuando se implementan

Fuente: Elaboración propia

Si se hubiera continuado con el manejo convencional, se hubiese tenido un buen resultado, principalmente por el precio de mercado favorable, sin embargo, de haberse mantenido los precios de venta del ciclo PV2020 y con el manejo convencional, sus costos se hubiesen incrementado en un 32% y sus utilidades

habrían disminuído en un 87%, por lo que su relación beneficio costo andaría por 1.10 que es menor a la del ciclo PV2020.

Estas decisiones de innovación y gestión de los productores participantes en los paneles, en torno a su forma de producción primaria, obedecen al acceso a información y al análisis que realiza la organización a la que pertenecen a través de sus consejos de administración asesorados por los agentes técnicos y comerciales, que de otra manera sería más complicado. Respecto a la importancia de contar con información, Nikam et al. (2022) mencionan que los agricultores que recibieron información de al menos una fuente formal, fuente pública y medios masivos de comunicación tuvieron una ventaja de rendimiento significativa, mientras que los medios de comunicación de masas tenían una ventaja significativa en los ingresos en las regiones de producción de regadío.

Derivado del análisis de la estructura de costos con la información obtenida mediante los paneles de productores, se puede indentificar que para ambas URP los principales costos de producción son fertilización, preparación del terreno y siembra, que en conjunto representan más del 50% de los costos de operación en ambos ciclos productivos (Cuadro 7 y Cuadro 8), lo cual resulta consistente con la información analizada que procede de encuestas y también con el estudio realizado por Guzmán Soria, De la Garza Carranza, González Farías, & Hernández Martínez (2014) donde indican que el insumo comerciable de mayor impacto dentro de los costos de producción del maíz (excluyendo la tierra), son los fertilizantes que constituyen 71.1% en temporal y 58.8% en riego del costo total, pero si se incluye el costo asignado a la tierra, la fertilización representa 69% en temporal y 53.1% en riego. Por otra parte Jurado Arredondo, Aranda Gutiérrez, Callejas Juárez, & Ortega Montes (2013) realizaron dos paneles de productores y sus resultados muestran un mejor desempeño de la URP de menor escala y en ambos casos los costos de fertilización fueron los de mayor proporción.

Cuadro 7. Estructura de costos de la URP1: GUMA04

Etapas	Costo total 2020	Costo total 2022	Costo total con cantidades 2020 a precios 2022
Preparación del terreno	17.82%	8.44%	14.43%
Siembra	14.21%	11.38%	12.93%
Riego	8.85%	8.77%	9.65%
Fertilización	23.12%	36.39%	31.23%
Manejo de malezas	8.08%	7.95%	7.88%
Manejo de plagas y enfermedades	5.21%	5.00%	3.83%
Cosecha	10.62%	9.62%	8.46%
Otros*	12.09%	12.46%	11.59%
Total	100.00%	100.00%	100.00%

* La categoría de otros incluye: seguro agrícola, análisis de suelo y coberturas de precios, cuando se implementan

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 8. Estructura de costos de la URP2: GUMA06

Etapas	Costo total 2020	Costo total 2022	Costo total con cantidades 2020 a precios 2022
Preparación del terreno	8.77%	10.37%	8.24%
Siembra	16.68%	16.96%	15.34%
Riego	14.41%	8.71%	7.06%
Fertilización	26.26%	30.34%	37.35%
Manejo de malezas	8.27%	6.21%	6.92%
Manejo de plagas y enfermedades	9.53%	5.97%	5.41%
Cosecha	7.31%	8.22%	7.77%
Otros*	8.76%	13.23%	11.92%
Total	100.00%	100.00%	100.00%

* La categoría de otros incluye: seguro agrícola, análisis de suelo y coberturas de precios, cuando se implementan

Fuente: Elaboración propia

Identificación de áreas de innovación relevantes en la producción

Como resultado de la aplicación de la técnica de paneles de productores, se puede identificar que hay áreas importantes en las que se debería focalizar la

innovación, como es la fertilización (innovando en las fuentes de nutrientes y cantidades aplicadas) y la preparación del terreno (disminuyendo los pasos en algunas labores), ya que al analizar los coeficientes técnicos de cada URP se puede identificar claramente que las URP representativas de cada organización pueden hacer modificaciones con diferentes estrategias, pero en ambos casos, buscando un beneficio para los productores socios de la organización.

Estos resultados también son consistentes con la información generada en un estudio que se realizó en el mismo territorio, “Análisis de productividad y rentabilidad de las unidades de producción agroalimentarias de Guanajuato” realizado en 2021 (Muñoz Rodríguez et al., 2021), donde se mencionan las innovaciones que explican la rentabilidad en maíz, específicamente para el Sistema biointensivo que fue el más rentable y considera la aplicación de innovaciones clave en la siembra, la fertilización y el manejo de plagas.

4.6.3 Comparación de hallazgos a través de las metodologías implementadas

Los resultados obtenidos a través de la información generada de encuestas brindan un análisis estadístico que mediante la significancia indica las áreas que diferencia a los clústeres pero que al considerar la estructura de costos no son tan relevantes, en cuanto a las variables categóricas (compras y ventas consolidadas) se logró identificar cuáles si influían mayormente en la asignación del productor analizado a cada clúster. En un estudio realizado a través de encuestas individuales, los resultados, al igual que en el presente estudio, a través de un ANOVA se buscó revelar la influencia de los factores que componen el perfil socioeconómico en los controles de los diferentes costos: semillas, fertilizante y veneno, caliza, combustibles, servicios contratados, mantenimiento y reparación de tractores y otros equipo, depreciación anual de tractores y equipos; pero no se obtuvo evidencia de que tales factores den lugar a diferencias estadísticamente significativas en los controles de costos. Así mismo, una de sus conclusiones menciona que los controles de costos son precarios y la información

gerencial resultante es incapaz de proporcionar decisiones precisas (Clemente et al., 2010).

Para realizar el análisis de información de sistemas de producción y costos a través de encuestas individuales, se requeriría que cada productor tuviera registros de su información (técnica y contable), con lo que realizar encuestas no sería complicado, sin embargo, la mayoría de los productores no cuenta con registros, así que en muchas ocasiones la información proporcionada es de lo que recuerda el productor. Otro factor a considerar es que para analizar la información obtenida se requiere de personal calificado, los softwares apropiados y los recursos necesarios para obtener la información.

En cambio, la información generada a través de los paneles de productores resultó ser más específica y de acuerdo con los resultados obtenidos, es más apropiada para la toma de decisiones en el ámbito de las pequeñas organizaciones de productores que no cuentan con registros, ya que permite el análisis de distintos escenarios de producción y de mercado, además se podría complementar con los coeficientes técnicos de los desviados positivos a fin de evitar especulaciones.

Mediante el análisis de coeficientes técnicos y costos a través de paneles de productores se obtiene una descripción detallada del proceso de producción, el cual puede actualizarse conforme cambian las condiciones en el mercado, se pueden analizar distintos escenarios que brinden información para tomar decisiones de innovación y de gestión en pro de los beneficios económicos de los socios de las organizaciones o de los integrantes de las URP. Así mismo, cada productor, tomando como referencia la URP, podría analizar su unidad de producción en lo particular con el objetivo de innovar para mejorar su rentabilidad. Sin embargo, esta técnica es aún poco conocida y aplicada en el sector, por lo tanto, el personal capacitado para desarrollarla es limitado, pero bien podrían capacitarse a agentes clave para desarrollar esta actividad en el ámbito de las organizaciones.

En México la técnica de paneles de productores se ha utilizado mayormente para la estimación de la viabilidad económica y financiera de las URP de algunos productos como jamaica, ovinos, caprinos, calabaza, frijol, nopal tuna y aguacate, los cuales se han publicado como artículos científicos (Corona et al., 2014; Delgadillo-Ruiz et al., 2016; Domínguez-García et al., 2017; Esquivel-Marín et al., 2022; Franco et al., 2018; Ireta-Paredes et al., 2018; Orona Castillo et al., 2013), así mismo, a nivel de tesis de maestría se han encontrado trabajos con la cadena de conejos, jarabe de agave, miel, leche, jitomate bajo invernadero, entre otros. A través de esta técnica se ha recabado información de coeficientes técnicos, rendimientos, precios de insumos y productos y se determina si son o no viables económica y financieramente, pero no se han utilizado para analizar escenarios para la toma de decisiones o para analizar a individuos sobresalientes de sus pares.

Finalmente se presenta una comparación de las metodologías aplicadas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadro comparativo de las metodologías empleadas

Criterios	Análisis de información de sistemas de producción y costos a través de encuestas individuales	Análisis de coeficientes técnicos y costos a través de paneles de productores
Colecta de información	El proceso de colecta de información es tardado, ya que se tiene que encuestar a cada persona que acceda a brindar información. Al tratarse de información personal parte de esta podría considerarse delicada o confidencial (ingresos, pago de impuestos, subsidios y apoyos recibidos, entre otros), que además, ante cuestiones de inseguridad, el productor podría limitar (Sagarnaga Villegas et al., 2018).	La información se obtiene en una reunión donde participan de productores líderes bien informados quienes llegan al consenso de la URP a analizar. Los resultados obtenidos se validan en una segunda reunión con los mismos participantes.
Especificidad de la información obtenida	La información que se obtenga depende del diseño de la encuesta, en el caso del presente trabajo, contenía información de rendimiento,	En el panel se obtiene información detallada sobre parámetros técnicos, mano de obra empleada, uso de insumos y factores de

Criterios	Análisis de información de sistemas de producción y costos a través de encuestas individuales	Análisis de coeficientes técnicos y costos a través de paneles de productores
	precio de venta, ingreso, costo por hectárea, costos desglosados por etapa, la implementación o no de ventas consolidadas de granos y compra consolidada de insumos.	producción, precios y rendimientos.
Requerimientos para realizar el análisis	Se necesita personal capacitado en el uso de Excel y algún programa estadístico como IBM SPSS Statistics, además que tenga los conocimientos para realizar análisis de clúster, comparación de medias (ANOVA) y pruebas de Chi-cuadrado.	Se necesita personal capacitado en el uso de Excel y en la técnica de paneles de productores.
Tiempo y recursos económicos	Se requiere de una gran cantidad de recursos: tiempo, dinero y personal.	La colecta de información requiere de una inversión menor de recursos, principalmente de tiempo, dinero y personal. El proceso de colecta de información es más rápido que otros métodos, debido a que se puede realizar uno o dos paneles por día.
Análisis de escenarios	Es difícil realizar un análisis de escenarios.	Se puede realizar un análisis de escenarios asociados al cambio en innovaciones, costos de insumos o precios de venta.
Representatividad de los resultados	Dependiendo de la delimitación de la población objetivo o unidad de análisis, la información podría o debería ser estadísticamente representativa, pues como lo definen Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos y se pretende que los resultados encontrados en la muestra se generalicen o extrapolen a la población.	Los resultados no son estadísticamente representativos, porque la colecta de información no se basa en una muestra probabilística. Sin embargo, los resultados obtenidos son indicativos de la situación de empresas con características similares a las URP analizadas, ubicadas en la zona en estudio (Sagarnaga Villegas et al., 2018).

Fuente: Elaboración propia

4.7 Conclusiones

A pesar de los beneficios potenciales, el uso de datos e información para la toma de decisiones en pequeñas empresas agrícolas aún es limitado, ya que existen obstáculos que van desde la infraestructura tecnológica insuficiente, la falta de habilidades digitales, la atención a la seguridad de los datos y la falta de un entorno propicio para la adopción de tecnologías agrícolas digitales.

Contar con información sobre los ingresos, costos, utilidades y coeficientes técnicos de las URP, tener las capacidades y metodologías para analizarla, representa un beneficio clave para cualquier empresa u organización ya que permite tomar decisiones sobre gestión de la innovación, específicamente en el sector agrícola donde la información es limitada.

El análisis de información de sistemas de producción y costos a través de encuestas individuales implica contar con una cantidad considerable o representativa de datos de varias organizaciones y regiones, puede brindar un panorama general del cultivo de análisis y se pueden identificar áreas generales donde se podría focalizar la innovación, derivado de los análisis estadísticos realizados. Sin embargo, se necesitan capacidades intelectuales más específicas, software más especializados y mayores recursos (tiempo y dinero) para realizar un estudio de este tipo.

Mientras que los resultados del análisis de coeficientes técnicos y costos a través de paneles de productores, claramente proporciona una descripción detallada de los procesos de producción, que se puede actualizar conforme cambien las condiciones de mercado; se pueden analizar distintos escenarios que brinden información para tomar decisiones de innovación y de gestión en pro de los beneficios económicos de los socios de las organizaciones o de los integrantes de las URP. De igual manera, cada productor, tomando como referencia la URP, podría analizar su unidad de producción en lo particular con el objetivo de innovar para mejorar su rentabilidad. Por lo tanto, la información generada a través de los paneles de productores resultó ser más específica y de acuerdo con los

resultados obtenidos, se considera más apropiada para la toma de decisiones en el ámbito de las pequeñas organizaciones de productores que no cuentan con registros, ya que permite el análisis de distintos escenarios de producción y de mercado. Esta técnica optimiza los recursos tiempo, dinero y personal capacitado, por el corto tiempo en que se obtiene la información y el análisis de los resultados. En resumen, la combinación de datos detallados obtenidos a través de paneles de productores, con la capacidad de analizar distintos escenarios, ofrece un enfoque eficiente y específico para la toma de decisiones en el sector agrícola, especialmente para pequeñas organizaciones que carecen de registros detallados y poco digitalizadas.

Para superar estos desafíos de la digitalización en el sector agropecuario, es esencial desarrollar soluciones adaptadas a contextos específicos, proporcionar capacitación y apoyo continuo, así como fomentar la conciencia sobre los beneficios tangibles del uso de la información en la toma de decisiones agrícolas. En este contexto, se considera que la generación de información a través de paneles de productores podría ser un paso intermedio para el establecimiento de sistemas de gestión de la información automatizado, que utilicen las ventajas de las TIC e innovaciones como la incorporación de drones y el uso de aplicaciones digitales.

Finalmente, las políticas gubernamentales y las iniciativas del sector privado pueden desempeñar un papel fundamental para reducir las barreras y promover la adopción de tecnologías digitales en empresas agrícolas poco digitalizadas.

4.8 Literatura citada

AAEA TASK FORCE ON COMMODITY COSTS AND RETURNS. Commodity Costs and Returns Estimation Handbook.

AGUILAR-GALLEGOS, N. et al. Social network analysis for catalyzing agricultural innovation: From direct ties to integration and radiality. *Estudios Gerenciales*, v. 32, n. 140, p. 197–207, 2016.

AGUILAR GALLEGOS, N. et al. La intervención en red para catalizar la innovación agrícola. *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, v. 28, n. 1, p. 9, 2017.

- ALMAGUER, G. et al. Rentabilidad de hortalizas en el Distrito Federal, México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, v. 3, n. 4, p. 643–654, 2012.
- ALMAGUER VARGAS, G. et al. Extensión agrícola para la promoción de la innovación y la rentabilidad de los citricultores en México. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, v. 22, n. 1, 2021.
- ANDRIANARISON, F.; KAMDEM, C. B.; CHE KAMENI, B. Factors enhancing agricultural productivity under innovation technology: Insights from Cameroon. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, v. 14, n. 5, p. 1173–1183, 2022.
- AYALA-GARAY, A. V. et al. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, v. 10, n. 4, p. 381, 2013.
- BUSTELO RUESTA, C.; AMARILLA IGLESIAS, R. Gestión del conocimiento y gestión de la información. *Boletín del Instituto de Andaluz de Patrimonio Histórico*, v. 8, n. 34, p. 226–230, 2001.
- CARVALHO PERES, A. A. DE et al. Production of costs analysis of alface americana, almeirão, mostarda and rúcula in a farm from Volta Redonda city in Rio de Janeiro State. *Custos e Agronegocio*, v. 17, n. 3, p. 49–70, 2021.
- CLEMENTE, A. et al. Profile of family farms and cost control in South-Central Region of Paraná. *Custos e Agronegocio*, v. 6, n. 3, p. 21–43, 2010.
- CORONA, I. et al. Microeconomic analysis of Representative Production Units of sheep meat in Mexico under a semi intensive production system. *Revista Mexicana de Agronegocios*, v. XVIII, n. 34, p. 720–728, 2014.
- DELGADILLO-RUIZ, O. et al. ANALYSIS OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) PRODUCTION VIABILITY IN THE SHORT AND LONG TERM IN ZACATECAS, MÉXICO. *Agroproductividad*, v. 9, n. 5, p. 16–21, 2016.
- DOMÍNGUEZ-GARCÍA, I. A. et al. Viabilidad económica y financiera de nopal tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Nopaltepec, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v. 8, n. 6, p. 1371–1382, 2017.
- ESPEJEL GARCÍA, A. et al. Factores estratégicos de la innovación y mercado en queserías artesanales de México. *Revista Venezolana de Gerencia*, v. 23, n. 82, p. 424–438, 2018.
- ESPINOZA LASTRA, O. R. et al. AGRICULTURAL ADMINISTRATION: COST MEASUREMENT IN THREE PRODUCTION ASSOCIATIONS. *Revista Universidad y Sociedad*, v. 13, n. 1, p. 328–335, 2021.
- ESQUIVEL-MARÍN, N. H. et al. Viabilidad económica y financiera de la cadena de valor flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). Estudio de caso: Cooperativas y Unión de productores de la Huacana, Michoacán. *Custos e Agronegocio*, v. 18, n. 2, p. 22–43, 2022.
- FERNÁNDEZ MARCIAL, V. Gestión del conocimiento versus gestión de la información. *Investigación Bibliotecológica*, v. 20, n. 41, p. 44–62, 2006.

- FRANCO, M. et al. Análisis de costos y competitividad en la producción de aguacate en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v. 9, n. 2, p. 391–403, 2018.
- GUZMÁN SORIA, E. et al. Análisis de los costos de producción de maíz en la Región Bajío de Guanajuato. *Análisis Económico*, v. 29, n. 70, p. 145–156, 2014.
- HERMANS, T. D. G. et al. Why we should rethink ‘adoption’ in agricultural innovation: Empirical insights from Malawi. *Land Degradation and Development*, v. 32, n. 4, p. 1809–1820, 2021.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, M. DEL P. *Metodología de la Investigación*. Sexta ed.
- HLOUŠKOVÁ, Z.; ŽENÍŠKOVÁ, P.; PRÁŠILOVÁ, M. Comparison of agricultural costs prediction approaches. *Agris On-line Papers in Economics and Informatics*, v. 10, n. 1, p. 3–13, 2018.
- HUSAIN, S. Análisis de los costos de producción y la cadena de valor de las plantas tradicionales que cultivan los campesinos de Cundinamarca, Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, v. 15, n. 82, p. 1–18, 2018.
- INEGI. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Disponible en : <<https://www.inegi.org.mx/>>. Acceso en: 11 out. 2017.
- IRETA-PAREDES, A. R. et al. Análisis de la red de valor Calabaza Chihua (Cucurbita *Argyrosperma* Huber) en Campeche, México. *Agrociencia*, v. 52, n. 1, p. 151–167, 2018.
- ISLAS-MORENO, A. et al. Comportamiento estratégico y desempeño de empresas en sistemas pecuarios de especialidad. *Custos e Agronegocio*, v. 15, n. 4, p. 310–336, 2019.
- _____. Análisis financiero y económico en la elaboración y venta de un platillo tradicional: El caso de la barbacoa de ovino en México. *Custos e Agronegocio*, v. 16, n. 1, p. 100–119, 2020.
- JURADO ARREDONDO, J. et al. Economic Situation of Corn Production in Terms of Irrigation in the State of Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios*, v. 33, p. 504–512, 2013.
- KATIKAR, N. S.; HIREMATH, R. B.; YADAV, R. Knowledge management for rural industries using cloud computing. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, v. 8, n. 11 Special Issue, p. 435–441, 2019.
- MARTÍNEZ LÓPEZ, A.; MUÑOZ RODRÍGUEZ, M.; SANTOYO CORTÉS, V. H. Análisis de desempeño de las organizaciones económicas rurales. *Revista Internacional de Organizaciones*, n. 29, p. 57–90, 2022.
- MUÑOZ-RODRÍGUEZ, M. et al. ¿Qué significa innovar en el ámbito del sector agroalimentario? ...y ¡cómo lo hemos hecho! México: Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM, 2014.

- MUÑOZ RODRÍGUEZ, M. et al. Análisis de productividad y rentabilidad de las unidades de producción agroalimentarias de Guanajuato. Chapingo, México, 2021.
- NIKAM, V.; ASHOK, A.; PAL, S. Farmers' information needs, access and its impact: Evidence from different cotton producing regions in the Maharashtra state of India. *Agricultural Systems*, v. 196, n. March 2021, p. 103317, 2022.
- OECD/EUROSTAT. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4th Edition. Paris/Eurostat, 2018.
- ORONA CASTILLO, I. et al. Proyección económica de unidades representativas de producción en caprinos en la Comarca Lagunera, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v. 4, n. 4, p. 625–636, 2013.
- PÉREZ LÓPEZ, C. Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Aplicaciones con SPSS. Madrid, España: [s.n.].
- PONCE-MÉNDEZ, F.; ÁLVAREZ-BERNAL, D.; CEJA-TORRES, L. F. Modelo GGAVATT y redes de innovación en la cuenca lechera Ciénega de Chapala, Michoacán * Model GGAVATT and networks of innovation in the dairy basin in the Cienega of Chapala, Michoacán Resumen Introducción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v. 7, p. 545–558, 2016.
- PRIEGNITZ, U. et al. A Farm Typology for Adoption of Innovations in Potato Production in Southwestern Uganda. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 3, n. September, p. 1–15, 2019.
- PRIHADYANTI, D.; AZIZ, S. A.; SARI, K. Diffusion of Social Innovation: the Innovation Provider's Perspective. Springer US, 2023.
- RAHMAN, A. A.; SELWYN, J. A novel approach to design quality model for knowledge management systems. *International Journal of Scientific and Technology Research*, v. 9, n. 2, p. 872–877, 2020.
- RODRÍGUEZ MEDINA, G.; RODRÍGUEZ CASTRO, B.; VILLASMIL AMALOA, K. Production Costs in Complete Cycle Pig Holdings in the. p. 709–729, 2012.
- SAGARNAGA VILLEGAS, L. M.; SALAS GONZÁLEZ, J. M.; AGUILAR ÁVILA, J. Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera y económica en unidades representativas de producción. [s.l.] CUESTAAM – UACH, 2018. v. 6
- SAGARPA-FAO. Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012. 2da. ed. Ciudad de México: [s.n.].
- SAGARPA. Planeación agrícola nacional 2017-2030. Maíz grano blanco y amarillo.
- ŠTUSEK, J.; KUBATA, K.; OCENÁŠEK, V. Strategic importance of the quality of information technology for improved competitiveness of agricultural companies and its evaluation. *Agris On-line Papers in Economics and Informatics*, v. 9, n. 4, p. 109–122, 2017.
- TRENDON, N. M.; VARAS, S.; ZENG, M. Tecnologías digitales en la agricultura

y las zonas rurales. Roma: [s.n.].

- VACCARO, M. M. El riesgo en la toma de decisiones de agricultores familiares del noroeste de Santa Fe desde sus percepciones y representaciones. Bajo la mirada sociológica. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, v. 32, n. 2006, p. 57–85, 2010.
- VÁSQUEZ ORTIZ, R. et al. Rentabilidad del sistema de producción manejo integrado de limón mexicano en copalillo, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v. 11, n. 6, p. 1247–1257, 2020.
- VIDAL LEDO, M. J.; ARAÑA PÉREZ, A. B. Gestión de la información y el conocimiento. *Revista Cubana de Educación Medica Superior*, v. 26, n. 3, p. 474–484, 2012.
- VIPINKUMAR, V. P.; ATHIRA, P. V.; MINI, K. G. Role of ICT in Knowledge Management. In: *ICT-oriented Strategic Extension for Responsible Fisheries Management*. Central Marine Fisheries Research Institute, 2013. p. 507–527.
- WHITE, E. L. et al. Report from the conference, identifying obstacles to applying big data in agriculture'. *Precision Agriculture*, v. 22, p. 306–315, 2021.
- XIE, Y. et al. How does digital transformation affect agricultural enterprises' pro-land behavior: The role of environmental protection cognition and cross-border search. *Technology in Society*, v. 70, n. May, p. 101991, 2022.
- ZARAZÚA, E. J. A.; ALMAGUER, V. G.; MÁRQUEZ, B. R. S. Innovation Networks in the Strawberry Production System. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, v. 17, n. 1, p. 51–60, 2011.
- ZECCA, F.; RASTORGUEVA, N. Knowledge management and sustainable agriculture: The Italian case. *Quality - Access to Success*, v. 18, n. 159, p. 97–104, 2017.

5. ADOPCIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE AGRICULTURA REGENERATIVA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN MÉXICO

5.1 Resumen⁴

Los sistemas de producción convencionales contribuyen a la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad, la emisión de gases de efecto invernadero y a la disminución de la productividad, en contraste, las tierras agrícolas bien gestionadas pueden contribuir positivamente al medio ambiente. La agricultura regenerativa (AR) es una alternativa que busca transformar la producción de alimentos y reparar los ecosistemas, sin embargo, los productores se muestran reacios a adoptar estas prácticas debido a la falta de evidencia empírica sobre sus beneficios y rentabilidad. El objetivo es comparar la rentabilidad del maíz, analizar en qué medida las prácticas de manejo de las unidades analizadas se corresponden con los principios de la agricultura regenerativa y explicar los factores que facilitan la transición hacia un enfoque de AR. Se obtuvo y analizó información sobre la producción de maíz bajo el Sistema Convencional, enfoque de AR y sistema de Labranza de Conservación, se realizó una comparación de labores mecánicas realizadas, costos, rendimientos y utilidades, así como la valoración de cuatro principios de AR. Se encontró que las unidades con enfoque de AR tienen los menores costos de producción y con rendimientos similares a los de los otros sistemas analizados, realizan pocas labores con maquinaria y las prácticas que implementan contribuyen en alguna medida a los principios de la AR. Los factores como una menor inversión, una productividad similar a los otros sistemas, los beneficios ambientales y tener las fuentes de información adecuadas, pueden facilitar la transición de una agricultura convencional hacia el enfoque regenerativo.

Palabras clave: Transición hacia agricultura regenerativa, rentabilidad, sostenibilidad.

5.2 Introducción

Los sistemas de producción convencionales contribuyen a la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y las emisiones de gases de efecto invernadero (Elrick et al., 2022; Rehberger et al., 2023), así como a una disminución de la productividad (Khangura et al., 2023), en contraste, las tierras agrícolas bien

⁴ Este capítulo se presenta en formato de artículo y fue enviado a la revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo.

gestionadas pueden proporcionar servicios ecosistémicos y contribuir positivamente al medio ambiente.

Han surgido diversos enfoques sobre agricultura sostenible que proponen soluciones a los desafíos que enfrenta el sistema agroalimentario (Bless et al., 2023), como ejemplos se tienen a la agricultura orgánica que comenzó como un movimiento para contrarrestar la agricultura convencional, así como la agricultura regenerativa (Elrick et al., 2022) que está ganando terreno en medio de los costos acumulados de la agricultura convencional para el medio ambiente, las comunidades rurales y los propios agricultores (Miller-Klugesherz & Sanderson, 2023). En este trabajo, se retomará en concepto de agricultura regenerativa, mismo que a continuación se define.

La agricultura regenerativa (AR) es una alternativa que busca transformar la producción de alimentos y reparar los ecosistemas (Gordon et al., 2023). Se refiere a un conjunto de principios, prácticas o resultados que buscan mejorar la salud del suelo, la biodiversidad, el clima, la función de los ecosistemas y los resultados socioeconómicos (Sands et al., 2023). No existe un consenso entre los estudiosos del tema sobre una sola definición de AR, sin embargo, coinciden en que se enfoca en la recuperación de los suelos. Al respecto, Schreefel, Schulte, de Boer, Schrijver, & van Zanten (2020) lo definen como un enfoque de la agricultura que utiliza la conservación del suelo como punto de entrada para regenerarse y contribuir a múltiples servicios de suministro, regulación y apoyo, con el objetivo de que esto mejore las dimensiones ambientales, sociales y económicas de la producción sostenible de alimentos. Para alcanzar los objetivos antes mencionados, los agricultores pueden aplicar diferentes prácticas (Schreefel et al., 2022). Por lo tanto, la gestión sostenible del suelo es esencial para prevenir la degradación del suelo agrícola, mantener la producción de alimentos y los servicios ecosistémicos básicos del suelo (Jaworski et al., 2024).

Se señalan cinco principios de la salud del suelo que son los principios rectores de un sistema regenerativo, estos principios hacen énfasis en trabajar con el sistema natural (Manshanden et al., 2023). Estos cinco principios básicos de la

salud del suelo fueron descritos por Brown (2018): a) minimizar la perturbación del suelo: perturbar el suelo tendrá un impacto negativo en su estructura, fertilidad y salud en general, se incluyen tanto las perturbaciones químicas como las físicas; b) maximizar la diversidad de cultivos: busca aumentar la resiliencia del sistema, apoyar la biodiversidad y un suelo rico y saludable; c) mantener el suelo cubierto: el suelo desnudo es susceptible a la erosión, la evaporación y la germinación de malas hierbas, mantener el suelo cubierto protegerá el suelo del clima y alimentará la vida del suelo; d) mantener las raíces vivas durante todo el año: para proporcionar nutrientes para la vida del suelo y e) integrar la ganadería: mejorará el ciclo de nutrientes del suelo.

Para efectos de este trabajo consideraremos que la agricultura regenerativa se refiere a la implementación de un conjunto de prácticas diversas enfocadas a mejorar la salud del suelo que además contribuyan en alguna medida a los cinco principios descritos por Brown (2018), con el objetivo de mejorar los resultados productivos y socioeconómicos.

Respecto a los principios de AR, se han realizado estudios para evaluar el grado de su aplicación en países como Reino Unido mediante una “puntuación de agricultura regenerativa” asignando prácticas individuales entre los principios de la agricultura regenerativa (Jaworski et al., 2024). Otros estudios se han enfocado en analizar el impacto de las prácticas de AR, por ejemplo en la productividad del caupí en Kenia (Mogaka, 2023), en la gestión agrícola de suelos en Canadá (Kersey et al., 2024), en el incremento del carbono orgánico en el suelo (Rehberger et al., 2023), en beneficios aportados en diferentes agroecosistemas (Khangura et al., 2023), en la seguridad alimentaria en África Oriental (Ntawuhiganayo et al., 2023), en la salud del suelo y densidad de nutrientes en Estados Unidos (Montgomery et al., 2022) o en el uso de insumos en la AR y de sus relaciones con el rendimiento y los resultados fiscales (Voisin et al., 2024).

Así mismo, comprender qué motiva a los agricultores a adoptar prácticas regenerativas es fundamental para desarrollar las políticas, los incentivos, la divulgación y los mecanismos de apoyo adecuados (Gosnell, 2022). Es por ello

que se han realizado estudios al respecto, como el de Beacham, Jackson, Jaworski, Krzywoszynska, & Dicks (2023) quienes sugieren que no existe un viaje o transición único y refieren que la AR puede entenderse como un "conjunto" de prácticas adoptadas de una manera más gradual y pragmática.

También se han realizado varios estudios para analizar los procesos de transición y las motivaciones para el cambio como el realizado por Miller-Klugesherz & Sanderson (2023) quienes mencionan que la razón principal de las acciones es para mantener o reconstruir buenos suelos, alimentos saludables, familias y comunidades fuertes. Frankel-Goldwater et al. (2023) descubrieron varios impulsores para el cambio, siendo el principal mejorar la salud de las personas, los suelos y los ecosistemas a través de prácticas agrícolas y configuraciones sociales relacionadas. Gosnell (2022) menciona que las experiencias negativas con los agroquímicos asociadas con costos crecientes y resultados decrecientes fueron un importante impulsor del cambio.

A medida que la agricultura regenerativa se extiende, los encargados de formular políticas y tomar decisiones se han interesado en sus prácticas. Sin embargo, se sabe poco sobre los factores que impulsan su adopción entre agricultores y ganaderos (Frankel-Goldwater et al., 2023), tampoco está claro qué consideran los agricultores como prácticas de gestión sostenible del suelo y cómo se relacionan con los principios de la AR (Jaworski et al., 2024), así mismo, se debe considerar que los objetivos y prácticas de AR no son igualmente relevantes ni aplicables a todos los sistemas agrícolas y contextos locales (Schreefel et al., 2022), además de que no se comprenden bien los impulsores del rápido surgimiento de la agricultura regenerativa (Bless et al., 2023). A pesar de los beneficios que se han mencionado de la AR, una gran mayoría de productores se muestran reacios a adoptar estas prácticas debido a la falta de evidencia empírica sobre sus beneficios y rentabilidad (Khangura et al., 2023).

En este contexto, el objetivo del presente artículo es comparar la rentabilidad del maíz en diferentes sistemas de producción, analizar en qué medida las prácticas de manejo actuales se corresponden con los principios de la agricultura

regenerativa y explicar los factores que facilitan la transición de una agricultura convencional hacia un enfoque de Agricultura Regenerativa, tomando como estudio de caso la producción de maíz en la región del Bajío del estado de Guanajuato, ya que consideramos que existen prácticas de agricultura regenerativa que contribuyen a un sistema de producción con bajos costos, sin disminuir los rendimientos y con beneficios ambientales.

5.3 Discusión teórica

El presente trabajo se aborda desde la teoría del Desarrollo Rural del cual surge la Economía Ecológica o Ambiental, y como parte de esta la Agroecología y la sustentabilidad y la sostenibilidad.

El concepto de sustentabilidad surge por una serie de elementos de diferente orden, como una mayor conciencia de la crisis ambiental y su dimensión global, que acentuaron la prioridad de retomar el crecimiento económico con alternativas tecnológicas y energéticas, así mismo, se plasmaron propuestas teórico-políticas provenientes del campo ambiental y del campo de las relaciones internacionales (Foladori & Pierri, 2005). El movimiento de la agricultura sustentable se generó desde varios movimientos de reforma de Estados Unidos, Canadá y Oeste Europeo, que se desarrollaron en respuesta a preocupaciones sobre impactos de la agricultura, algunos ejemplos son la sobreexplotación de los recursos no renovables, degradación del suelo, salud y efectos ambientales y químicos agrícolas, inequidad, declinación de comunidades rurales, pérdida de valores tradicionales agrarios, calidad alimentaria, seguridad de los trabajadores agrícolas, disminución de auto suficiencia y aumento de tamaño de los productores. Estos problemas se tornaron asociados con la agricultura convencional que era percibida como insustentable (Hansen, 1996).

Al mismo tiempo, existen dos interpretaciones de la sostenibilidad agrícola: la sostenibilidad interpretada como un enfoque de la agricultura desarrollado en respuesta a las preocupaciones sobre los impactos de la agricultura, con el objetivo de motivar la adhesión a ideologías y prácticas sostenibles; y la

sostenibilidad interpretada como una propiedad de la agricultura desarrollada en respuesta a las preocupaciones sobre las amenazas a la agricultura, con el objetivo de utilizarla como criterio para guiar la agricultura en su respuesta al cambio (Hansen, 1996).

Resumidamente, los términos agricultura sustentable o sustentabilidad han sido utilizados como un "términos paraguas" abarcando varias aproximaciones ideológicas de la agricultura, incluyendo: agricultura orgánica, agricultura biológica, agricultura alternativa, agricultura ecológica, agricultura de bajos insumos, agricultura biodinámica, agricultura regenerativa, permacultura y agroecología (Foladori & Pierri, 2005).

5.4 Metodología

Guanajuato es uno de los principales productores de granos del país, para el ciclo primavera verano 2023 ocupó el quinto lugar en la producción de maíz grano, aportando el 6.4% de la producción nacional y dentro de los municipios del estado, Pénjamo tiene el primer lugar en producción aportando el 12.3% de la producción estatal, Valle de Santiago ocupa el quinto lugar aportando el 5.8%, por su parte Irapuato ocupa el sexto lugar aportando el 5.6% (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2024).

En este estado, se obtuvo y analizó información sobre la producción de maíz en el ciclo primavera-verano 2023 en los municipios de Pénjamo, Irapuato y Valle de Santiago como casos de estudio (Figura 8a y 8b).

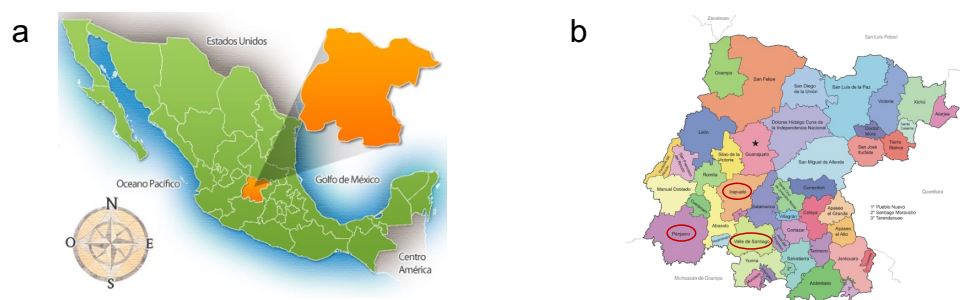


Figura 8. Ubicación del estado de Guanajuato (a) y de los municipios incluídos en el análisis (b).

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener datos representativos del sistema de producción convencional se tomaron como referencia los datos del sistema Agrocostos publicados por Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), 2023b). La producción bajo el enfoque regenerativo incluyó tres unidades que se seleccionaron considerando que al momento de realizar los análisis ya estuvieran incorporando algunas prácticas de AR, estas unidades fueron identificadas a través de consultas con expertos en el tema, que tienen una experiencia comprobable en la asesoría a productores, pues son quienes les brindan asesoría técnica para la producción. También se incluyó información de una validación que realizó el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) Villadiego de FIRA, en cuatro parcelas demostrativas con un sistema de producción de labranza de conservación, con un testigo y tres dosis de fertilización diferentes. Las unidades analizadas se describen en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Datos generales de las UP analizadas.

Unidad de Producción	Sistema Convencional	Enfoque Regenerativo					Labranza de Conservación			
		UP1 - T1	UP1 - T2	UP1 - T3	UP2	UP3	UP4 - TES	UP4 - T50	UP4 - T75	UP4 - T100
Municipio	Edo. Gto.	Pénjamo			Pénjamo	Irapuato	Valle de Santiago			
Localidad	Edo. Gto.	Lomita de Aceves			San José de Los Sabinos	Rancho Grande	Valle de Santiago			
Cultivo	Maíz Blanco	Maíz Blanco	Maíz Blanco	Maíz Blanco	Maíz Blanco	Maíz Amarillo	Maíz Blanco	Maíz Blanco	Maíz Blanco	Maíz Blanco
Tipo de semilla	Híbrida	Híbrida	Híbrida	Híbrida	Híbrida	Híbrida	Híbrida	Híbrida	Híbrida	Híbrida
Densidad de siembra (semillas/ha)	120,000	80,000	80,000	80,000	105,000	110,000	106,300	106,300	106,300	106,300
Producto comercializado	Grano	Grano	Grano	Grano	Grano	Grano	Grano	Grano	Grano	Grano
Tiempo en el sistema de producción	NA	1 año			5 años	10 años	30 años			
Tipo de actor	FIRA	Productor			Productor	Product or	CDT Villadiego FIRA			

Nota: Todas las unidades contaban con riego.

Fuente: Elaboración propia con información de registros de agrocostos y talleres, 2023.

El sistema de Agrocostos es una herramienta que permite estimar de manera paramétrica costos de producción agrícola en una zona o región determinada bajo una tecnología de producción específica. Mediante los registros, se estima el costo de producción agrícola de un paquete tecnológico en diferentes regiones o zonas agroecológicas (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), 2023a).

La información del sistema de producción convencional obtenidos de FIRA contiene los costos de producción de maíz blanco o amarillo con labores agrícolas a base de maquila con precios de labores, mano de obra e insumos al 15 de febrero de 2023 y dicha información aplica para todos los municipios del Estado de Guanajuato con potencial productivo bajo condiciones de riego por bombeo.

En la UP1 se registraron costos de tres tratamientos en parcelas de dos hectáreas cada una, la diferencia fue la nutrición foliar realizada, ya que se aplicaron productos de tres marcas diferentes y el resto de las labores realizadas fueron iguales. En la UP4 se validaron tres tratamientos en parcelas demostrativas de 3,000 m²: el testigo con la fertilización determinada al 100%, el primer tratamiento con inoculación de semilla (con hongos micorrízicos - *Trichoderma* - y bacterias fijadoras de nitrógeno - *Azospirillum*) y el 50% del fertilizante determinado, el segundo con la inoculación y el 75% del fertilizante y el tercero con la inoculación y el 100% del fertilizante.

La colecta de datos se realizó mediante el análisis de unidades de producción (UP) individuales utilizando los registros de labores y costos de los asesores técnicos, complementadas en talleres con los productores. La información de la validación que realizó el CDT Villadiego se obtuvo igualmente mediante registros de Agrocostos y complementada con una sesión con los responsables. Para todos los casos se consideraron los costos de operación directos desembolsados en el ciclo analizado, los rendimientos y el precio de venta.

Para el análisis de la información, se utilizaron libros de Excel con plantillas prediseñadas para recabar la información sobre costos de las labores realizadas, costo de la mano de obra, costos de los insumos, rendimientos y precios de venta. Se compararon las diferencias en costos, rendimientos, utilidades y relación beneficio/costo, así como las diferencias en los coeficientes técnicos empleados en cada unidad estudiada.

Determinación de costos, ingresos y utilidad

Para determinar los costos, ingresos y la utilidad se utilizaron las siguientes fórmulas, basadas en la teoría económica. El ingreso total (IT) se calculó sumando la cantidad de productos vendidos (Q_i) multiplicado por el precio de mercado de dichos productos (P_i).

La estimación de costos totales (CT), incluye los costos de operación (CO) y costos generales (CG). Los CO se calcularon multiplicando la cantidad del j -ésimo insumo empleado en la producción del i -ésimo producto (a_{ij}) por el precio del j -ésimo insumo (P_j). Los CG se calcularon multiplicando la cantidad del k -ésimo factor empleado en la producción del i -ésimo producto (a_{ik}) por el precio del k -ésimo factor (P_k).

Para determinar la utilidad se restan los costos totales (CT) a los ingresos totales (IT). La relación beneficio/costo (B/C) sirvió también para medir la rentabilidad de la actividad respecto a los gastos que fueron empleados para llevar a cabo las operaciones de la producción primaria. La relación B/C se determina dividiendo los ingresos totales (IT) entre los costos totales (CT).

Valoración de principios de AR

La valoración de la aplicación de cuatro de los principios de agricultura regenerativa en cada una de las UP estudiadas se realizó de la siguiente manera, para valorar el principio 1) *Minimizar la perturbación del suelo* se dividió en dos conceptos, el primero es minimizar la perturbación física del suelo para lo cual se consideró la cantidad de pasos de maquinaria que realizan en un ciclo productivo,

desde la preparación del terreno, la siembra y labores culturales, descontando la siembra y la trilla ya que son pasos de maquinaria que no se pueden evitar, el segundo concepto para el principio uno fue la sustitución de insumos químicos por biológicos, en el cual se contabilizó el número de bioinsumos con respecto al total de insumos utilizados, a excepción de la semilla; para el principio 2) *Maximizar la diversidad de cultivos*, se tomó en cuenta si realizan rotación de cultivos o el uso de cultivos de cobertura; para el principio 3) *Mantener el suelo cubierto*, se consideró la cantidad de residuos de cosecha que se incorporan al suelo y finalmente para el principio 4) *Mantener las raíces vivas durante todo el año*, se contabilizaron los meses del año con cultivo comercial o con cultivo de cobertura. Todos los conceptos medidos, que en total son cinco, tienen el mismo peso y como valor máximo uno, por lo tanto, el mayor puntaje posible a obtener fue de cinco. Esta valoración se considera como una escala de transición hacia la AR, por lo que entre más se acerca al cinco, mayor es el avance en las unidades analizadas.

5.5 Resultados

5.5.1 Comparación de labores entre sistemas de producción

Se presenta el análisis de las labores mecánicas realizadas en cada sistema de producción, iniciando con el sistema convencional en el cual se realizan nueve pasos de maquinaria durante el proceso de producción y se observa que se realizan labores de labranza que voltean el suelo, como es el barbecho (Figura 9).

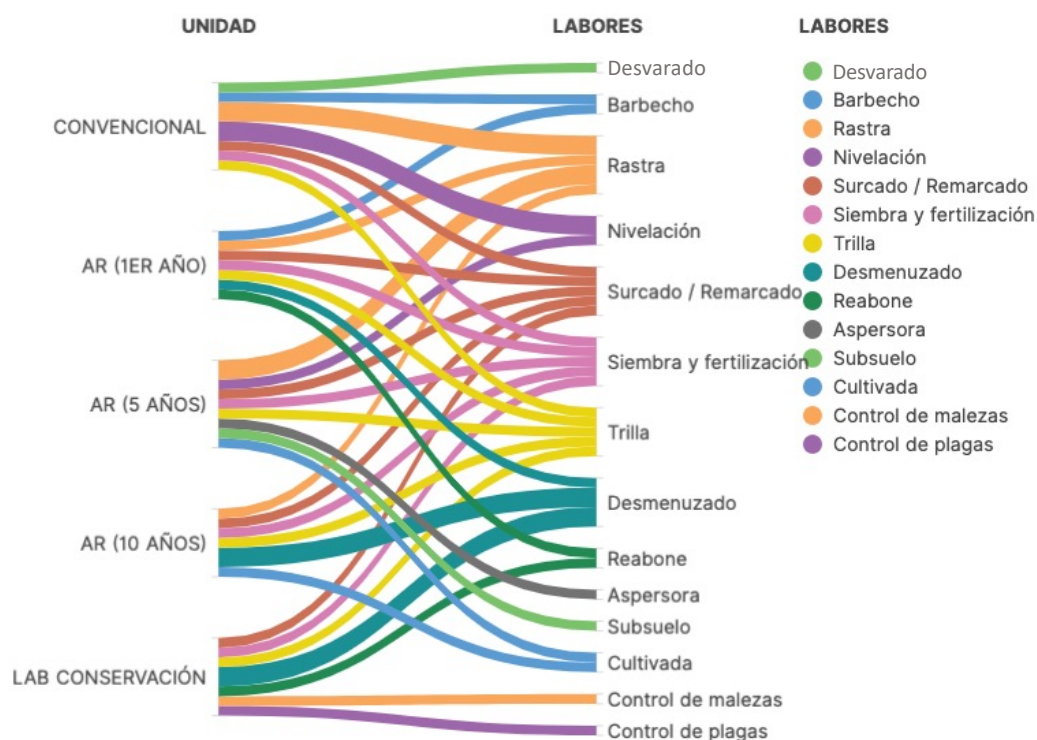


Figura 9. Labores mecánicas realizadas por los sistemas analizados.
Fuente: Elaboración propia con información de los talleres y registros, 2023.

En el caso del enfoque de Agricultura Regenerativa se realizan entre siete y nueve pasos de maquinaria durante el proceso de producción. Sin embargo, si se analizan por separado, las unidades en transición aún realizan el barbecho (AR 1ER AÑO), en cambio las unidades con mayor tiempo en el enfoque de AR realizan en promedio ocho pasos de maquinaria y han eliminado el barbecho (AR 5 y 10 AÑOS). En el sistema de Labranza de Conservación se realizan ocho pasos de maquinaria durante el proceso de producción y se ha eliminado el barbecho y la rastra. La cantidad y tipo de labores es muy similar con la AR (5 y 10 AÑOS).

5.5.2 Comparación de costos de producción del maíz

La preparación del terreno representa en promedio el 11% del total de los costos de producción directos, la siembra el 21% y la nutrición el 36%, en conjunto

constituyen el 67% de los costos totales. A continuación, se presenta el desglose de costos de la producción de maíz para las unidades analizadas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Desglose de costos de producción directos desembolsados.

Costos por etapa (\$/ha)	Manejo Convencional	Enfoque Regenerativo					Labranza de Conservación			
		UP1 - T1 ¹	UP1 - T2 ¹	UP1 - T3 ¹	UP2	UP3	UP4 – TES ²	UP4 - T50 ³	UP4 - T75 ⁴	UP4 - T100 ⁵
Preparación del terreno	9,100	6,900	6,900	6,900	4,040	2,750	2,950	2,950	2,950	2,950
Siembra	9,286	6,577	6,577	6,577	9,388	7,842	9,288	10,788	10,788	10,788
Riego	5,250	1,950	1,950	1,950	1,900	2,922	900	900	900	900
Nutrición	16,907	16,356	16,184	17,391	15,140	11,850	19,112	9,906	14,509	19,112
Manejo de malezas	3,348	3,250	3,250	3,250	890	1,600	3,111	3,111	3,111	3,111
Manejo de PyE	1,884	8,562	8,562	8,562	957	2,250	6,318	6,318	6,318	6,318
Cosecha	4,032	4,041	4,953	4,621	3,000	3,498	4,788	4,446	4,522	4,408
Total (\$/ha)	49,807	47,637	48,377	49,251	35,314	32,712	46,467	38,419	43,098	47,587

Notas: PyE = Plagas y Enfermedades, ¹Misma unidad, parcelas con diferentes tratamientos (productos) en nutrición foliar, ²Testigo con fertilización al 100%, ³Inoculación de semilla y el 50% del fertilizante, ⁴Inoculación y el 75% del fertilizante, ⁵Inoculación y el 100% del fertilizante.

Fuente: Elaboración propia con información de los talleres y registros, 2023.

La UP3 que tiene 10 años implementando acciones con enfoque de AR tiene el costo de preparación del terreno más bajo, seguido de la UP4 con sistema de labranza de conservación, debido a que se han minimizado las labores realizadas y se han eliminado prácticas como el barbecho.

Los costos de la siembra están influenciados por la cantidad de semilla y el costo de las maquilas, principalmente, es por ello que los menores costos se presentan en la UP1 que tuvo la menor densidad de siembra y los costos más altos corresponden a la UP4 que en conjunto con la densidad de siembra y el tratamiento a la semilla conformado por la aplicación de micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno incrementaron los costos.

La nutrición o fertilización es de los principales conceptos de costos en la producción de maíz, en los casos analizados representa desde el 26% y hasta el 43% del total de los costos de producción. Los costos más bajos se presentan en la UP4 con el tratamiento a la semilla y el 50% del fertilizante determinado, seguida de la UP3 que tiene enfoque de AR. Por otra parte, los costos más altos se presentan también en la UP4 con la aplicación del 100% del fertilizante.

El manejo de plagas, enfermedades y malezas representa el 19% del total de los costos. Este se realiza con mayor intensidad en la UP1 que es el primer año que implementa cambios y en el sistema de labranza de conservación, por el contrario, los menores costos en este concepto los tienen las unidades UP2 y UP3.

5.5.3 La rentabilidad del maíz en los sistemas analizados

Se analizan unidades que producen y comercializan maíz para grano a precio de mercado bajo diferentes sistemas, el enfoque de Agricultura Regenerativa y el de Labranza de Conservación, contrastados con el manejo Convencional (Cuadro 12).

Cuadro 12. Principales variables e indicadores de las unidades analizadas.

Variable	Sistema Convencional	Enfoque Regenerativo					Labranza de Conservación			
		UP1 - T1 ¹	UP1 - T2 ¹	UP1 - T3 ¹	UP2	UP3	UP4 - TES ²	UP4 - T50 ³	UP4 - T75 ⁴	UP4 - T100 ⁵
Ingresos (\$/ha)	60,000	67,355	82,545	77,010	50,000	59,290	63,000	58,500	59,500	58,000
Costos directos (\$/ha)	49,807	47,637	48,377	49,251	35,314	32,712	46,467	38,419	43,098	47,587
Utilidades (\$/ha)	10,193	19,718	34,168	27,759	14,686	26,578	16,533	20,081	16,402	10,413
Rendimiento (t/ha)	12.0	13.5	16.5	15.4	10.0	11.9	12.6	11.7	11.9	11.6
Costo por tonelada (\$/t)	4,151	3,536	2,930	3,198	3,531	2,759	3,688	3,284	3,622	4,102
Relación B/C	1.20	1.41	1.71	1.56	1.42	1.81	1.36	1.52	1.38	1.22

Notas: PyE = Plagas y Enfermedades, ¹Misma unidad, parcelas con diferentes tratamientos (productos) en nutrición foliar, ²Testigo con fertilización al 100%,

³Inoculación de semilla y el 50% del fertilizante, ⁴Inoculación y el 75% del fertilizante, ⁵Inoculación y el 100% del fertilizante.

Fuente: Elaboración propia con información de los talleres y registros, 2023.

La inversión por hectárea más alta es la correspondiente al sistema convencional y la más baja corresponde a las unidades UP2 y UP3 que tiene cinco y 10 años trabajando con el enfoque de AR, respectivamente.

En cuanto a la eficiencia técnica, medida a través de los rendimientos obtenidos (toneladas por hectárea), se presentan variaciones entre unidades analizadas, mostrando los mayores valores en la UP1-T2 y el menor rendimiento en la UP2; en el caso de los diferentes tratamientos del CDT Villadiego, los rendimientos no presentaron grandes variaciones, pero sí los costos de producción en los diferentes tratamientos. En general, los rendimientos son muy similares en los tres sistemas analizados.

Se muestra que la Agricultura Regenerativa tiene los menores costos por tonelada producida (eficiencia económica), algunas de las utilidades más altas registradas y algunos de los mejores indicadores en la relación beneficio/costo determinados, por lo tanto, se puede deducir que tiene las unidades más rentables.

5.5.4 Valoración de la aplicación de principios de Agricultura Regenerativa

La valoración de la medida en que cada UP ha realizado acciones que se relacionan con los principios de AR se puede retomar como una escala de transición hacia un enfoque regenerativo, ya que se acercan más conforme mayor es la puntuación que alcanzan (Cuadro 13).

Cuadro 13. Valoración de principios de AR (Escala de transición).

Principios	Sistema Conven- cional	Enfoque Regenerativo					Labranza de Conservación				Media por principio
		UP1 - T1 ¹	UP1 - T2 ¹	UP1 - T3 ¹	UP2	UP3	UP4 - TES ²	UP4 - T50 ³	UP4 - T75 ⁴	UP4 - T100 ⁵	
1.1 Minimizar la perturbación física del suelo	0.59	0.71	0.71	0.71	0.59	0.71	0.65	0.65	0.65	0.65	0.66
1.2 Sustitución de insumos químicos por biológicos	-	0.24	0.27	0.24	0.43	0.56	0.07	0.13	0.13	0.13	0.22
2. Maximizar la diversidad de cultivos	-	-	-	-	-	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25
3. Mantener el suelo cubierto	-	1.00	1.00	1.00	0.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84
4. Mantener las raíces vivas durante todo el año	0.67	0.33	0.33	0.33	0.33	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.53
Total por unidad (Escala de transición⁶)	1.25	2.28	2.31	2.28	1.70	3.43	2.88	2.94	2.94	2.94	

Notas: PyE = Plagas y Enfermedades, ¹Misma unidad, parcelas con diferentes tratamientos (productos) en nutrición foliar, ²Testigo con fertilización al 100%, ³Inoculación de semilla y el 50% del fertilizante, ⁴Inoculación y el 75% del fertilizante, ⁵Inoculación y el 100% del fertilizante, ⁶El valor máximo de la escala de transición es de cinco.

Fuente: Elaboración propia con información de los talleres y registros, 2023.

El principio con mayor avance, de manera general, es mantener el suelo cubierto (84%) que se contabilizó mediante la cantidad de residuos de cosecha que se dejan en el suelo, tanto las unidades con enfoque regenerativo, así como la labranza de conservación realizan esta práctica. En la segunda posición está el principio de minimizar la perturbación física del suelo (66%), en cuanto a la reducción del disturbio físico debido a que se han reducido las labores de labranza del suelo, donde destacan por puntuación la UP1 y UP3 que tienen enfoque regenerativo. Estas prácticas son de las primeras en las que se puede incidir, mismas que producen reducción de costos en la etapa inicial de la transición.

Así mismo, el principio de minimizar la perturbación del suelo en la parte química es el que tiene un menor avance, que es la sustitución de insumos químicos por biológicos (22%), ya que considera la incorporación de insumos más amigables

con el ambiente, acciones que se realizan en mayor medida sólo por las unidades con enfoque regenerativo y aún de manera incipiente. Estas unidades han incorporado tratamientos a la semilla con productos que contienen microorganismos benéficos y nutrición a la semilla, el uso de bacterias aceleradoras de la descomposición de materia orgánica que se asperja en los residuos de cosecha, uso de algunos bioinsumos para la nutrición y para el control de algunas plagas y enfermedades. En este aspecto destaca la UP3 con un avance del 56% en este principio.

La unidad con más avance general en esta escala de transición es la UP3 que tiene 10 años con este enfoque, las acciones que han realizado y que contribuyen a esta valoración son la disminución de labores mecanizadas, la utilización de bioinsumos, realizar rotación de cultivos, dejar el 100% de residuos y realizar dos ciclos productivos. En el segundo lugar está la UP4 con enfoque de labranza de conservación que destaca en los mismos conceptos, a excepción del uso de bioinsumos.

5.6 Discusión

Respecto a la cantidad de labores mecánicas realizadas, la labranza de conservación es muy similar en número con el enfoque regenerativo, particularmente en la UP3, por la reducción de labores en la preparación del terreno. Según la literatura, una de las prácticas sostenibles de gestión del suelo y también considerada como práctica clave es la labranza cero o labranza mínima para reducir la alteración del suelo, por lo tanto, es una práctica implementada tanto en la labranza de conservación como en la agricultura regenerativa, además de la adaptación y adopción de un conjunto de prácticas combinadas por parte de los productores (Jaworski et al., 2024; Khangura et al., 2023).

Los costos de preparación del terreno más bajos se encontraron en las unidades con labranza de conservación y en las que tienen mayor tiempo realizando cambios enfocados hacia la AR (UP3 y UP2), debido a que se han minimizado las labores realizadas y en específico la eliminación de prácticas como el

barbecho, lo cual coincide con lo documentado por Khangura et al. (2023) quienes mencionan que la labranza mínima o nula se adopta como medio de ahorro de costos y también para brindar beneficios en áreas propensas al riesgo de erosión hídrica y del suelo.

Referente a los costos del manejo de plagas, enfermedades y malezas se realiza con mayor intensidad en la UP1 que proviene de un sistema convencional y es el primer año que implementa cambios y en las unidades con labranza de conservación, esto coincide con Jaworski et al. (2024) que menciona que los agricultores que utilizan cultivos intensivos convencionales en rotaciones cortas se han enfrentado a malezas, plagas y enfermedades cada vez más difíciles de tratar, agravadas por fenómenos climáticos extremos.

Al valorar la productividad de las unidades analizadas, se encontró que las que tienen mayor tiempo con el enfoque de AR destacan por sus menores costos de producción, aunque no sobresalen en rendimiento, más bien se mantiene muy similares respecto a los otros sistemas analizados. Estos datos coinciden con un estudio realizado donde evaluaron tres prácticas de AR: la reducción de la intensidad de labranza, cultivos de cobertura e inclusión de una fase basada en pastos en las rotaciones de cultivos (rotaciones pradera-pradera) y concluyeron que ninguna de estas prácticas reduce el rendimiento durante los años de cultivo, aunque no encontraron evidencia de una situación beneficiosa para ambas partes entre el aumento del carbono orgánico en el suelo y la mejora de la productividad agrícola tras su adopción (Jordon et al., 2022).

Así mismo, se dice que en los primeros años después de implementar prácticas de AR, es probable que se produzca una reducción de los ingresos, aunque los rendimientos podrían mantenerse al nivel actual, se requeriría más mano de obra o una mecanización más precisa, sin embargo, a medida que continúa la transición, es probable que los retornos a escala y la innovación reduzcan los costos (Manshanden et al., 2023), lo antes mencionado concuerda con los resultados encontrados, ya que al comprar las utilidades y la relación beneficio costo, como medida de la rentabilidad de la actividad, el enfoque regenerativo

tiene algunos de los mejores indicadores, especialmente la unidad con mayor tiempo en este enfoque.

En cuanto a la valoración de la medida en que cada UP ha realizado acciones que se relacionan con los principios de la agricultura regenerativa, esta no especifica un conjunto particular de prácticas, lo cual se debe a que busca la adaptación al contexto local (suelo, sistema agrícola y clima) para regenerar los recursos agrícolas con especial atención al suelo, el agua y la biota, con la finalidad de lograr resultados positivos para la salud ambiental y del suelo (O'Donoghue et al., 2022). Los resultados mostraron que las unidades que tienen mayor tiempo con el enfoque de AR han avanzado en la reducción de la perturbación física y química del suelo, ya que han optado por una labranza reducida como actividad clave (Jaworski et al., 2024; Khangura et al., 2023) y la reducción de insumos químicos, incluso, autores sugieren la eliminación de los insumos externos al paso del tiempo (Manshanden et al., 2023; Pérez Casar, 2021), sin embargo, esto no se observa en la mayoría de las unidades.

La literatura menciona que las prácticas agrícolas como la labranza mínima, la retención de residuos y los cultivos de cobertura pueden mejorar el carbono del suelo, el rendimiento de los cultivos y la salud del suelo en determinadas zonas climáticas y tipos de suelo (Austen et al., 2022; Van Eerd et al., 2023). Pese a ello, los beneficios de las prácticas de AR pueden variar entre diferentes agroecosistemas y no necesariamente pueden ser aplicables en múltiples regiones agroecológicas (Khangura et al., 2023), lo que coincide con los hallazgos, pues las rotación de cultivos y los cultivos de cobertura son de las prácticas menos implementadas. Así mismo, la AR se superpone con otras prácticas agrícolas, incluidas las asociadas con la agroecología y la agricultura de conservación (Voisin et al., 2024).

Mantener las raíces vivas durante la mayor parte del año está influenciado fuertemente por el régimen hídrico, ya que la falta de agua conduce a sólo un ciclo productivo, sin embargo, los cultivos de cobertura podrían ser una opción a considerar, que además tienen otros beneficios económicos y ambientales (Van

Eerd et al., 2023). Por otra parte, la diversidad de cultivos se ve afectada por la especialización productiva en la zona, que se dedica a la producción de granos (maíz, sorgo, cebada, trigo) y las rotaciones cuando se realizan son entre gramíneas generalmente, situación contraria a la encontrada por Ntawuhiganayo et al. (2023) que menciona que las prácticas regenerativas más adoptadas fueron las menos intensivas en mano de obra, como la rotación de cultivos y los cultivos intercalados.

En un estudio realizado encontraron que los grupos de agricultores con mayores puntuaciones en AR son aquellos que realizan una combinación de prácticas de gestión sostenible del suelo como son el uso de cultivos de cobertura, en su mayoría combinados con leguminosas, rotación diversa y labranza cero o labranza mínima, también utilizaban prados herbáceos o rastrojos de invierno, pastoreo holístico y estiércol, así como retorno de residuos de cultivos (Jaworski et al., 2024), estos resultados son similares a los encontrados, ya que en resumen, las unidades analizadas que tienen las mayores puntuaciones en la valoración realizada (UP3 y UP4), son las que han reducido la labranza, han sustituido en mayor medida los insumos químicos por biológicos, han dejado el 100% de los residuos de cosecha y realizan rotaciones en dos ciclos productivos.

Es importante considerar que no existe un enfoque universal, ya que las prácticas de AR deben adaptarse al entorno agrícola y climático específico en el que se utilizan, por lo que antes de implementar un sistema de AR, se deben abordar factores como las precipitaciones, la temperatura, el tipo de suelo, la combinación de empresas agrícolas, los mercados y las preferencias individuales. Además, algunas prácticas de AR se superponen con otras formas de agricultura sostenible, como la agricultura de conservación, la agricultura orgánica, la agricultura de bajos insumos, la agricultura climáticamente inteligente y la agricultura de carbono (Khangura et al., 2023).

Finalmente, para que las unidades de producción se gestionen de manera adecuada, es importante la adopción de innovaciones relacionadas con la gestión sostenible del suelo y a su vez con la AR, para prevenir la degradación de los

suelos y mantener la producción sostenible de alimentos (Jaworski et al., 2024), por lo tanto, se debe considerar el acceso a información y conocimiento que deriven en innovaciones como factor que influye en los procesos de transición hacia enfoques más sostenibles, para ello son esenciales las fuentes de información y relaciones que tienen los productores. En los casos analizados que tienen un enfoque de AR, cuentan con la asesoría de técnicos especializados en temas técnico – productivos, pero que también se mantienen actualizados y promueven enfoques productivos más sostenibles. Lo anterior coincide con lo reportado por Jiménez-Carrasco et al. (2023) quienes mencionan que los vínculos sociales que establece y gestiona un pequeño productor son un elemento importante para aumentar la adopción de innovaciones agrícolas en el tiempo, así mismo, indican que actores como el gobierno, el sector privado, las instituciones y consumidores juegan roles importantes en la difusión de innovaciones, por lo que ningún productor innova más de lo que sus relaciones le permiten.

5.7 Conclusiones

Parte de las prácticas que implementan las unidades analizadas, las que tienen enfoque regenerativo y de labranza de conservación, contribuyen a disminuir la perturbación física y química del suelo (minimizar la labranza, reducir el número de pasos de maquinaria en labores relacionadas con la nutrición y el control de plagas y enfermedades, sustitución de insumos químicos por productos más amigables con el ambiente), y a mantener el suelo cubierto (incorporar residuos de cosecha), por lo tanto, se puede inferir que si se aporta a los principios de la agricultura regenerativa.

Las unidades con enfoque de agricultura regenerativa, al igual que las de labranza de conservación, realizan menos labores con maquinaria, lo que impactan en menores costos de preparación del terreno y también se esperaría un menor impacto negativo en la salud del suelo.

Las unidades con enfoque de agricultura regenerativa tienen los menores costos de producción con rendimientos similares a los de los otros sistemas analizados, por lo tanto, se puede deducir que es un enfoque viable económica y ambientalmente.

Los factores como una menor inversión, una productividad similar a los otros sistemas, los beneficios ambientales derivados de las prácticas de agricultura regenerativa, así como tener las fuentes de información adecuadas, pueden facilitar la transición de una agricultura convencional hacia el enfoque regenerativo.

El presente trabajo se realizó con observaciones principalmente de un ciclo productivo y los datos no son estadísticamente representativos, más bien son casos de estudio particulares y no se puede generalizar la información. Para futuras investigaciones en el área de agricultura regenerativa se recomienda analizar información de varios ciclos productivos e incluir indicadores de mejora del suelo como la cantidad de materia orgánica y de microorganismos presentes en el suelo.

Agradecimientos

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)

Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH)

CDT Villadiego de FIRA

Productores cooperantes y asesores técnicos de Pénjamo e Irapuato

5.8 Literatura citada

Austen, N., Tille, S., Berdeni, D., Firbank, L. G., Lappage, M., Nelson, M., Helgason, T., Marshall-Harries, E., Hughes, H. B., Summers, R., Cameron, D. D., & Leake, J. R. (2022). Experimental evaluation of biological

- regeneration of arable soil: The effects of grass-clover leys and arbuscular mycorrhizal inoculants on wheat growth, yield, and shoot pathology. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.955985>
- Beacham, J. D., Jackson, P., Jaworski, C. C., Krzywoszynska, A., & Dicks, L. V. (2023). Contextualising farmer perspectives on regenerative agriculture: A post-productivist future? *Journal of Rural Studies*, 102(103100), 9. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103100>
- Bless, A., Davila, F., & Plant, R. (2023). A genealogy of sustainable agriculture narratives: implications for the transformative potential of regenerative agriculture. *Agriculture and Human Values*, 1379–1397. <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10444-4>
- Brown, G. (2018). *Dirt to soil: one family's journey into regenerative agriculture* (Primera ed). Chelsea Green Publishing.
- Elrick, W., Luke, H., & Stimpson, K. (2022). Exploring opportunities and constraints of a certification scheme for regenerative agricultural practice. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46(10), 1527–1549. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2121950>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2023a). Agrocostos. <https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2023b). Sistema de costos agrícolas Guanajuato.
- Foladori, G., & Pierri, N. (2005). ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre desarrollo sustentable (Universidad Autónoma de Zacatecas (Ed.); Primera ed).
- Frankel-Goldwater, L., Wojtynia, N., & Dueñas-Ocampo, S. (2023). Healthy people, soils, and ecosystems: uncovering primary drivers in the adoption of regenerative agriculture by US farmers and ranchers. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7(January), 1–21. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1070518>
- Gordon, E., Davila, F., & Riedy, C. (2023). Regenerative agriculture: a potentially transformative storyline shared by nine discourses. *Sustainability Science*, 18(4), 1833–1849. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01281-1>
- Gosnell, H. (2022). Regenerating soil, regenerating soul: an integral approach to understanding agricultural transformation. *Sustainability Science*, 17(2), 603–620. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00993-0>
- Hansen, J. W. (1996). Is agricultural sustainability a useful concept? *Agricultural Systems*, 50(2), 117–143. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(95\)00011-S](https://doi.org/10.1016/0308-521X(95)00011-S)
- Jaworski, C. C., Krzywoszynska, A., Leake, J. R., & Dicks, L. V. (2024). Sustainable soil management in the United Kingdom: A survey of current practices and how they relate to the principles of regenerative agriculture. *Soil Use and Management*, 40(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/sum.12908>

- Jiménez-Carrasco, J. S., Rendón-Medel, R., Díaz-José, J., & Segura-Salazar, C. M. (2023). Nadie innova más de lo que sus relaciones le permiten: El caso de pequeños productores. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(NEIII). <https://doi.org/10.19136/era.a10nneiii.3718>
- Jordon, M. W., Willis, K. J., Bürkner, P. C., Haddaway, N. R., Smith, P., & Petrokofsky, G. (2022). Temperate Regenerative Agriculture practices increase soil carbon but not crop yield—a meta-analysis. *Environmental Research Letters*, 17(9), 16–19. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8609>
- Kersey, J. H., Shekhar Paul, S., Dowell, L., Krzic, M., & Smukler, S. M. (2024). 25-years of stewardship programs enhance regenerative outcomes in river delta soils of southwestern British Columbia, Canada. *Geoderma*, 443(August 2023), 116808. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116808>
- Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bowyer, J. (2023). Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3), 1–41. <https://doi.org/10.3390/su15032338>
- Manshanden, M., Jellema, A., Sukkel, W., Hennen, W., Jongeneel, R., Brazao Vieira Alho, C., Miguel Garcia, Á. de, Vos, L. de, & Geerling-Eiff, F. (2023). Regenerative agriculture in Europe: an overview paper on the state of knowledge and innovation in Europe. Wageningen Economic Research. <https://doi.org/doi.org/10.18174/629483>
- Miller-Klugesherz, J. A., & Sanderson, M. R. (2023). Good for the soil, but good for the farmer? Addiction and recovery in transitions to regenerative agriculture. *Journal of Rural Studies*, 103(September), 103123. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103123>
- Mogaka, H. (2023). Effects of Regenerative Agriculture Technologies on the Productivity of Cowpea in the Drylands of Embu County, Kenya. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 11(1), 190–198. [https://doi.org/10.18006/2023.11\(1\).190.198](https://doi.org/10.18006/2023.11(1).190.198)
- Montgomery, D. R., Biklé, A., Archuleta, R., Brown, P., & Jordan, J. (2022). Soil health and nutrient density: preliminary comparison of regenerative and conventional farming. *PeerJ*, 10, 1–20. <https://doi.org/10.7717/peerj.12848>
- Ntawuhiganayo, E. B., Nijman-Ross, E., Geme, T., Negesa, D., & Nahimana, S. (2023). Assessing the adoption of regenerative agricultural practices in Eastern Africa. *Frontiers in Sustainability*, 4, 10. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1105846>
- O'Donoghue, T., Minasny, B., & McBratney, A. (2022). Regenerative Agriculture and Its Potential to Improve Farmscape Function. *Sustainability (Switzerland)*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/su14105815>
- Pérez Casar, L. (2021). Agricultura regenerativa: Aliada para un futuro sostenible. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 47(2), 155–158.

- Rehberger, E., West, P. C., Spillane, C., & McKeown, P. C. (2023). What climate and environmental benefits of regenerative agriculture practices? An evidence review. *Environmental Research Communications*, 5(5). <https://doi.org/10.1088/2515-7620/acd6dc>
- Sands, B., Machado, M. R., White, A., Zent, E., & Gould, R. (2023). Moving towards an anti-colonial definition for regenerative agriculture. *Agriculture and Human Values*, 40(4), 1697–1716. <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10429-3>
- Schreefel, L., Schulte, R. P. O., de Boer, I. J. M., Schrijver, A. P., & van Zanten, H. H. E. (2020). Regenerative agriculture – the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100404>
- Schreefel, L., van Zanten, H. H. E., Groot, J. C. J., Timler, C. J., Zwetsloot, M. J., Schrijver, A. P., Creamer, R. E., Schulte, R. P. O., & de Boer, I. J. M. (2022). Tailor-made solutions for regenerative agriculture in the Netherlands. *Agricultural Systems*, 203(June), 103518. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103518>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Producción Agrícola. <https://www.gob.mx/siap>
- Van Eerd, L. L., Chahal, I., Peng, Y., & Awrey, J. C. (2023). Influence of cover crops at the four spheres: A review of ecosystem services, potential barriers, and future directions for North America. *Science of the Total Environment*, 858, 159990. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159990>
- Voisin, R., Horwitz, P., Godrich, S., Sambell, R., Cullerton, K., & Devine, A. (2024). What goes in and what comes out: a scoping review of regenerative agricultural practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 48(1), 124–158. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2270441>

6. CONCLUSIONES GENERALES

Al analizar la limitada gestión del conocimiento, en específico en el proceso de creación o generación de información y conocimiento, y en el proceso de aplicación o uso y explotación del conocimiento, en el contexto del sector agroalimentario con pequeños y medianos productores, se concluye lo siguiente, derivado de los casos de estudios realizados.

Respecto al proceso de creación o generación de información y conocimiento que se desarrolló mediante la comparación de dos métodos para la generación de información y conocimiento con la finalidad de facilitar la toma de decisiones gerenciales y la gestión de la innovación en las empresas agrícolas se concluye que a pesar de los beneficios potenciales, el uso de datos e información para la toma de decisiones en pequeñas empresas agrícolas aún es limitado, ya que existen obstáculos que van desde la infraestructura tecnológica insuficiente, la falta de habilidades digitales, la atención a la seguridad de los datos y la falta de un entorno propicio para la adopción de tecnologías agrícolas digitales.

Así mismo, contar con información sobre los ingresos, costos, utilidades y coeficientes técnicos, tener las capacidades y metodologías para analizarla, representa un beneficio clave para cualquier empresa u organización ya que permite tomar decisiones sobre gestión de la innovación, específicamente en el sector agrícola donde la información es limitada. Es decir, la gestión de la información y del conocimiento para la toma de decisiones en la adopción de innovaciones agrícolas es crucial.

En cuanto al proceso de aplicación o uso y explotación del conocimiento se abordó mediante un estudio sobre el análisis de prácticas de manejo de diferentes sistemas de producción para contrastar con los principios de la Agricultura Regenerativa y explicar los factores que facilitan la transición hacia enfoques más sostenibles. Se concluye que los factores como una menor inversión, una productividad similar a los otros sistemas, los beneficios

ambientales derivados de las prácticas de AR, así como tener las fuentes de información adecuadas, pueden facilitar la transición de una agricultura convencional hacia el enfoque regenerativo.

Resumidamente, la gestión del conocimiento en el sector agroalimentario y rural se sabe que enfrenta múltiples desafíos que afectan su sostenibilidad, en este trabajo se abordaron algunos de ellos directa e indirectamente, como la escasa información disponible, las limitadas capacidades para su análisis y toma de decisiones, y el papel de los asesores o extensionistas como fuentes de conocimiento e innovación.

Para superar los desafíos de la digitalización en el sector agroalimentario, es esencial desarrollar soluciones adaptadas a contextos específicos, proporcionar capacitación y apoyo continuo, así como fomentar la conciencia sobre los beneficios tangibles del uso de la información y el conocimiento en la toma de decisiones agrícolas y la gestión de empresas rentables y sostenibles. En este sentido, las políticas gubernamentales y las iniciativas del sector privado pueden desempeñar un papel fundamental para reducir las barreras y promover la adopción de tecnologías digitales en empresas agrícolas poco digitalizadas y con ello mejorar su gestión del conocimiento.