



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

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

LA INNOVACIÓN Y SU MEDICIÓN EN EL SECTOR PECUARIO:

LA APICULTURA EN LA MIXTECA POBLANA



TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

APROBADA

**DOCTOR EN CIENCIAS EN PROBLEMAS ECONÓMICO
AGROINDUSTRIALES**



PRESENTA:

IRVING CÉSAR FARRERA VÁZQUEZ

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

ENRIQUE GENARO MARTÍNEZ GONZÁLEZ, DOCTOR



Chapingo, Estado de México, junio de 2023

INNOVACIÓN Y SU MEDICIÓN EN EL SECTOR PECUARIO: LA
APICULTURA EN LA MIXTECA POBLANA

Tesis realizada por **IRVING CÉSAR FARRERA VÁZQUEZ** bajo la supervisión del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial
para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN PROBLEMAS ECONÓMICO
AGROINDUSTRIALES**

DIRECTOR:



Dr. Enrique Genaro Martínez González

ASESOR:



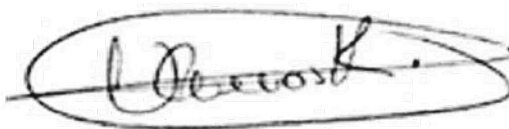
Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortés

ASESOR:



Dr. Norman Aguilar Gallegos

LECTOR EXTERNO:



Dr. Venancio Cuevas Reyes

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de contenido	ii
Lista de cuadros.....	v
Lista de figuras.....	vi
Lista de siglas y abreviaturas	vii
Dedicatoria	viii
Agradecimientos	ix
Datos biográficos.....	x
Resumen general	xi
General abstract.....	xii
Capítulo 1. ..Introducción general	1
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivo de la investigación	7
1.2.1 General.....	7
1.2.1.1 Específicos	7
1.3 Preguntas de investigación	7
1.4 Hipótesis	8
1.5 Estructura de la tesis	8
1.6 Referencias Bibliográficas.....	10
Capítulo 2. ..Revisión de literatura	13
2.1 Marco teórico-conceptual	13
2.1.1 Cambio tecnológico	13
2.1.2 Sistema tecnológico	15
2.1.3 Innovación	15
2.1.3.1 Innovación de producto	16
2.1.3.2 Innovación de proceso.....	16
2.1.3.3 Innovación de mercadotecnia	16
2.1.3.4 Innovación de organización.....	17
2.1.4 Difusión de la innovación.....	17

2.1.5	Adopción de la innovación.....	17
2.1.6	Gestión de la innovación	19
2.1.7	Medición de la innovación	19
2.1.7.1	Procesos de medición de las innovaciones	22
2.1.7.2	Brecha KAP (Knowledge, Attitudes and Practice).....	23
2.1.8	Innovación social.....	24
2.1.9	Innovación agrícola.....	24
2.2	Marco referencial: la innovación agrícola: su desarrollo analítico a partir de un estudio bibliométrico	27
2.2.1	Resumen	27
2.2.2	Abstract	28
2.2.3	Introducción.....	29
2.2.4	Materiales y métodos.....	33
2.2.4.1	Acopio de información y criterios de búsqueda	33
2.2.4.2	Indicadores y visualización de resultados.....	35
2.2.5	Resultados y discusión	37
2.2.5.1	Indicadores de cantidad.....	37
2.2.5.2	Indicadores de calidad y colaboración	40
2.2.5.3	Identificación de líneas de investigación	47
2.2.5.4	Evolución temática de los artículos publicados en Scielo y Scopus...51	
2.2.6	Conclusiones.....	52
2.2.7	Referencias Bibliográficas	53
Capítulo 3. Metodología de la investigación		65
3.1	Usos y aplicaciones del método PAJ	65
3.1.1	Indicador	66
3.1.2	Indicador compuesto.....	67
3.2	Tipo de estudio	67
3.3	Requerimientos técnicos	68
3.3.1	Primera fase: Revisión documental.....	68
3.3.2	Segunda fase: Diseño de los instrumentos de colecta	68

3.3.3	Tercera fase: Recolección de datos.....	69
3.3.4	Cuarta fase: Captura de la información	69
3.3.5	Quinta fase: Asignación de valores.....	69
3.3.5.1	Panel de expertos	70
3.3.5.2	Jerarquización.....	70
3.3.5.3	Verificación de la consistencia de llenado (Razón de Consistencia)..	73
3.3.5.4	Cálculo de los pesos de cada atributo o alternativa	75
3.3.6	Sexta fase: Análisis y resultado final	76
3.4	Referencias Bibliográficas.....	77
Capítulo 4. Modelo alternativo para medir la adopción de innovaciones:		
aplicación en el sistema apícola poblano		81
4.1	Resumen.....	81
4.2	Abstract.	82
4.3	Introducción	83
4.4	Materiales y métodos	85
4.4.1	Variables y su análisis	85
4.4.2	Cálculo de las variables	86
4.5	Resultados y Discusión	89
4.6	Conclusiones	97
4.7	Referencias Bibliográficas.....	98
Capítulo 5. Conclusiones generales		102
Capítulo 6. Recomendaciones generales.....		104
Anexos.....		105

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Criterios de selección.....	34
Cuadro 2. Indicadores analizados.....	35
Cuadro 3. Principales trabajos con mayor número de citas.....	38
Cuadro 4. Principales revistas con publicaciones de InAg.....	41
Cuadro 5. Grupos de emparejamiento bibliográfico por países.	44
Cuadro 6. Principales colaboraciones entre países en torno a la InAg.....	45
Cuadro 7. Principales autores que escriben sobre InAg.	46
Cuadro 8. Detalles del contenido de los grupos temáticos de co-ocurrencias..	48
Cuadro 9. Escala de Saaty	72
Cuadro 10. Ejemplo de matriz de comparación por pares	73
Cuadro 11. Ítems de buenas prácticas de producción de miel	85
Cuadro 12. Escala de comparación de preferencia	88
Cuadro 13. Perfil de los productores apícolas	90
Cuadro 14. Número de apiarios y colmenas por municipio en la región de estudio	91
Cuadro 15. Principales fuentes de ingresos de los apicultores.....	91
Cuadro 16. Pesos específicos y número de innovaciones por categoría.....	92
Cuadro 17. Peso de las principales innovaciones en la producción de miel.....	95
Cuadro 18. Resultado del modelo de regresión múltiple.	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura capitular del documento.	10
Figura 2. Evolución de documentos publicados sobre InAg.	37
Figura 3. País de correspondencia del primer autor con mayores publicaciones sobre InAg.....	40
Figura 4. Distribución del número de autores por publicación.	43
Figura 5. Diagrama de densidad de la red de coautoría.	43
Figura 6. Mapa bibliométrico de la red de co-ocurrencias de las palabras clave.	47
Figura 7. Red temática e impacto de los artículos publicados por Scielo y Scopus.	52
Figura 8. Fases de la metodología propuesta.....	68
Figura 9. Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el PAJ.....	71
Figura 10. Diagrama de flujo de la metodología PAJ.....	77
Figura 11. Modelo Jerárquico para la obtención del InAI apícola con el PAJ ...	87
Figura 12. Comparación de las principales categorías de innovación que aportan a la producción de miel.....	94
Figura 13. Rendimiento promedio por colmena en la Mixteca Poblana, México	97

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

PAJ:	Proceso Analítico Jerárquico
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FGE	fuerza de enlace global
InAI:	Índice de Adopción de Innovaciones
InAI _{alt} :	Índice de Adopción de Innovaciones alternativo
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
I+D	Investigación y Desarrollo
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
RC	Razón de Consistencia
UPA	Unidad de Producción Apícola
SAGARPA:	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

DEDICATORIA

A mi Mamá:

Leticia Vázquez Zarco

Por ser mi ejemplo de lucha y dedicación para afrontar la vida, gracias por tu apoyo y comprensión que me impulsa a seguir adelante, te amo mamá.

Al amor de mi vida:

Reyna Azucena Luna Olea

Por siempre estar conmigo en los buenos y malos momentos. Gracias por tu amor y cariño sin medida. Esta meta no hubiera sido posible sin ti.

Al fruto del amor:

Mi bebe

A pesar de aún no conocerte físicamente me llenas de alegría y me motivas a convertirme en un mejor ejemplo para ti.

A mi amigo:

Jhoan Rodolfo Luna Olea

Más que un amigo te considero mi hermano, gracias por demostrarme el verdadero significado de amistad.

A mi tío (†):

Martin Vázquez Zarco

Nunca olvidaré las maravillosas conversaciones que tuvimos y la forma especial en que me trataste como “hermano”, en donde quiera que estés, ahí nos volveremos a ver.

A mi compañero de generación (†):

Armando Valdés-López

Fue un gran honor haber trabajado contigo “*niño genio*”.

Sinceramente:
Irving César Farrera Vázquez

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) por el financiamiento y apoyo para la realización de mis estudios de Doctorado.

A mi director de tesis Dr. Enrique Genaro Martínez González, por su asesoramiento y guía durante esta etapa, por la crítica productiva, por su apoyo incondicional, dándome la libertad de ir descubriendo el camino, no siempre lineal, de este trabajo. A mis asesores Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortés y Dr. Norman Aguilar Gallegos, por su apoyo y asesoría para la realización de la investigación y mi formación académica. A mi lector externo Dr. Venancio Cuevas Reyes por las contribuciones realizadas, las cuales fueron esenciales para nutrir este escrito.

A los apicultores de la Mixteca Poblana, quienes estuvieron dispuestos a apoyar con su conocimiento y experiencia al desarrollo de esta investigación.

Por último y no menos importante, a todos los profesores y personal administrativo del CIESTAAM por haber contribuido a mi desarrollo personal y profesional.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Irving César Farrera Vázquez
Fecha de nacimiento: 6 de febrero de 1988
Lugar de nacimiento: Ciudad de México

Desarrollo Académico

Licenciatura: Ingeniero Agrónomo Especialista en Sistemas Pecuarios de Zonas Áridas en la Universidad Autónoma Chapingo, generación 2006-2010.
Maestría: Maestro en Ciencias en Estrategia Agroempresarial en la Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM, generación 2016-2018.

Experiencia Profesional

Facilitador comunitario del Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA) en el estado de Chihuahua donde fue contratado por la fundación Beaumont Chihuahua-Sonora.

Formó parte de la empresa Soluciones Integrales para el Desarrollo de Agronegocios S.C. (SOLIDAGRO) como consultor estatal de proyectos productivos.

Participó en la Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de México (CNPAMM) y en la Fundación para el desarrollo NEMI A.C. donde fungió como coordinador técnico y académico a nivel nacional para el Proyecto Integral de Capacitación (PIC): Estrategia nacional de formación y acompañamiento técnico-empresarial para productores de maíz, del Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural de la SAGARPA e INCA Rural.

Responsable de captura municipal de la encuesta Intercensal 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en la Ciudad de México.

Colaborador en Diplomado en Desarrollo de Agronegocios en vinculación con la Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), y Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), llevado a cabo del 22 de octubre al 24 de noviembre 2018.

RESUMEN GENERAL

LA INNOVACIÓN Y SU MEDICIÓN EN EL SECTOR PECUARIO: LA APICULTURA EN LA MIXTECA POBLANA¹

Esta investigación surge de la importancia que representa la innovación en el sector agropecuario, ya que es un motor fundamental de esta actividad, y debe adaptarse a las condiciones ambientales, económicas y tecnológicas de cada región. Por ello, el objetivo de esta investigación fue analizar los procesos de innovación en el sector agropecuario, y en particular, su medición en unidades de producción apícola. El trabajo plantea en una primera etapa un estudio bibliométrico con el fin de identificar las principales líneas de investigación que se han desarrollado en los últimos veinte años. En la segunda etapa se propone una adaptación del Índice de Adopción de Innovaciones (InAI), a partir del sistema apícola poblano, aplicando el proceso jerárquico analítico de Saaty y la herramienta de panel de expertos para jerarquizar 32 innovaciones de siete categorías. Los resultados indican que las líneas de investigación actuales se centran en sistemas alimentarios sustentables, donde el cuidado y manejo de los polinizadores es un tema relevante, ya que de ellos depende un tercio de la producción de alimentos. En cuanto a la metodología propuesta, se demuestra que las innovaciones analizadas explican el 69% de la producción de miel, mientras que en las categorías de ubicación del apiario y sanidad se encuentran las innovaciones de más alto impacto. El aporte metodológico del estudio radica en la búsqueda de incrementar el conocimiento sobre la medición más precisa de la adopción de innovaciones; ya que, al contar con un índice consistente para cada sistema y región, ayudará a los productores a tomar mejores decisiones sobre sus procesos productivos. La ponderación de las innovaciones para el cálculo del nuevo índice de adopción propuesto podría adaptarse a otras cadenas y territorios del sector agrícola, puesto que existe evidencia de ser un método robusto y replicable en otros escenarios.

Palabras clave: apicultura, innovación agrícola, Proceso Analítico Jerárquico, polinizadores.

¹ Tesis de Doctorado en Ciencias en Problemas Económico Agroindustriales, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Irving César Farrera Vázquez
Director: Enrique Genaro Martínez González

GENERAL ABSTRACT

INNOVATION AND ITS MEASUREMENT IN THE LIVESTOCK SECTOR: BEEKEEPING IN THE MIXTEC REGION OF PUEBLA²

This research arises from the importance of innovation in the agricultural sector, since it is a fundamental engine of this activity, and must be adapted to the environmental, economic and technological conditions of each region. Therefore, the objective of this research was to analyse the innovation processes in the agricultural sector, and in particular, its measurement in beekeeping production units. To do so, in the first stage, a bibliometric study was performed to identify the main lines of research that have been developed in the last twenty years. In the second stage, an adaptation of the Innovation Adoption Index (InAI) is proposed based on the Puebla beekeeping system by applying Saaty's analytical hierarchical process and the expert panel tool to rank 32 innovations in seven categories. The results indicate that the current lines of research are focused on sustainable food systems, where the care and management of pollinators is a relevant issue, since a third of food production depends on them. Regarding the proposed methodology, it is shown that the innovations analysed explain the 69% of honey production, while the innovations with the highest impact are in the categories of apiary location and health. The methodological contribution of the study lies in the search to increase knowledge about the most precise measurement of the adoption of innovations, since having a consistent index for each system and region will help producers to make better decisions about their production processes. The weighting of innovations for calculating the proposed new adoption index could be adapted to other chains and territories in the agricultural sector, since there is evidence that it is a robust method that can be replicated in other scenarios.

Keywords: apiculture, agricultural innovation, Analytic Hierarchy Process, pollinator

² Doctorate of Science thesis in Agroindustrial Economic Problems. Universidad Autónoma Chapingo
Author: Irving César Farrera Vázquez
Supervisor: Dr. Enrique Genaro Martínez González

Capítulo 1. Introducción general

En los países en desarrollo, la agricultura es un factor importante para el crecimiento económico, por lo tanto, la innovación, es necesaria para favorecer la productividad agrícola y así permitir, tanto a productores como a la población en general, mejorar sus condiciones de vida.

Por otra parte, la agricultura tiene una importancia clave como una fuente de alimentos básicos para la seguridad alimentaria. Más de mil millones de personas en todo el mundo dependen del sector ganadero, y el 70% de los 880 millones de pobres rurales que viven con menos de 1 USD al día dependen al menos parcialmente del ganado para su subsistencia (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023).

Los sistemas pecuarios se consideran la estrategia social, económica y cultural más adecuada para mantener el bienestar de las comunidades, ya que es la única actividad que puede proporcionar el sustento diario, promover la conservación de la vida silvestre, conservar los ecosistemas y satisfacer los valores culturales y las tradiciones. A pesar de los beneficios de la ganadería, esta podría ser insostenible a medio plazo si no se toman las medidas necesarias, ya que los impactos ambientales están reduciendo la productividad y el crecimiento está condicionado a la expansión de la frontera agrícola sobre los ecosistemas naturales. Esta expansión requiere un enfoque sostenible para evitar que aumente la presión sobre los recursos naturales y el medio ambiente de la región. (FAO, 2023).

El sector apícola es una actividad pecuaria con características propias que la distinguen de otros sistemas ganaderos. Su función principal es mantener los ecosistemas y la biodiversidad a través de la polinización (Buleo Ramírez, 2012).

Por lo tanto, la polinización es el principal proceso de producción de alimentos, para los agroecosistemas y el bienestar humano, cuya eficiencia está directamente relacionada con la diversidad de polinizadores. La diversidad de

insectos polinizadores en los cultivos depende de dos variables: la diversidad floral, que implica la diversificación espacio-temporal de los recursos, y los espacios naturales cercanos al cultivo, que actúan no solo como sitios potenciales de alimentación, sino también como sitios naturales de anidación de los polinizadores (Cepeda-Valencia et al., 2014).

Magurran (2004) menciona que la diversidad floral pondera la riqueza y la abundancia de especies y esta es utilizada con frecuencia como un indicador ambiental de la salud de un ecosistema. Debido a lo anterior, uno de los recursos más grande y valioso que tiene la región Mixteca Poblana es su riqueza florística, donde contar con un territorio así, es una condición necesaria para el desarrollo de la apicultura como actividad productiva, ya que contribuyen a preservar la biodiversidad y la salud de los ecosistemas, además de representar una fuente de alimento, trabajo e ingreso para la población rural.

Durante los últimos años la actividad apícola ha cobrado mayor importancia debido a la pandemia del COVID-19 lo cual ha traído como consecuencia una mayor demanda de miel y los subproductos apícolas, por sus propiedades medicinales y nutricionales. Por lo cual el uso de las innovaciones se ha convertido en una parte fundamental en esta actividad.

Por lo cual podríamos decir que la innovación es un proceso que ayuda a incrementar la frontera de posibilidades de producción de cualquier empresa, ya que es un factor que le permite impulsar su crecimiento conforme va pasando el tiempo y así lograr estar más tiempo en el mercado. Por lo cual, los apicultores al hacer uso de las innovaciones disponibles para su producción logran posicionarse dentro de un mercado más competitivo donde consiguen satisfacer en mayor medida las necesidades de los clientes a cambio de recibir un mayor ingreso económico.

De acuerdo con Fuglie et al. (2020) la finalidad de la adopción de tecnologías y las prácticas innovadoras, son aumentar los rendimientos, gestionar los insumos

con mayor eficiencia, introducir nuevos cultivos y sistemas de producción, mejorar la calidad de sus productos y conservar los recursos naturales.

A pesar de que existe un rápido crecimiento en la literatura sobre la importancia de la innovación para el crecimiento del sector agroalimentario, pocos estudios han intentado evaluar la innovación en la apicultura más allá de su adopción, debido a que existen diversos enfoques, modelos y medidas, que complican su estudio y comprensión lo cual dificulta la creación de una adecuada medición y evaluación del concepto y del proceso.

La innovación tecnológica se considera una condición necesaria, pero no suficiente para el crecimiento económico; Sin embargo, cuando se trata de mejorar las condiciones de vida en el sector rural, se deben tener en cuenta aspectos organizativos, educativos, sociales y políticos (Alba et al., 2008).

Según Contreras-Escareño et al. (2013) existen tres grupos tecnológicos apícolas en México: tecnificado, semitecnificado y tradicional. El primer grupo incluye productores con más de 100 colmenas, los cuales utilizan diversos avances tecnológicos. El segundo grupo incluye productores que poseen de 60 a 100 colmenas y cuentan con diferentes niveles tecnológicos. En el tercer grupo, los apicultores tienen menos de 60 colmenas y practican la apicultura como actividad secundaria, en este grupo regularmente no involucran ninguna tecnología, pero utilizan métodos rudimentarios para su manejo. Cabe señalar que el uso de la tecnología en la apicultura mejora la calidad de los productos obtenidos, hace más eficiente el control y manejo de todo el proceso, y aumenta la productividad de las abejas.(Alba et al., 2008).

Una de las mayores limitaciones para acceder a la tecnología es el alto costo y el bajo conocimiento de los apicultores. También se puede decir que la inversión inicial para el productor es alta, sin embargo, se recomienda a los productores principiantes y pequeños que comiencen con el nivel razonable de tecnología que ayude a mejorar el rendimiento. Por ello, es importante la capacitación e

integración de otras disciplinas en el desarrollo de nuevas tecnologías (Valdés, 2014).

Ferrari (2016) menciona que la transferencia de tecnología es una condición necesaria para promover la competitividad y la innovación. Con ello se pretende incrementar el rendimiento de la apicultura, convirtiéndola en una de las actividades con mayor impacto potencial en el desarrollo de la cadena productiva de la miel.

Actualmente en el mundo existe una tendencia hacia los alimentos naturales, lo que convierte a la apicultura en una actividad relevante, con una dinámica de crecimiento en aumento debido a que se desarrolla en muchas zonas rurales de los países productores y aporta diferentes beneficios a nivel social, ambiental y económico.

Bajo el contexto anterior, la medición de la innovación en esta actividad es obligatoria y justificada, ya que puede aportar criterios y elementos de valoración útiles para la toma de decisiones en el ámbito de las políticas públicas y estrategias en el ámbito de la producción, distribución, apropiación y empleo de nuevos conocimientos en el campo de la producción y el comercio de bienes y servicios (Jaramillo et al., 2001), lo cual puede lograrse solo a través de la información que se genere en el comportamiento productivo de los apicultores y sus colmenas. Esta situación sirve como base para proponer una metodología que contribuya a medir la innovación apícola desde una perspectiva multidimensional e interdisciplinaria.

1.1 Planteamiento del problema

México tiene un acceso limitado a los recursos naturales, económicos o sociales y grandes disparidades tecnológicas que afectan directamente las bases de la producción agropecuaria, el acceso a los alimentos y los ingresos. Este trasfondo permite que surjan muchas innovaciones notables. Por lo tanto, Saavedra et al. (2011) afirman que la crisis del sistema de innovación, investigación y desarrollo

del sector agropecuario requiere la creación de espacios para la definición de pequeñas innovaciones, las cuales deben ser tomadas en cuenta a la hora de medir las innovaciones con precisión.

En 2007, el IICA presentó una propuesta metodológica “Evaluación Multidimensional de los Impactos de la Investigación Agropecuaria” (Dias Avila et al., 2007). En sus conclusiones y recomendaciones, ofrecen herramientas para evaluar los proyectos de investigación, pero su prioridad se centra en la evaluación cualitativa de los proyectos de investigación, en la que no destaca ningún dimensionamiento o medición de la innovación en particular.

A medida que avanza el estudio de la innovación, se reconoce que la innovación puede servir para una variedad de propósitos más allá de la competitividad. De esta forma, la innovación se convierte en un proyecto para hacer de la innovación una competencia integral e importante para cualquier sistema productivo.

Debido a lo anterior la explotación apícola en México representa una alternativa sostenible y viable para mejorar los ingresos de las familias rurales y resguardar los recursos naturales. Para poder hacer posible éste escenario se tiene que sortear algunos retos como, el aumento de plagas y enfermedades, el uso de químicos sintéticos en la agricultura y el abandono del campo, además de una demanda creciente de sus productos; estos, son algunos aspectos a tener en cuenta para introducir nuevas innovaciones la actividad, la cual tendrá que ser aplicada por pequeñas y medianas unidades de producción, las cuales cuentan con un bajo grado de tecnificación del proceso, lo cual lo convierte en un factor limitante para el desarrollo y crecimiento económico de esta actividad.

Recordemos que el crecimiento económico, a través del desarrollo de las regiones, ha incrementado el valor de la innovación como un factor de medición de las condiciones que lo propician. En México, la reflexión sobre la importancia de la innovación es incluida por primera vez en el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTi) 2008-2012, el cual tiene por objetivo fortalecer

la asimilación social del conocimiento, la innovación y el reconocimiento público de su importancia estratégica para el desarrollo integral del país, así como la expresión efectiva de todas las entidades involucradas. Un elemento que complementa esta política y que no ha sido considerado en México es la medición de la innovación para evaluar efectivamente los resultados y la retroalimentación. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2012).

Cabe destacar que para el estudio sobre innovación apícola se encontraron diferentes propuestas para su difusión, las cuales se concentran mayormente en dos aspectos: contratos de asistencia técnica (privada o pública) e introducción de paquetes tecnológicos. A pesar de ello, existe una baja integración del análisis de las características socioeconómicas, tecnológicas y ambientales, así como un escaso análisis integral según el sistema productivo.

En general, los resultados de la implementación de la innovación en las empresas apícolas indican una baja adopción de tecnología o falta de ella, lo que se debe a varios factores como el desconocimiento del uso de la tecnología, altos costos, escasa liquidez, limitantes en los servicios de extensión, ausencia de proveedores y la diversidad entre los productores, especialmente en cuanto a sus características socioeconómicas, las características de las unidades de producción, así como las actitudes y percepciones de los productores y patrones de adopción-difusión de las innovaciones.

Derivado de este escenario se plantea la necesidad identificar los factores que influyen en la adopción de innovaciones en las unidades de producción apícola (UPA). Para así poder generar una caracterización de las empresas con base al nivel innovativo, obtenido por el uso de componentes tecnológicos, lo cual nos ayudará a proponer la incorporación de innovaciones específicas a la medida de una empresa apícola que favorezca su eficiencia productiva y económica.

1.2 Objetivo de la investigación

Para establecer los alcances de la investigación, se proponen los siguientes objetivos:

1.2.1 General

Analizar los procesos que contribuyen a la innovación en las unidades de producción apícola, así como la caracterización de éstas con base a su nivel técnico obtenido por el uso de componentes tecnológicos y variables de tipo productivo; mediante una adaptación de la metodología para el cálculo del Índice de Adopción de Innovaciones (InAI), con la finalidad de proponer estrategias que mejoren su eficiencia productiva y económica.

1.2.1.1 Específicos

- i. Analizar la evolución de la innovación agrícola en los últimos 20 años, en dos bases académicas de importancia mundial (Scopus) y regional (Scielo), para identificar líneas de investigación actuales y futuras.
- ii. Adaptar una metodología para obtener un índice de adopción de innovaciones mediante el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), que permita la diferenciación de estas, en el sistema productivo apícola, para poder predecir con mayor precisión los rendimientos esperados.
- iii. Analizar los resultados obtenidos a través de pruebas estadísticas que permitan cuantificar la incidencia en los rendimientos por colmena, y el Índice de Adopción de Innovaciones alternativo (InAI_{alt}).
- iv. Proponer estrategias que mejoren la eficiencia productiva y económica de las unidades de producción apícola, utilizando los nuevos índices obtenidos.

1.3 Preguntas de investigación

- i. ¿Cuál ha sido la evolución de la innovación agrícola en los últimos 20 años?
- ii. ¿Es posible establecer un marco metodológico cuantitativo, basado en innovaciones tecnológicas teniendo un peso específico para cada innovación?

- iii. ¿Cuál es la configuración de los componentes tecnológicos, determinantes para obtener un mejor Índice de Adopción de Innovaciones en las unidades de producción apícola?
- iv. ¿El Índice propuesto tiene la ventaja de ser un estimador que refleja mejor el aporte de cada innovación implementada, el cual permita discriminar con mayor precisión, y comparar el impacto del rendimiento por colmena de acuerdo al tamaño del apiario?
- v. ¿Qué estrategias deben implementar las unidades de producción apícola para mejorar su eficiencia productiva?

1.4 Hipótesis

Con base en los fundamentos teóricos y las preguntas de investigación desarrolladas, se proponen las siguientes hipótesis:

Hi1: Los componentes tecnológicos que determinan que se adopten las innovaciones dependen de los atributos relacionados con el productor, la unidad de producción, y los recursos naturales con los que se cuente.

Hi2: La caracterización de las unidades de producción apícola mediante la obtención de sus índices que innovación y el tamaño de la empresa, generan mayores impactos productivos.

Hi3: Las estrategias de diferenciación entre los sistemas de producción apícola a través de su arreglo estructural favorecen la eficiencia productiva y económica.

1.5 Estructura de la tesis

El trabajo consta de cinco capítulos, dos de los cuales corresponden a artículos científicos, y su esquema de integración se muestra en la Figura 1. El primer capítulo presenta los fundamentos del protocolo de estudio. Incluye la introducción, el planteamiento del problema, los objetivos, preguntas de investigación y las hipótesis a contrastar.

En el segundo capítulo se divide en dos apartados; el marco teórico conceptual donde se plantean las teorías y conceptos utilizados en el desarrollo de la investigación. Además, se incluye el primer artículo, el cual consiste en un análisis bibliométrico sobre la innovación agrícola para ayudarnos a comprender la situación de cómo se está midiendo la innovación en el sector agropecuario. En primer lugar, se caracterizaron los artículos y luego se realizó un análisis de conglomerados, que resultó en una asignación de tres grupos temáticos, fomento a la innovación agrícola, adopción e impacto de las innovaciones agrícolas y sistemas alimentarios sustentables, mismos que fueron caracterizados posteriormente para poder visualizar los principales enfoques de investigación relacionados con la innovación agrícola, enfatizando la importancia de los sistemas alimentarios sustentables, donde el cuidado y manejo adecuado de los polinizadores es de suma importancia para la producción de alimentos.

El tercer capítulo describe los elementos metodológicos sobre los que se construye el estudio, incluyendo el tipo y diseño del estudio, la población, los métodos y herramientas de recolección de datos y los métodos de análisis de la información.

En el Capítulo cuatro, correspondiente al segundo artículo es una propuesta para poder medir el InAI mediante el PAJ, el cual nos muestra cuales prácticas tienen mayor importancia en la producción apícola y que contribuyen a incrementar los rendimientos.

El quinto capítulo resume los principales resultados de los capítulos anteriores y presenta las conclusiones generales del estudio.

Sexto capítulo, en este capítulo, se presentarán una serie de recomendaciones generales para la medición de la innovación agrícola. Cabe destacar que la medición de la innovación agrícola es un campo en constante desarrollo, y se pueden aplicar diferentes enfoques y herramientas según las necesidades y objetivos específicos de cada caso.

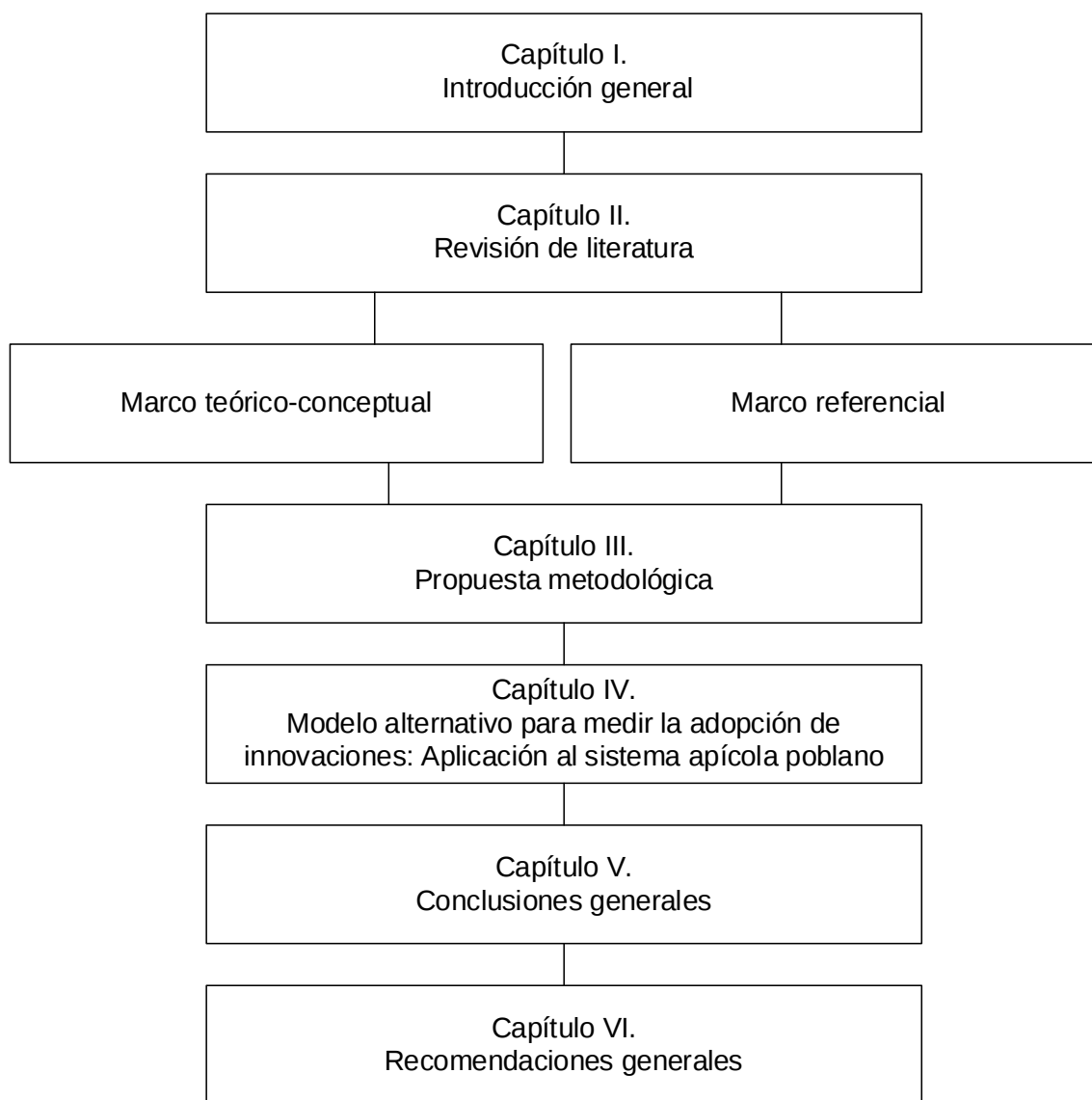


Figura 1. Estructura capitular del documento.

Fuente: Elaboración propia.

1.6 Referencias Bibliográficas

Alba, M. F., Bedascarrasbure, E. L., & García Álvarez-Coque, J. M. (2008). Innovación y desarrollo social en el medio rural argentino El caso del cluster Apícola del Noroeste y Centro Argentino. En *Cultura, Innovación y territorio* (pp. 1–20).

Buleo Ramírez, R. M. (2012). *Análisis y propuestas de mejora de una empresa dedicada a la producción y comercialización de miel ubicada en Minglanilla*

- (Cuenca). *Buleo miel*, S.L. Universidad Politécnica de Valencia.
- Cepeda-Valencia, J., Gómez P., D., & Nicholls, C. (2014). La estructura importa : abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 241–250.
- Contreras-Escareño, F., Pérez Armendáriz, B., Echazarreta, C. M., Cavazos Arroyo, J., Octavio Macías-Macías, J., & María Tapia-González RESUMEN, J. (2013). Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *MÉXICO Rev Mex Cienc Pecu*, 4(3), 387–398.
- Dias Avila, A. F., Sain, G., & Salles-Filho, S. (2007). *Evaluación multidimensional de los impactos de la investigación agropecuaria: una propuesta metodológica*.
- Ferrari, M. S. (2016). *Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales. Prospectiva tecnológica al 2025 del complejo apícola* (p. 82).
- Fuglie, K., Gautam, M., Goyal, A., & Maloney, W. F. (2020). Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture. En *Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1393-1>
- Jaramillo, H., Lugones, G., & Salazar, M. (2001). *Manual de Bogota* (R. I. de I. de C. y T. (RICYT) / O. de E. A. (OEA) / P. CYTED (ed.)).
- Magurran, A. E. (2004). Measuring Biological Diversity. En *Blackwell Publishing*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). *Producción pecuaria en América Latina y el Caribe*. <https://www.fao.org/americas/priorities/produccion-pecuaria/en/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2012). La Estrategia de Innovación de la OCDE. En *Foro Consultivo Científico y Tecnológico*.

- Saavedra, D., Rugeles, L., Guaitero, B., Noreña, E., Arosa, C., & Castillo, O. (2011). Innovación y modelos o Titlede organización empresarial en el sector agropecuario colombiano: avances de un estudio. En *VI Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad SINNCO Agentes de la Innovación: hacia una economía sostenible en I+D+i*.
- Valdés, P. (2014). *Apicultura de Precisión*. (Núm. 2). Agrimundo. Inteligencia competitiva para el sector agroalimentario.

Capítulo 2. Revisión de literatura

2.1 Marco teórico-conceptual

Este capítulo trata principalmente el concepto de innovación, su introducción, difusión, gestión y medición, ya que el estudio considera como tema central la medición de la innovación en los sistemas apícolas. Comienza con un concepto más amplio de innovación y los factores que influyen en el proceso de innovación. Luego examina cómo se ha medido la innovación y finalmente analiza esta situación en el sector agrícola.

2.1.1 Cambio tecnológico

En primer lugar, se deben aclarar algunas premisas conceptuales de lo que se entiende por “innovación”. Köhler y González Begega (2014), mencionan que el concepto de innovación se ha vuelto casi omnipresente en el contexto de la creciente competencia que acompaña a la globalización. Por esta razón, es sumamente importante comprender el origen teórico de este concepto. Con esto en mente, se considera en primer lugar el concepto de cambio tecnológico, ya que representa la antesala del desarrollo de innovaciones.

Antes de preguntar qué es el cambio tecnológico, tiene sentido definir qué es la tecnología. Albuquerque Llorens (2008), describe que ésta, incluye conocimiento, técnicas, saber, acción, información y aplicación concreta de dicha información en el trabajo, el cual involucra elementos tangible (maquinaria, equipo, recursos naturales) e intangibles (“saber hacer”, conocimientos, información, organización, comunicaciones y relaciones interpersonales), por lo que corresponde a la capacidad de desarrollar, aplicar y perfeccionar una variedad de técnicas.

La tecnología no es sólo un objeto que se ofrece en el mercado, sino también un proceso de aprendizaje social en el que se abren nuevas posibilidades.

Por lo tanto, el cambio tecnológico no es solo la adquisición de nuevos bienes y servicios, sino que también representa un lento y continuo aprendizaje colectivo que requiere un ambiente institucional y motivacional y debe estar conectado a una amplia red social que incluye el sistema educativo, el científico y de productivo (Montero & Morris, 1999).

Porter (1987), definió el cambio tecnológico como uno de los principales impulsores de la competencia, ya que juega un papel importante tanto en el cambio estructural como en el surgimiento de nuevas industrias. Por su parte, Pérez (1996), lo define como la transición de un conjunto de tecnologías comunes (tanto de equipamiento como de gestión y organización) a través de las cuales se moderniza, racionaliza y revitaliza el parque productivo instalado.

Es importante señalar que el cambio tecnológico se puede ver como un proceso exógeno o endógeno. En el primer caso, según Capdevielle (2002), la tecnología se trata como un elemento dado. Las decisiones de producción las toman los empresarios del mercado y toda la información (incluida la tecnología) se comunica a través del sistema de precios. Las relaciones de mercado son las relaciones entre el productor y el consumidor final. En el proceso endógeno, Lucas (1988), menciona que el cambio tecnológico resulta de la investigación (I+D) y la acumulación de capital humano, y esto se explica por los incentivos que tienen las empresas para obtener ganancias económicas.

De acuerdo con Montero & Morris (1999), el desarrollo tecnológico no sólo depende de la iniciativa y el conocimiento de ingenieros o empresarios de mentalidad moderna, sino que también está sujeto a la existencia de un conjunto de condiciones económicas, sociales e institucionales y la intervención directa o indirecta de otros actores en los procesos de innovación tecnológica. Son estos actores y procesos interconectados los que sustentan la existencia de un sistema de innovación, y cuanto más diversos y complejos son, más oportunidades hay de desarrollo.

2.1.2 Sistema tecnológico

Carlota Pérez (2001) afirma que las tecnologías no se desarrollan en forma aislada, sino conectadas unas con otras, en sistemas, apoyándose recíprocamente y aprovechando la experiencia, el desarrollo de proveedores, la educación de los consumidores y otras externalidades creadas por sus antecesores en el sistema. Un aspecto importante del impacto global de un nuevo sistema tecnológico está relacionado con la variedad de innovaciones que lo componen. No se trata sólo de innovaciones puramente técnicas. Todo sistema tecnológico combina innovaciones en recursos, productos y procesos con innovaciones organizativas y de gestión. Los nuevos sistemas tecnológicos se basan en una combinación de innovaciones radicales e incrementales, así como de innovaciones organizacionales que afectan a más de una o más empresas (Freeman, 1993).

2.1.3 Innovación

Uno de los antecedentes teóricos más influyente sobre innovación se puede encontrar en la obra *Business Cycles*, donde se define la innovación como el establecimiento de una nueva función de producción, para explicar el desarrollo económico de los países capitalistas. Por lo tanto, la innovación puede definirse como la implementación de un nuevo conjunto de medios de producción y comprende los siguientes casos: a) introducción de nuevos productos; b) introducción de un nuevo método de producción basado en un nuevo descubrimiento científico o una nueva forma de comercialización; c) apertura de un nuevo mercado; d) acceso o conquista de una nueva fuente de insumos; y e) la realización de una nueva organización de la industria (Schumpeter, 1939).

Por lo tanto, la innovación ha sido el motor del cambio tecnológico durante muchos siglos, dando lugar a cambios irreversibles en los procesos y factores de producción (Schumpeter, 1939). Por lo tanto, el proceso de cambio conlleva modificaciones en una amplia gama de factores económicos, sociales y culturales, teniendo en cuenta los elementos de incertidumbre, acumulación y

apropiabilidad asociados con la situación institucional y organizativa en la que se desarrolla la innovación (Fernández Pérez & León Rodríguez, 2006).

La innovación es vista como un recurso que estimula constantemente el crecimiento de los países y es una de las principales estrategias de las empresas, sociedades y regiones para generar ventajas competitivas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2017). La importancia de la innovación para el crecimiento económico radica en el progreso tecnológico logrado, a través de actividades innovadoras e imitadoras, mientras que las innovaciones son el motor del progreso tecnológico, el papel de las actividades imitadoras es la difusión de estas (Cheng & Tao, 1999).

Se distinguen cuatro tipos de innovaciones: las de producto, proceso, mercadotecnia y organización (OCDE, 2012).

2.1.3.1 Innovación de producto

Corresponde a la introducción de un bien o servicio, significativamente mejorado, en cuanto a características o uso previsto, del mismo modo que considera una mejora sustancial en características técnicas, componentes y materiales, de la informática integrada, la facilidad de uso u otras características funcionales.

2.1.3.2 Innovación de proceso

Es la introducción de un proceso de distribución o fabricación nuevo o significativamente mejorado, que incluye cambios significativos en la técnica, materiales y/o programas informáticos.

2.1.3.3 Innovación de mercadotecnia

Es la aplicación de un nuevo método de mercadeo que involucra cambios significativos en el diseño o empaque de un producto, posicionamiento, publicidad o método de pago para la compra de bienes.

2.1.3.4 Innovación de organización

Cuando un nuevo método de organización entra en práctica, la organización del lugar de trabajo o las relaciones externas de la empresa. Pueden tener como objetivo mejorar la eficiencia de la empresa al reducir los costos administrativos o de transacción, aumentar la satisfacción laboral, facilitar el acceso a bienes no comercializables (como el conocimiento de terceros no registrados) o reducir el costo de los suministros.

2.1.4 Difusión de la innovación

La Teoría de la Difusión de la Innovación de Rogers (1983), proporciona un trabajo conceptual que analiza la adopción de tecnología sobre la base de su relación con los aspectos sociales y psicológicos del usuario y proporciona un análisis teórico preciso que examina la difusión de la innovación en este sentido.

Según Pérez Pulido y Terrón Torrado (2004), la difusión es el proceso por el cual una innovación se transmite en el tiempo a través de diferentes canales entre las personas de un sistema social. Para Rogers (1983) el mejor indicador de la difusión de la innovación es el grado en que un individuo adopta nuevas ideas antes que otros miembros de su comunidad. Así, la decisión de innovar incluye las acciones mentales que realiza una persona para determinar el tiempo dentro del cual acepta o rechazar una innovación, cuantificado por la tasa de implementación.

2.1.5 Adopción de la innovación

El proceso de adopción de una innovación es una secuencia de etapas que pasa un adoptante potencial antes de la aceptación de un nuevo producto, servicio o idea (Frambach & Schillewaert, 2002). Según Rogers (1983) este proceso se integra de cinco etapas: conocimiento, persuasión, decisión, implementación y confirmación.

Rogers (1983) señala que existen al menos cinco elementos clave que determinan la tasa de aceptación de una innovación. Estos elementos son: 1) Ventaja relativa, i. h el grado en que una innovación se considera mejor que la idea, la práctica, el programa o el producto al que reemplaza. 2) Posibilidad de observación, se refiere a la medida en que la innovación produce resultados tangibles o visibles. 3) Compatibilidad, significa cuán compatible es la innovación con los valores, hábitos, experiencias y necesidades de las personas que podrían adoptarla. 4) Complejidad, cuando las innovaciones son fáciles de aplicar, comprender, mantener y comprender su aplicabilidad. 5) Capacidad de prueba, la medida en que se puede probar o experimentar con una innovación antes de tomar la decisión de implementarla.

Los estudios de adopción identifican los factores que influyen en la decisión de un fabricante de usar o no una tecnología en particular. Estos factores pueden ser la aversión al riesgo, la liquidez, el nivel de educación, la extensión de la tierra y muchos otros (Martínez & Saín, 1983). En primera instancia permiten una medición temporal y espacial del despliegue de una tecnología particular a nivel del productor. Por otro lado, son instrumentos de retroalimentación para controlar la producción y transmisión al identificar factores agro-socio-económicos que favorecen o limitan el aprovechamiento de la oferta tecnológica (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], 1993).

Durante los últimos años, se ha alcanzado un amplio acuerdo en torno a la idea de que la implementación de innovaciones agrícolas está condicionada por múltiples factores, incluyendo aspectos personales, biofísicos, socio-psicológicos, culturales, económicos, ecológicos y políticos presentes en su entorno. Estos factores interactúan entre sí, por lo que se requiere un enfoque holístico e integrador para analizar esta situación (Sonnino & Ruane, 2013).

2.1.6 Gestión de la innovación

La gestión de la innovación tiene como objetivo organizar y controlar los recursos humanos, técnicos y económicos disponibles con el objetivo de incrementar la creación de nuevos conocimientos y generar ideas que conduzcan a la adquisición de nuevos productos, procesos y servicios. (Boza Valle et al., 2018).

Algunos autores que se centran en los entornos rurales de México afirman que el propósito de la gestión de la innovación es mantener a las empresas en el mercado y en un estado de cambio continuo. Para ello, necesitamos gestionar cinco elementos básicos: diagnóstico, focalización, capacitación, implementación y aprendizaje. Por lo tanto, primero realizar un diagnóstico de la unidad de producción, luego enfocarse en los problemas más apremiantes y luego realizar acciones de capacitación (incluidos los procesos retrospectivos) para implementar soluciones y garantizar el aprendizaje (Muñoz-Rodríguez et al., 2007).

2.1.7 Medición de la innovación

La innovación es parte esencial del crecimiento económico, el desarrollo y el bienestar de las naciones. Medir la innovación es útil porque proporciona parámetros indicativos del alcance y la naturaleza del progreso de una sociedad hacia el futuro deseado.

La medición de los procesos de innovación tecnológica es necesaria y justificada por diversas razones; Al tratarse de países de menor desarrollo, es de suma importancia brindar criterios y factores de evaluación útiles para la toma de decisiones sobre temas de política pública y estrategia empresarial en las áreas de creación, difusión, adquisición y uso de nuevos conocimientos en la producción y el comercio de bienes y servicios (Lugones, 2008).

Uno de los primeros antecedentes de medición relacionada con la innovación, pueden encontrarse en la Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de

Investigación y Desarrollo Experimental, mejor conocida como el Manual de Frascati, cuya primera edición se publicó en 1963 (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos [OCDE], 2013). Aunque esta herramienta se centra en la medición de recursos humanos y financieros para I+D. Este manual pretende contribuir a la discusión en torno a las políticas de ciencia y tecnología necesarias para continuar los procesos de desarrollo, este tema se relaciona con la innovación como espacio para la creación de conocimiento.

Evidentemente, desde este punto de vista, y bajo el supuesto de que la actividad agraria es un simple reservorio de conocimiento/innovación procedente de espacios ajenos a la industria, es difícil encontrar trabajos que busquen investigar y/o medir la innovación dentro de ella, ya que, en general, la agricultura carece de agencias formales de investigación y desarrollo.

En la década de 1980, surgió el concepto de National Agricultural Research System (NARS). Éste fue más allá de la difusión de la tecnología como único aspecto relevante relacionado con la innovación en la agricultura, y se centró en cómo se generan y producen las innovaciones que luego se adoptan en este campo. Sin embargo, este enfoque sostiene que la innovación en la agricultura se genera desde fuera de este sector y que los agricultores son adoptadores pasivos. Por lo que era necesario incrementar la idea de que la innovación se genera a partir de fuentes externas y, por tanto, la promoción, investigación, formación y difusión que realizan las organizaciones científicas y tecnológicas (Anlló et al., 2010).

En los 90, bajo el Sistema de Innovación en Investigación Agropecuaria, el concepto de innovación comenzó a definirse con mayor claridad. Este enfoque no solo está centrado en la investigación, sino que también tiene en cuenta los vínculos existentes entre la investigación, la docencia y la consultoría, manteniendo una visión lineal del proceso de innovación. Bajo este contexto, los agricultores son cada vez más reconocidos por su papel más activo en el proceso

de innovación, situándolos en el centro del triángulo del conocimiento formado por la educación, la investigación y la extensión (Galán, 1994).

Para comprender mejor este proceso, surgió la primera edición del Manual de Oslo el cual se publicó en 1992 (OCDE & EUROSTAT, 2005). El cuál se basaba en varios estudios realizados en países desarrollados en la década de 1980 para capturar los detalles de los procesos de innovación en la generación de nuevos productos y nuevas tecnologías de producción, especialmente en el sector manufacturero. El concepto de proceso de innovación que retoma el Manual de Oslo se incluye en algunos de los escritos más conocidos de Schumpeter, aunque también se reúnen aportaciones de otras disciplinas, en particular para abordar la relevancia de la innovación en el contexto de los procesos de cambio organizativo y comercial.

La versión original del Manual de Oslo ha sufrido tres revisiones posteriores, en 1997, 2005 y 2018, con el objetivo de mejorar y ampliar la recopilación de datos relevantes para los procesos de innovación al sector servicios e integrando dos nuevos tipos de innovaciones, las innovaciones organizacionales y en comercialización.

En 2001 se elaboró, el Manual de Bogotá, para el caso especial de América Latina (Jaramillo et al., 2001)- respetando los lineamientos de la segunda revisión del manual de Oslo y proponiendo un nuevo conjunto de elementos necesarios para tomar en cuenta la dinámica de los procesos de innovación en esta región, manteniendo la comparabilidad, la especificidad del contexto latinoamericano. Estos dos manuales ahora permiten la construcción de herramientas utilizadas para recopilar información sobre el desarrollo de nuevos productos, la introducción de nuevas prácticas de producción y actividades que facilitan el desarrollo y la adopción de innovaciones.

2.1.7.1 Procesos de medición de las innovaciones

Para cuantificar la tasa de adopción, es necesario determinar cuántas personas han adoptado la nueva tecnología durante un período de tiempo, según la información proporcionada por los propios agricultores recopilada a través de encuestas. Rogers agrupa a los productores en cinco clases: 1) innovadores; 2) primeros adoptantes; 3) mayoría que adoptan más pronto; 4) mayoría tardía; y, 5) los rezagados.

Varios factores, como el uso de los medios de comunicación, contacto con los agentes de cambio, la organización y formación de los productores, son variables asociadas a la teoría de difusión de innovaciones, la cual se ha convertido en el marco teórico preferido por los investigadores dedicados a evaluar el grado de transferencia de tecnología agrícola. La principal limitación de este método de evaluación del uso de la tecnología es que el estudio de la tasa de adopción de innovaciones se reduce a las características únicas del individuo, ignorando otros aspectos como las características de la innovación y las condiciones físicas en que viven los productores (Damián Huato et al., 2009).

Los estudios hechos bajo este esquema se basan en repuestas dicotómicas (sí/no). En 1956 se realizó el primer estudio basado en esta metodología donde evaluaron la correlación entre la aceptación de cinco innovaciones (televisión, Canasta, Supermercados, Blue Cross y Servicio médico) y la afiliación a la clase social. El primer estudio en torno a la agricultura se realizó en 1973 para determinar la relación entre el comportamiento innovador de un agricultor en el campo de la salud, el hogar y la planificación familiar.

Varios autores han explorado la influencia de los factores sociales y económicos para tomar la decisión de utilizar o no, las innovaciones. (Kebede et al., 1990), definiendo a la adopción como una variable de respuesta dependiente que va de 0 a 1 con modelos de función exponencial y otros con modelos univariados y multivariados logit y probit. Otros autores desde la década de 1980 han

recomendado el uso de modelos probit, en los que la variable dependiente tiene una respuesta de 0 o 1, y modelos logit, en los que la variable dependiente es discreta. (Kebede et al., 1990; Roe, 1983).

Actualmente se utilizan modelos logit (Kebede et al., 1990) con variables dependientes de respuesta binaria para identificar factores, su potencial de adopción y el impacto de las innovaciones adoptadas, (Kumar & Quisumbing, 2011), con información sobre productores que no adoptan tecnología versus aquellos adoptantes de diferentes innovaciones, como el uso de variedades mejoradas, fertilizantes, pesticidas, vacunas o combinaciones de varios tipos de cultivos y ganados (Cuevas Reyes et al., 2013).

En México, se analizaron las variables y su impacto en la adopción de innovaciones entre productores que son adoptantes y reciben apoyo técnico y entre productores que no reciben, con especial énfasis en variables productivas y económicas (Cuevas Reyes et al., 2013). Además de conocer los factores que inciden positiva o negativamente en la adopción.

2.1.7.2 Brecha KAP (Knowledge, Attitudes and Practice)

Antes de que exista la adopción de una innovación, los productores deben estar al tanto de que existe, y luego tomaran la decisión de probarla. La difusión de conocimientos y actitudes precede a la práctica/aceptación, y estos elementos basados en la información pueden difundirse más rápido que la práctica. Por lo tanto, hay un lapso de tiempo entre el momento en que se descubre una innovación y el momento en que se adopta. Este rezago se denomina brecha KAP, y reducirla es el objetivo de muchas intervenciones (Muñoz Rodríguez & Santoyo Cortés, 2010).

La brecha KAP tuvo su primera aparición en 1966 donde fue utilizada para poder medir el conocimiento, las actitudes y las prácticas referentes a un programa de planificación familiar en Tailandia. No fue hasta 1993 donde brecha KAP fue utilizada por primera vez en con productores ganaderos de Costa Rica, el objetivo

de este trabajo fue producir variables continuas que pudieran ser sometidas al análisis de trayectoria causal lo que produjo una serie de escenarios dependientes de la tecnología específica y el tipo de sistema ganadero, el cual utilizaron para predecir estrategias de extensión apropiadas.

2.1.8 Innovación social

De acuerdo con M. de F. León et al. (2012) una innovación solo puede considerarse social si el equilibrio se centra en el valor social, es decir, en beneficio de la sociedad y no en beneficio de las empresas. Por otro lado, Asongu (2007) considera que la sociedad actual demanda más de las empresas que solo brindar productos de calidad y un servicio confiable a precios justos. Necesitan un retorno de parte del beneficio social que obtienen de su ambiente más próximo.

La innovación social contribuye al bienestar individual y general a través del empleo, el consumo y la participación. Su objetivo es aportar soluciones a problemas individuales y colectivos. Por lo tanto, la innovación no puede concebirse simplemente como un mecanismo económico o un proceso tecnológico. Porque la innovación es ante todo un fenómeno social en el que se expresan las necesidades, la organización política institucional económica de una sociedad, la educación, la cultura, etc. (M. de F. León et al., 2012). Dentro de esta categoría se encuentra la innovación agrícola.

2.1.9 Innovación agrícola

La ciencia y la tecnología son la base de la sociedad actual, que se encuentra en un continuo y dinámico proceso de modernización. Este proceso se inició con la revolución industrial inglesa (1740-1850), cuando los avances científicos y tecnológicos provocaron los mayores cambios socioeconómicos y culturales de la historia. En la agricultura, fue la revolución verde que comenzó en el siglo XX, marcando el comienzo de estos cambios como resultado del uso de modernas

tecnologías de producción y la explotación intensiva posibilitada por el uso de la innovación.

Innovar en el sector agropecuario e identificar los aspectos que lo condicionan, es un reto al que se enfrenta la sociedad en la actualidad, principalmente porque se utiliza como la base para mejorar la competitividad, el crecimiento económico y la economía, para lograr mejorar el nivel de desarrollo de este sector. (Vargas Canales et al., 2017).

La innovación agrícola surgió bajo la justificación de mejorar la competitividad de la producción y de los productores, como resultado de las interacciones entre diferentes actores, como los sistemas agrícolas, las cadenas de suministro y los sistemas económicos, los entornos políticos, los sistemas sociales y de extensión, que reflejan la idea de los Sistemas de Innovación Agrícola (AIS) (Klerkx et al., 2012a).

En el sector agrícola, el uso de la tecnología ha servido durante mucho tiempo como mediador entre el hombre y la naturaleza. En teoría, su función básica es contribuir significativamente a la transformación de la naturaleza en beneficio de las personas que viven en el campo (Herrera Tapia, 2013). El enfoque sistémico de la innovación reconoce que la innovación agrícola no se trata solo de introducir nuevas tecnologías, también requiere un equilibrio entre las nuevas prácticas tecnológicas y formas alternativas de organización como los mercados, la tenencia de la tierra y la participación en las ganancias. (Klerkx et al., 2009).

Por lo que innovar significa introducir nuevos productos, procesos y estrategias innovadoras. Esto podría ser desde la transformación de cultivos hasta el desarrollo de nuevos modelos comerciales. Por lo tanto, la innovación es la clave del desarrollo (Pisante et al., 2012). Bajo este contexto, la investigación que se lleva a cabo sobre innovación en el ámbito de la producción primaria se centra en la transferencia, difusión y adopción de la innovación. (Wigboldus et al., 2016).

La transferencia de tecnología se puede resumir en tres etapas: alguien genera la tecnología, se la pasa a alguien que necesita transferirla, y le llega al agricultor con un flujo de retroalimentación a través el mismo circuito. Este es un proceso muy costoso y causa mucha pérdida de información y contenido; Este sistema produce una oferta sobrevalorada de los investigadores (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015).

La innovación agrícola se considera un proceso complejo e interactivo de aprendizaje mutuo y de negociación entre científicos, extensionistas y agricultores. Lo que significa que el sector agropecuario es una de las unidades más lentas del aparato productivo, principalmente por la baja capacidad de absorción tecnológica de pequeñas y medianas unidades productivas, así como por una débil cultura de innovación. (Aguilar Ávila et al., 2011).

En las explotaciones agrícolas, las innovaciones generalmente llegan en forma de tecnología. Una vez que se sabe que existe, los productores pasan por un proceso de aprendizaje, adaptación y cambio de prácticas (Preissing et al., 2014) con base en una serie de decisiones que les permiten aceptar o rechazar el uso de esta tecnología en sus sistemas productivos (Cuevas Reyes et al., 2016).

La medición de la innovación en el sector agrícola es un nuevo enfoque, ya que el diseño y uso de encuestas y reflexiones sobre este tema apenas comienza. Por lo cual se presenta a continuación un estudio bibliométrico donde se pretende explicar cómo ha sido la evolución de este tema a través de los años, así como los principales temas de investigación y sus métodos de análisis.

2.2 Marco referencial: la innovación agrícola: su desarrollo analítico a partir de un estudio bibliométrico

Irving César Farrera-Vázquez¹, Enrique Genaro Martínez-González², Vinicio Horacio

Santoyo-Cortés³, Norman Aguilar-Gallegos⁴

2.2.1 Resumen

El objetivo de este artículo es brindar una visión general sobre la innovación agrícola que permita realizar un diagnóstico evolutivo en las últimas dos décadas, mediante un análisis bibliométrico basado en los conceptos “innovación agrícola”, “innovación ganadera” o “cambio tecnológico agropecuario” en el periodo 2003-2022. Se analizaron 462 documentos obtenidos de la base de Scopus y Scielo, mediante estadística descriptiva y técnicas bibliométricas a través del software VOSviewer. Los resultados muestran un claro dominio del tema en Europa y América del Norte, con pocas evidencias de participación de países latinoamericanos, lo cual representa un área de oportunidad para investigadores. Se identificaron tres líneas de investigación que confirman que los estudios de innovación agrícola han tenido un desarrollo creciente y seguirán siendo un tema de interés en los próximos años.

Palabras clave: Bibliometría; Indicadores bibliométricos; Scopus; Scielo; VOSviewer

¹ Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8911-3666>
Dirección de correo electrónico: ic.farrera@ciestaam.edu.mx

² Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5. Carretera México-Texcoco. CP 56230. Chapingo, Estado de México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9312-5002>
Dirección de correo electrónico: enriquemartinez@ciestaam.edu.mx

³ Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5. Carretera México-Texcoco. CP 56230. Chapingo, Estado de México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0400-1724>
Dirección de correo electrónico: hsantoyo@ciestaam.edu.mx

⁴ Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5. Carretera México-Texcoco. CP 56230. Chapingo, Estado de México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4788-3360>
Dirección de correo electrónico: naguilar@ciestaam.edu.mx

2.2.2 Abstract

The objective of this article is to provide an overview of agricultural innovation that allows an evolutionary diagnosis over the last two decades, by means of a bibliometric analysis based on the concepts "agricultural innovation", "livestock innovation" or "agricultural technological change" in the period 2003-2022. A total of 462 documents obtained from the Scopus and Scielo databases were analyzed using descriptive statistics and bibliometric techniques through the VOSviewer software. The results show a clear dominance of the subject in Europe and North America, with little evidence of participation from Latin American countries, which represents an area of opportunity for researchers. Three lines of research were identified that confirm that agricultural innovation studies have had a growing development and will continue to be a topic of interest in the coming years.

Keywords: Bibliometrics; bibliometric indicators; Scopus; Scielo; VOSviewer

2.2.3 Introducción

La innovación agrícola es un tema de gran relevancia para el desarrollo y la sostenibilidad del sector agrícola. La aplicación de nuevas tecnologías, prácticas y enfoques en la producción agrícola puede mejorar la eficiencia, la productividad y la calidad de los cultivos, al tiempo que reduce el impacto ambiental (Ojeda-Beltran, 2022).

Por lo cual, el sector agrícola se enfrenta a importantes retos en todo el mundo, entre los que destacan los fenómenos climáticos, la pérdida de biodiversidad, así como la presencia de plagas y enfermedades, sin olvidar el aumento de la población humana, la reducción de las tierras cultivables, el escaso relevo generacional en el campo, entre otros. Se requiere enfrentar estos retos porque es necesario satisfacer la demanda de productos y servicios de las generaciones actuales y futuras, garantizando la rentabilidad, la salud ambiental y la equidad socioeconómica (HPLE, 2016).

Ante estos nuevos retos, el papel de la innovación en este sector será maximizar la productividad agrícola en un escenario más complejo desde el punto de vista de la producción, el desarrollo rural, el medio ambiente y la justicia social (Pretty et al., 2010). Por ello, la innovación en este sector es esencial, porque permite disminuir de la pobreza y colabora con el crecimiento económico y la sostenibilidad de países con una fuerte presencia de la agricultura en su modelo económico (Sonnino & Ruane, 2013).

De igual manera, los países en desarrollo miran cada vez más a la ciencia y la tecnología como motor del crecimiento económico, y se están poniendo en marcha diversos planes de desarrollo basados en el cambio tecnológico para los sectores agrícola y ganadero (Anandajayasekeram, 2011). En este sentido, las innovaciones se han convertido en un factor decisivo de las estrategias de desarrollo agrícola.

Dado que la innovación es el tema central de este trabajo, la aproximación a su conceptualización es relevante para situar la orientación teórica de la que parte este artículo. Schumpeter (1934) definió la innovación como la primera introducción de un nuevo producto, proceso o sistema. Por su lado, Spielman, Ekboir y Davis (2009) la definen como algo nuevo introducido con éxito en un proceso económico o social, es decir, la innovación no sólo es un fenómeno de creación, sino también de adopción, que incluye la incorporación efectiva de lo nuevo en procesos o prácticas (Arocena & Sutz, 2003).

Autores como Klerkx, van Mierlo & Leeuwis (2012); Ocampo Ledesma, Patlán Martínez & Arellano Hernández (2003); Sira y Ryszard (2020) definen la innovación agrícola (InAg) como un proceso co-evolutivo, es decir, una combinación de cambios tecnológicos, sociales, económicos e institucionales, que permite la producción y el intercambio de conocimientos. Además de factores, como las organizaciones, las instituciones, el tipo de actores y sus atributos, la política, la legislación, la infraestructura, la financiación y la evolución del mercado. Estos elementos son los principales impulsores del cambio tecnológico, porque crean y alimentan las innovaciones agrícolas que producen una diversidad de opciones técnicas alternativas y las ponen a disposición de los agricultores (Glover, Sumberg, Ton, Andersson y Badstue, 2019).

Por lo que la transmisión del conocimiento se ha convertido en una tarea fundamental del proceso científico, y especialmente en el desarrollo de la innovación como proceso de cambio y apertura a nuevos escenarios de conocimiento aplicado. Es ahí, en la recreación del cambio y en el desarrollo de nuevas opciones de mejora, donde las publicaciones científicas se convierten en un canal de difusión de los resultados de la investigación, para presentar la información desarrollada en todas las áreas disciplinarias (Ruiz-Corbella et al., 2020), incluyendo el sector agrícola y las innovaciones relacionadas con él. El análisis de estas disciplinas es un eslabón fundamental en el proceso de investigación, por lo que se ha convertido en una herramienta para calificar la

calidad y el impacto de este proceso (Rueda-Clausen Gómez, Villa-Roel Gutiérrez y Rueda-Clausen Pinzón, 2005).

Debido a que existe un gran número de publicaciones, ha sido necesario evaluarlas, para lo cual se realizan estudios métricos que permiten explorar, detectar y mostrar información relevante o significativa (Solano López, Castellanos Quintero, López Rodríguez del Rey y Hernández Fernández, 2009). Esta situación ha contribuido de manera decisiva al proceso de la investigación y al desarrollo de nuevas líneas de investigación en las instituciones, especialmente en los centros de educación superior e investigación, al incorporarse a la discusión de temas de vanguardia, metodologías para la organización y representación del conocimiento. En consecuencia, cualquier análisis respecto a un dominio del conocimiento considera el potencial de los estudios métricos como un enfoque, método o herramienta que ayuda a caracterizar e identificar relaciones entre documentos individuales (Hjørland, 2002).

Un estudio bibliométrico permitiría analizar y visualizar la evolución, las tendencias y el estado actual de la investigación científica en este campo. Proporcionaría información valiosa para investigadores, instituciones y responsables de políticas interesados en promover y apoyar la innovación agrícola (Rincon Soto et al., 2023).

En el sector agrícola, los estudios bibliométricos constituyen una parte esencial de las herramientas del proceso de investigación, ya que se ha convertido en un método de evaluación para calificar el proceso de generación del conocimiento y su impacto en la ciencia, permitiendo ilustrar las tendencias de investigación a través del análisis de citas, revistas, autoría, impacto de la publicación, afiliación o asociación institucional, palabras claves o descriptores, títulos o resúmenes; así como la contribución de expertos nacionales e internacionales. La bibliometría es un ejercicio de cuantificación matemática y estadística que se puede aplicar a toda fuente escrita y permite no solo el análisis de las actividades científicas en

un momento dado, sino también su desarrollo y calidad, por lo que este tipo de análisis llama la atención de diferentes los científicos relacionados con alguna actividad productiva (Ávila Suárez et al., 2012; Recio et al., 2017; Rueda-Clausen Gómez et al., 2005).

Garfield (1972) afirma que la principal herramienta para evaluar la calidad académica de obras, individuos o instituciones son los indicadores o índices bibliométricos, basados en el análisis de datos de la literatura científica. Por lo tanto, contar con información actual sobre indicadores que muestren la forma y el ritmo de avance en la transición del conocimiento en las sociedades permite conocer y hacer inferencias sobre lo que ocurre en las diversas regiones o países (Moreno-Ceja et al., 2011).

En el tema de la innovación agrícola, diferentes trabajos bibliométricos como los de Figueroa Rodríguez, Díaz-Sánchez, Figueroa-Sandoval, Sangerman-Jarquín, y Figueroa-Rodríguez (2019); Romero-Riaño, Guerrero-Santander, Martínez-Ardila (2021), se han centrado en la medición de los patrones de colaboración dentro de las redes de coautoría, la potencia y su efectividad de las interacciones entre autores con el objetivo principal de establecer una visión general de los alcances teóricos, prácticos y metodológicos desarrollados por los investigadores en ese campo.

A partir de esto, el objetivo del presente trabajo es brindar una visión general sobre la innovación agrícola que permita realizar un diagnóstico evolutivo en las últimas dos décadas a través de un análisis bibliométrico basado en los conceptos “innovación agrícola”, “innovación ganadera” o “cambio tecnológico agropecuario” en el periodo 2003-2022., destacando las aportaciones de autores, revistas e instituciones de investigación sobre este tema, mediante el uso de indicadores, con los cuales se pueden identificar las líneas actuales de investigación.

2.2.4 Materiales y métodos

El trabajo se basa en el desarrollo de un análisis bibliométrico el cual podría caracterizarse como cuantitativo con relación al enfoque del problema y descriptivo en cuanto a la finalidad; para ello se estableció un procedimiento que consta de dos etapas: 1) levantamiento de información y criterios de búsqueda y 2) indicadores, visualización e interpretación de resultados.

2.2.4.1 Acopio de información y criterios de búsqueda

La validez del análisis bibliométrico depende de la elección apropiada de la base de datos, ya que debe cubrir adecuadamente el área de estudio (de Granda Orive, 2003). También requiere que las fuentes de información sean confiables y suficientes para llevar a cabo de forma eficiente cada etapa del análisis bibliométrico y lograr una toma de decisiones más acertada (León, Castellanos, y Vargas, 2006).

Debido a lo anterior se realizó la búsqueda de literatura en dos bases de datos: 1) Scopus de Elsevier (<http://www.scopus.com>), que es una de las mayores bases de datos disponibles y utilizada por la comunidad científica debido a su amplia cobertura y utilidad en diversos campos de la ciencia para ser utilizada en comparaciones interdisciplinarias más detalladas, que proporciona registros bibliográficos, resúmenes y citas de la literatura mundial en revistas revisada por pares. (Harzing & Alakangas, 2016; Karimi et al., 2021), y 2) Scielo (<https://scielo.org/es/>) es una red de 12 colecciones nacionales con una base de datos compartida que contiene más de 1,200 revistas, 530,000 artículos y aproximadamente 12 millones de citas. Por esta razón, creemos que Scielo brinda información integral sobre la ciencia latinoamericana y es ideal para analizar la productividad científica en esta región.

Para delimitar el área de conocimiento de interés se utiliza el indicador temático documental, que se basa en las referencias bibliográficas de los documentos publicados que contienen descriptores o palabras clave del tema de contenido

intelectual y que son dadas por expertos a partir de tesauros de términos, lo que permite estudiar la frecuencia del tema de mayor producción (Sanz Casado & Martín Moreno, 1997).

Con base en lo anterior, la búsqueda bibliográfica se realizó mediante el uso de los siguientes términos clave: 1) “innovación agrícola”, 2) “innovación ganadera” y 3) “cambio tecnológico agropecuario”, dentro del título, resumen y palabras clave, así como el registro de éstos en idioma inglés. La ecuación de búsqueda finalmente utilizada fue:

TS= (TITLE-ABS-KEY (“innovación agrícola”) OR TITLE-ABS-KEY (“innovación ganadera”) OR TITLE-ABS-KEY (“cambio tecnológico agropecuario”) OR TITLE-ABS-KEY (“agricultural innovation”) OR TITLE-ABS-KEY (“Livestock innovation”) OR TITLE-ABS-KEY (“Agricultural technological change”)).

El Cuadro 1 muestra los criterios de inclusión y exclusión de los trabajos analizados. Figueroa Rodríguez et al. (2019) mencionan que los estudios de innovación tuvieron una tendencia ascendente desde 2001, por lo que se seleccionó el período 2003-2022 con el fin de analizar las investigaciones más recientes, y además tener un panorama amplio para evaluar su evolución. Se consideraron aquellos trabajos que fueron clasificados como artículos científicos y revisiones; además, se seleccionaron sólo aquellos trabajos dentro del área de ciencias agrícolas y biológicas, con el fin de reducir un sesgo de medición entre las diferentes áreas (Koutsos, Menexes y Dordas, 2019).

Cuadro 1. Criterios de selección.

Criterios de selección	Scopus (n)	Scielo (n)
Selección inicial por criterio de búsqueda	1,270	73
Criterios de exclusión		
Publicaciones no comprendidas en el periodo 2003-2022	179	1
No estar en la categoría artículo científico o revisión	229	1
No pertenecer al área de ciencias agrícolas y biológicas	356	30
No contar con palabras clave	85	0

2.2.4.2 Indicadores y visualización de resultados

Los resultados se exportaron en formato CSV y luego se importaron a una base de datos en Microsoft Excel para su limpieza y normalización, lo que se hizo de forma manual. Para la exportación se seleccionaron las siguientes variables de selección: 1) autor(es), 2) título de documento, 3) afiliaciones, 4) revista, 5) idioma, 6) resumen, 7) palabras clave de autor, y 8) tipo de acceso. Esta base de datos fue analizada con la herramienta VOSviewer que permite la creación de mapas basados en datos de red. Estos se pueden crear en términos de investigadores, revistas científicas, organizaciones, países o palabras clave, y los datos se pueden analizar por coautoría, co-ocurrencia, citación o enlaces de co-citación (Van Eck y Waltman, 2010). Se construyeron e interpretaron indicadores de cantidad, calidad y colaboración e identificación de líneas de investigación que se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Indicadores analizados.

Indicadores	Descripción
Indicadores de cantidad	
Cantidad de documentos	Número de artículos publicados por año en las bases de datos analizadas
Instituciones participantes	Número de instituciones que publican respecto al tema
Países que publican	Países que publican sobre el tema en cuestión
Autores por publicación	Número de participantes por investigación publicada
Indicadores de calidad y colaboración	
Revistas mejor posicionadas	Número de publicaciones por revistas en el periodo estudiado, número de citas e índice h
Países mejor posicionados	Países que publican sobre el tema en cuestión, número de colaboraciones con otros países y total de publicaciones
Autores mejor posicionados	Número de publicaciones, total de citas e índice h
Identificación de líneas de investigación	
Temas centrales	Temas crecientes, decrecientes y emergentes

Fuente: Elaboración propia (2022)

El índice h considera tanto el número de artículos como el número de citas que éstos reciben (Hirsch, 2005). Este índice es una notable contribución para medir la productividad de un científico. Por su naturaleza, es igualmente aplicable a una revista, e incluso a una institución (Vieira & Gomes, 2010). Este consiste en ordenar las obras del autor en orden descendente, con base en las citas obtenidas en cada obra. Cuando el rango (posición en la lista) supera o iguala al valor de la citación, se obtiene el índice h. Esto significa que el autor tiene h trabajos con al menos h citas, o sea: un autor tiene un índice “h” si tiene “h” trabajos que han sido citados al menos “h” veces. Para el cálculo de este indicador solo se han tenido en cuenta los trabajos de las bases de datos analizadas.

El análisis de conglomerados se realizó con el software VOSviewer, utilizando la técnica de emparejamiento bibliométrico, basada en el análisis de coincidencias de términos, que permite describir la investigación con más detalle, creando un mapeo de relaciones entre varios términos y su asociación en grupos temáticos. Esta técnica utiliza la minería de datos para identificar palabras en el texto con la herramienta de co-palabras, lo que implica que sus unidades de análisis pueden ser cualquier palabra tomada del título, resumen o palabras clave. El grado de asociación entre dos palabras en la red es proporcional a la coincidencia de esas dos palabras en el conjunto de documentos (Ortega-Priego & Aguillo, 2006). En este sentido, el software es capaz de formar clústeres que se ven como una serie de nodos estrechamente conectados, donde cada uno se integra a una red.

Se generó una red utilizando como variable el país de cada autor involucrado. De esta manera, un documento colaborativo producidos por investigadores de instituciones de dos o más países establecen vínculos entre estos países, para ellos se utilizaron los indicadores creados por Belli y Balta (2019) que definieron la fuerza de vínculo como el número de veces que se produce este enlazamiento entre dos países o autores gracias a las diferentes publicaciones, por lo que la suma total de la fuerza de vínculo que tiene un país o autor con otros se conoce como fuerza de enlace global (FGE).

2.2.5 Resultados y discusión

2.2.5.1 Indicadores de cantidad

Se encontraron 462 documentos relacionados con la innovación o cambio tecnológico en el área agrícola después de superar los criterios de exclusión, los trabajos publicados en Scielo representaron solo el 8.87% y el restante proviene de la base de datos de Scopus. Su distribución en el tiempo y tipo de documento se muestra en la Figura 2, donde se identifica que en la última década se ha desarrollado de manera considerable los trabajos relacionados con este tema, alcanzando su mayor productividad en los últimos cinco años (235 documentos ~50.87%), con una media para este período de 47 publicaciones al año, datos similares fueron reportados por Figueroa-Rodríguez et al. (2019), en su mapeo bibliométrico para los conceptos de “*innovación y productores*”.

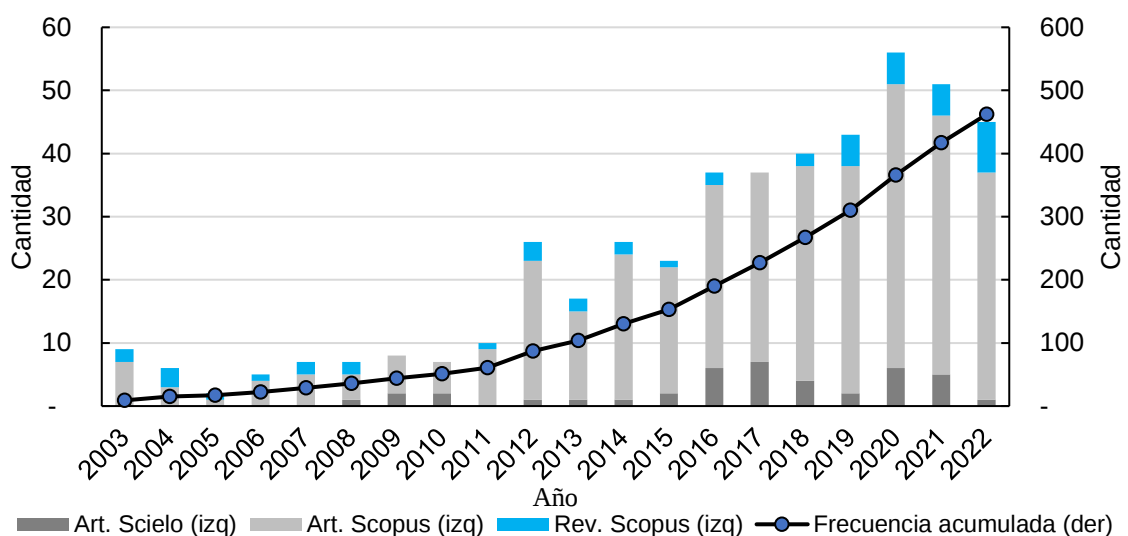


Figura 2. Evolución de documentos publicados sobre InAg.

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

El artículo científico fue el recurso de información más utilizado por los autores, representando el 89.83% de las publicaciones. Callon, Courtial, y Penan (1995) mencionan que los artículos científicos son la manifestación más elaborada de trabajo de escritura y de crítica colectiva, razón por la cual es el medio preferido de la publicación de resultados. Cabe mencionar que los primeros artículos

encontrados en la base de datos de Scielo fueron a partir del 2008. Por otra parte, las revisiones, aunque en menor medida, aportan el restante 10.17%, con un promedio de 2.35 publicaciones por año, siendo solo publicadas en Scopus.

De las publicaciones analizadas, 231 están bajo la modalidad de pago o suscripción y la misma cantidad en acceso abierto. Koutsos et al. (2019) reportaron que el 32.5% de los artículos en su investigación estaban disponibles como texto completo gratuito, en esta investigación el porcentaje fue mayor (50%) lo cual podría explicarse debido a que en el periodo 2019 a 2023 se publicaron el 55% de los artículos de acceso abierto, probablemente por la disponibilidad de tiempo con la que contaban tanto los autores como los revisores durante la pandemia por el coronavirus (SARS-CoV-2).

Wagner (2010) afirma que los artículos disponibles en acceso abierto son citados entre el 25% y el 250% más que los de suscripción. Para el área de agronomía y en específico para la búsqueda realizada de InAg este criterio se cumple en su totalidad debido a que los artículos de acceso abierto son los que recibieron un mayor número de citas (Cuadro 3). Por lo que el número de citaciones podría ser explicado por el *efecto Matthew* enunciado por Merton (1968), que consiste en un mayor reconocimiento de las contribuciones científicas realizadas por investigadores con amplia reputación, y la restricción de tal reconocimiento a científicos que no han dejado aún su marca. El artículo nombrado *Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment* cuenta con el mayor número de citas y dos de sus autores (Klerkx y Leeuwis) son pioneros y referentes en temas como innovación agrícola, sistemas agrícolas de innovación, entre otros (ver Romero Riaño, Arenas Díaz, Puyana Valdivieso, Montenegro Martínez, y Vera Merchán, 2019), cumpliéndose así dicho efecto.

Cuadro 3. Principales trabajos con mayor número de citas.

DOI	Autores	Número de citas	Acceso
-----	---------	-----------------	--------

10.1016/j.agry.2010.03.012	Klerkx L., Aarts N. y Leeuwis C.	441	Abierto
10.1080/14735903.2014.912493	Meijer S., Catacutan D., Ajayi O., Sileshi G. y Nieuwenhuis M.	340	Abierto
10.1016/j.landusepol.2004.10.001	Niroula G. y Thapa G.	247	Pago o suscripción
10.1016/j.foodpol.2007.10.001	Klerkx L. y Leeuwis C.	235	Pago o suscripción
10.1016/j.agry.2013.03.003	Kilelu C., Klerkx L. y Leeuwis C.	202	Pago o suscripción

Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus y Scielo (2022)

El idioma más utilizado en la escritura de los artículos fue el inglés, con 416 trabajos (90.04%), treinta en español, siete en francés, tres en árabe, dos en alemán, dos en portugués, y dos en chino. El predominio del idioma inglés en las investigaciones coincide con lo reportado por Cadavid Higueta, Awad, y Franco Cardona (2012); Maldonado Carrillo y Montesi (2018). Ante esta situación algunas revistas (Agronomía Colombiana, Cuadernos de Desarrollo Rural, Cultivos Tropicales y Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas) han decidido publicar sus artículos de forma bilingüe (inglés/español) para poder incrementar su visibilidad a nivel internacional.

En el proceso de investigación, las intervenciones institucionales y organizacionales juegan un papel fundamental en la ejecución y difusión del conocimiento (Hernández Montoya et al., 2020). Las principales instituciones en producción científica por adscripción del primer autor fueron: Universidad de Wageningen (Países Bajos), con 45 publicaciones, seguido por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (Cuba) con catorce publicaciones y, en tercer lugar, la Universidad de Reading (Reino Unido), con ocho publicaciones. Esto significa que más del 14% de las publicaciones de InAg se concentran en pocas instituciones principalmente europeas.

Hernández Montoya et al. (2020), mencionan que determinar el país de origen o sus colaboraciones, determinan la dirección de la investigación y sus posibles potenciales investigativos. Siendo así, se contabilizaron un total de 69 países participantes. La Figura 3 muestra los países en los que más se escriben sobre

InAg. Éstos fueron Países Bajos, Estados Unidos y Alemania aportando casi una cuarta parte de las publicaciones analizadas, lo cual está asociado directamente a que estos países cuentan con las mejores escuelas de agronomía a nivel mundial.

Al respecto. Soete (2008) considera que las investigaciones están congregadas en algunos países debido a un mayor grado de concentración y centralización del capital. Por otro lado, Lederma, Messina, Pienknagura y Rigolini (2014) confirman que la innovación es muy baja en las regiones subdesarrolladas, donde la mayoría de los países tienen menos probabilidades de difundir e introducir nuevos productos en el mercado en comparación con los países desarrollados. Esto se ve reflejado en la baja productividad por parte de los países Latinoamericanos con tan solo 23 publicaciones, dentro de los cuales Colombia y México ocupan los lugares número 15 y 17 respectivamente, aportando casi la mitad de éstas (47.8%).

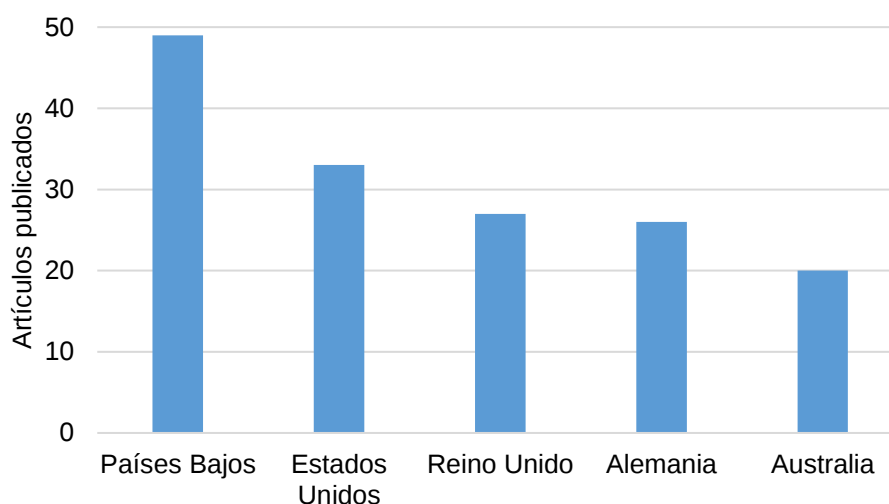


Figura 3. País de correspondencia del primer autor con mayores publicaciones sobre InAg.

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

2.2.5.2 Indicadores de calidad y colaboración

Pandiella-Dominique, García-Zorita y Sanz-Casado (2019) mencionan que la colaboración internacional en trabajos publicados en una revista es un aspecto

relevante a considerar en la evaluación, ya que indica el reconocimiento y aceptación fuera de su país de edición. Para este caso las investigaciones sobre InAg se han publicado en 152 revistas, siendo la base de Scopus la que aporta el mayor número de revistas (136). El ranking de revistas se realizó organizando en orden descendente el número de publicaciones y tomando en cuenta el índice h. Por lo que las revistas científicas en Latinoamérica no figuraron, debido a que no todas cuentan con los datos para calcular dicho indicador bibliométrico, lo que provoca una reducción de su visibilidad a nivel mundial (Romero-Torres et al., 2013).

En el Cuadro 4 se muestran las cinco principales revistas, las cuales abarcan temas sobre educación y extensión agrícola, uso de la tierra, formulación, implementación y evaluación de políticas para el sector agroalimentario, por mencionar algunos. La revista *Agricultural Systems* lidera a las revistas donde se ha publicado más sobre el tema de InAg con 55 publicaciones las cuales han recibido 2,762 citas y posee un índice h de 27. En segundo lugar, se encuentra *Journal of Agricultural Education and Extension* con el 7.8% de los trabajos. Cabe resaltar que la revista *International Journal of Agricultural Sustainability* posee el segundo lugar de acuerdo con el número de citas (774) lo que implica que por cada trabajo tiene en promedio 38 citas. Figueroa Rodríguez et al. (2019) reportaron resultados similares, demostrando la importancia de estas revistas para la publicación de resultados sobre InAg, gracias a que éstas pueden estar clasificadas dentro de revistas agrícolas, multidisciplinarias.

Cuadro 4. Principales revistas con publicaciones de InAg.

Revista	Publicaciones	%	Citas	%	Índice h
<i>Agricultural Systems</i>	55	11.9	2,762	28.93	27
<i>Journal of Agricultural Education and Extension</i>	36	7.79	606	6.35	15
<i>Outlook on Agriculture</i>	24	5.19	464	4.86	14
<i>Land Use Policy</i>	21	4.55	762	7.98	12
<i>International Journal of Agricultural Sustainability</i>	20	4.33	774	8.11	12

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

Hoy en día las publicaciones latinoamericanas dedicadas a la difusión de investigaciones originales, tienen poca visibilidad porque constituyen un universo poco conocido, debido a factores tales como: baja inversión en I+D, una escasa inversión privada en actividades científico-tecnológicas y una escasa presencia en servicios de información internacionales, regionales e incluso nacionales lo cual provoca un escaso reconocimiento por parte de la comunidad científica internacional, a pesar de la relevancia que puedan tener los artículos científicos que divulgan, (Chinchilla-Rodríguez et al., 2015; Ratto de Sala & Dellamea, 2001; Rodríguez Camacaro, 2019). Para la base de datos de Scielo las revistas con mayor número de publicaciones son la de *Cultivos Tropicales* con 15 publicaciones, seguida de *Pastos y Forrajes* con un promedio de citas menor a uno, ambas revistas son publicadas en Cuba y en tercer lugar la revista *Chilean journal of agricultural research* con 5 artículos y un promedio 1.25 citas por artículo.

El desarrollo de la ciencia está intimamente relacionado con la colaboración y la coautoría, los que representan mayores estándares de calidad de las publicaciones científicas (López López et al., 2011). En términos del índice de colaboración, la tasa de trabajos firmados por más de un autor fue 88.9%, superando el 80% reportado por Prpic (1996). El restante 11.1% están firmados por un solo autor. En la Figura 4 se muestra la distribución de los trabajos según el número de autores donde se observa que la mayoría de estos son firmados por tres autores.

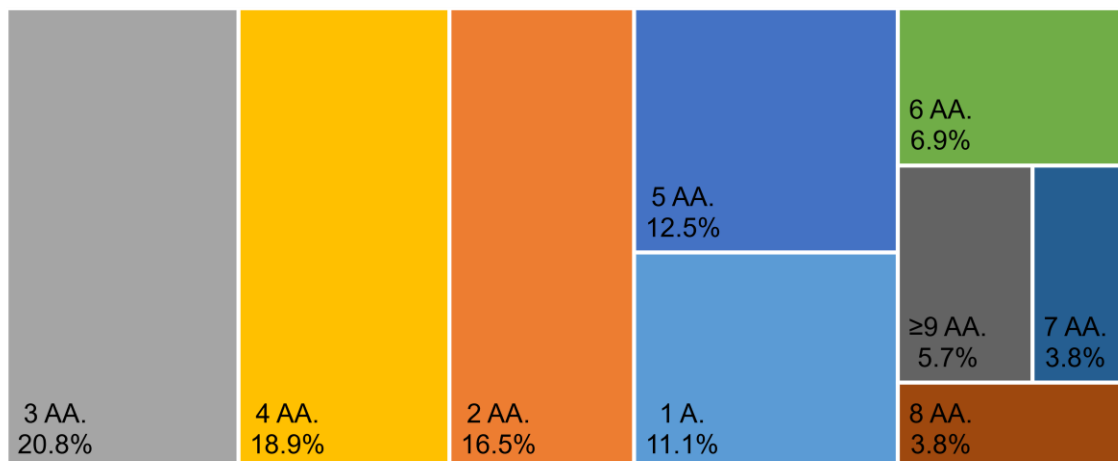


Figura 4. Distribución del número de autores por publicación.

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

Para el análisis de la red de coautorías se estableció un punto de corte ≥ 5 ; es decir, se seleccionaron exclusivamente aquellos autores que tuvieran por lo menos cinco artículos publicados citados más de una vez, obteniéndose un total de catorce investigadores (Figura 5). A simple vista, resulta evidente la conformación de cinco clústeres de autores, los cuales tienen relaciones de coautoría de 0 a 32 colaboraciones.

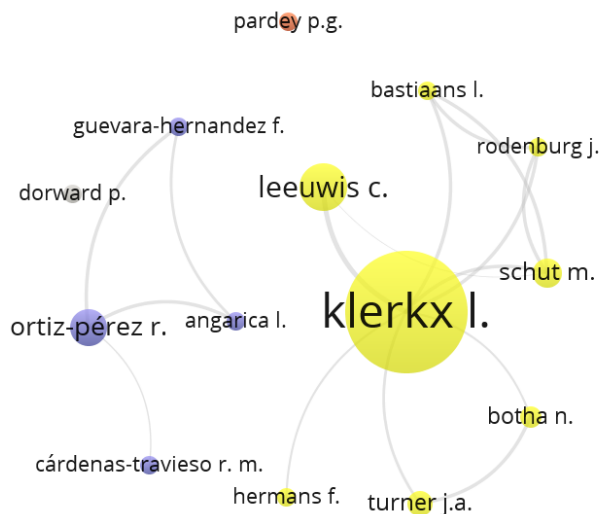


Figura 5. Diagrama de densidad de la red de coautoría.

El tamaño de los nodos representa el número de artículos y el grosor de la línea representa la fuerza de la colaboración en términos de cantidad de manuscritos.

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

El diagrama permite visualizar a los autores con mayor número de publicaciones (Países Bajos) y que, a su vez, trabajan colaborativamente, en la que se destaca la centralidad del Dr. Klerkx, L. en el primer clúster, el cual cuenta con 33 contribuciones con una FGE de 32 y su relación de colaboración más importante es con el investigador Leeuwis, C. lo cual los convierte en los principales referentes en búsqueda temática. El segundo clúster (conformado por cuatro autores) se podría explicar debido a la continuidad de los trabajos publicados en la revista *Cultivos Tropicales* del Proyecto de Innovación Agropecuaria Local (PIAL), el cual fue creado y liderado por el catedrático Ortiz-Pérez R., donde tiene diez trabajos publicados y doce de FGE. El tercer clúster está conformado por los investigadores de Nueva Zelanda Turner, J. A. y Botha N., con cinco contribuciones en colaboración. Por lo tanto, se puede determinar que las investigaciones desarrolladas en el área de InAg se trabajan en su mayoría en coautorías de forma organizada con grupos de investigación, sin importar la adscripción o lugar de procedencia.

Por lo tanto, la colaboración científica se ha convertido en un aspecto de gran importancia a nivel internacional y ayuda a la generación y transferencia de nuevos conocimientos. En el Cuadro 5, se pueden observar los 11 países que conforman dos grupos con el mayor número de colaboraciones (≥ 15). Siendo Países Bajos y Estados Unidos los líderes de estos grupos tanto en número de publicaciones (78 y 57, respectivamente) como en citas (3,824 y 1,208, respectivamente). Sin embargo, América Latina se encuentra alejada de los estándares de producción global, en especial de regiones como Norteamérica y Europa.

Cuadro 5. Grupos de emparejamiento bibliográfico por países.

Clúster	Países	Documentos	Número de citas	Promedio de citas por documento
I	Países Bajos	78	3824	49.03
	Alemania	38	598	15.74
	Australia	27	406	15.04
	Francia	21	213	10.14

	Nueva Zelanda	20	464	23.20
	Canadá	18	493	27.39
	Estados Unidos	57	1208	21.19
	Reino Unido	37	692	18.70
II	Kenia	25	462	18.48
	India	19	248	13.05
	Uganda	15	315	21.00

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

Por lo tanto, la dominancia del continente europeo podría deberse a las diversas investigaciones que se realizan en diferentes universidades como la de Wageningen (Países Bajos) y la de Bonn (Alemania). Por su parte Norteamérica concentra sus publicaciones en Estados Unidos (Universidad de California) y Canadá (Universidad McGill). Esta situación también podría explicarse debido a que las oficinas centrales de varias instituciones internacionales radican en Europa occidental y Norteamérica, (Pretty et al., 2010) lo que facilita la investigación y difusión de dichos trabajos.

Respecto a las colaboraciones existentes entre los países que lideran los grupos formados, tenemos a los Países Bajos con 86 colaboraciones con 33 países, Estados Unidos con 42 colaboraciones con 26 países (Cuadro 6). En ambos casos se destaca la colaboración con países del continente africano, debido a que el principal objetivo de las investigaciones desarrolladas en ese continente son la adopción de innovaciones técnicas para mejorar la producción de alimentos y así aportar a mejorar el nivel nutricional de sus habitantes.

Cuadro 6. Principales colaboraciones entre países en torno a la InAg.

País	Tipo de relación		Número de colaboraciones	Cantidad de países
Países Bajos	País colaborador	Benín	10	28
		Ruanda	8	
		Ghana	6	
		Otros	45	
	País en el que colaboró	Nueva Zelanda	7	5
		Alemania	4	
		Canadá	3	
		Otros	3	
Total		86	33	
Estados Unidos	País colaborador	Kenia	5	25
		India	4	
		Reino Unido	4	
		Otros	28	

País en el que colaboró	Sudáfrica	1	1
	Total	42	26

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

Para analizar la productividad de los autores se utilizó el número de trabajos, el cual es comúnmente empleado para establecer el núcleo de investigadores más activo e identificar aquellos con más publicaciones. En el Cuadro 7, se muestran los principales investigadores referentes al tema de InAg y su correspondiente índice h, marcando la productividad, el impacto acumulado y la relevancia de sus publicaciones.

Cuadro 7. Principales autores que escriben sobre InAg.

Autor	Índice h	Número de publicaciones	Citas	Base de datos
Klerkx L.	25	33	2,639	Scopus
Leeuwis C.	11	13	1,257	Scopus
Ortiz-Pérez R.	1	10	5	Scielo
Schut M.	8	8	396	Scopus
Turner J.	6	7	257	Scopus

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

Los valores de los índices h de los principales autores que publicaron en revistas de Scopus, poseen un índice igual o superior a seis, marcando diferencia entre autores, siendo el caso del Dr. Rodobaldo Ortiz-Pérez, que, a pesar de contar con diez publicaciones, su índice h es uno. Esto es influenciado directamente por la plataforma de investigación donde se publican los trabajos. Scopus cuenta con artículos a nivel mundial lo cual propicia una mayor visibilidad, mientras que Scielo se enfocan principalmente a países latinoamericanos y su nivel de consulta es menor.

Por otro lado, la Ley de Lotka (1926) indica que existe una distribución desigual debido a que la mayoría de los artículos se concentran en un pequeño subconjunto de autores altamente productivos, tal es el caso del doctor Laurens Klerkx, profesor de Innovación y Transición Agroalimentaria en el Grupo de Conocimiento, Tecnología e Innovación de la Universidad de Wageningen de Países Bajos. Mismo que cuenta con 33 publicaciones, 2,639 citas y un índice h 25. En este sentido, este autor puede ser considerado y seleccionado como un

En el Cuadro 8 se pueden observar el nombre asignado a cada línea de investigación tomando en cuenta los temas centrales de investigación de los cuales se derivaron, así como sus principales métodos de análisis.

Cuadro 8. Detalles del contenido de los grupos temáticos de co-ocurrencias.

Clúster	Línea de investigación central	Temas de investigación	Método de análisis
1. Rojo	Fomento a la innovación agrícola (14, 40%)	Instituciones de innovación Plataformas de innovación Intermediarios de innovación	Estudios de caso Estudios de caso Revisión/Discusión
		Redes de innovación/ difusión	Regresión / Estudio de caso
2. Azul	Adopción e impacto de las innovaciones agrícolas (11, 32%)	Análisis de aspectos críticos y claves para la adopción de innovaciones	Nivel de adopción /Estudio de caso
		Innovación y desarrollo revisiones y tendencias futuras	Revisión / discusión de conceptos y tendencias
3. Amarillo	Sistemas alimentarios sustentables (10, 28%)	Seguridad alimentaria, modelos actuales y su evolución	Revisión de programas de apoyo / Línea base vs línea final
		Análisis de la implementación de nuevas innovaciones	Análisis bibliométrico

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

Clúster 1: Fomento a la innovación agrícola

Fomentar la innovación agrícola incluye promover y apoyar el desarrollo y uso de nuevas tecnologías, métodos y enfoques en el sector agrícola para mejorar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción de alimentos. Además, es importante desarrollar la cooperación entre diferentes actores del sector, como agricultores, investigadores, empresas y gobiernos, para compartir conocimientos y experiencias, y desarrollar políticas y programas que fomenten la innovación agrícola.

Los trabajos en esta línea de investigación impulsan el desarrollo de los pequeños y medianos productores mediante incentivos intangibles (investigación, desarrollo de nuevas tecnologías y formación de recursos humanos certificados), y tangibles como asesoría técnica o módulos

demostrativos los cuales faciliten la integración de las cadenas agroalimentarias principalmente en países en vías de desarrollo. Debido a lo anterior la Organización de las Naciones Unidas (2009) menciona que el fomento de la innovación agrícola es un paso importante en la lucha contra la pobreza.

Hall, Bockett, Taylor, Sivamohan, y Clark (2001) mencionan que las alianzas en el fomento de la innovación son importantes, debido a los beneficios en el desempeño innovador derivado de las relaciones productivas entre las organizaciones que se dedican a la investigación formal y los que hacen uso de nuevos conocimientos en la producción agrícola. En algunas ocasiones el vínculo entre creador y el usuario no puede ser directo por distintos factores y es donde los gestores o intermediarios de la innovación pueden ayudar a aliviar varias de las limitaciones que han surgido tanto para la demanda como para la oferta de las innovaciones agrícolas, además que son un eslabón importante para la integración de la red de la transmisión de las innovaciones (Klerkx et al., 2009; Klerkx & Leeuwis, 2008).

Clúster 2: Adopción e impacto de las innovaciones agrícolas

La adopción y el impacto de las innovaciones agrícolas ha sido un tema central de la investigación agrícola en las últimas décadas. La agricultura enfrenta desafíos como el aumento de la demanda de alimentos, la escasez de recursos naturales y los efectos del cambio climático. En este contexto, la innovación agrícola juega un papel clave para promover la sostenibilidad, aumentar la productividad y garantizar la seguridad alimentaria.

La adopción de innovaciones implica el uso de tecnología que permita tener una mayor capacidad productiva y así incrementar la competitividad. (Pérez Guel et al., 2016), por lo que evaluar el impacto de dichas tecnologías es importante para las instituciones dedicadas a la investigación y desarrollo (I+D), ya que les permite demostrar la eficacia de los productos desarrollados y justificar las inversiones realizadas (Feinstein, 2012).

Cabe resaltar que en este clúster a diferencia del anterior está representado por grandes y medianos productores, en donde poder medir el impacto de la innovación agrícola es posible gracias a un manejo adecuado y a una capacitación y asesoría técnica constante, la cual regularmente es pagada por el mismo productor.

Sin embargo, para garantizar que todos los agricultores, especialmente los pequeños productores, compartan los beneficios de la innovación, es importante abordar los desafíos de la difusión, como la accesibilidad y la transferencia de innovaciones. En este sentido, facilitar la introducción efectiva de innovaciones para abordar los desafíos actuales y futuros de la agricultura, requiere la colaboración entre investigadores, gobiernos, organizaciones internacionales y la sociedad en general.

Clúster 3: Sistemas alimentarios sustentables

Este último grupo se caracteriza por ofrecer una respuesta integral y equilibrada a los retos actuales en la producción y consumo de alimentos. Promueven prácticas agrícolas sostenibles, el acceso equitativo a alimentos saludables, una alimentación consciente y el uso adecuado de los recursos naturales.

Además, este grupo se caracteriza por tener el menor número de trabajos esto debido a que los temas centrales son relativamente nuevos. A pesar de mantenerse la presencia de conceptos como adopción de tecnología, y prácticas agrícolas, se aprecia un cambio de tendencia en el establecimiento de un enfoque científico de este tema, el cual se está volviendo cada vez más específico, como desarrollo sostenible, intensificación sustentable y gobernanza. Lo anterior podría explicarse debido a que la mayoría de las investigaciones desarrolladas en los últimos años deben de estar enfocadas al pacto firmado por 193 países miembros de las Naciones Unidas -entre ellos México- donde se comprometieron a cumplir los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) estipulados en el pacto, de los

cuales, ocho están directamente relacionados con la agricultura (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

2.2.5.4 Evolución temática de los artículos publicados en Scielo y Scopus

La evolución de la estructura temática de los artículos sobre innovación agrícola publicados en las bases de datos Scielo y Scopus ha sufrido cambios significativos en los últimos años.

Se analizaron las palabras clave de acuerdo a su fuente. Es necesario recalcar que la producción científica sobre InAg en América Latina y el Caribe publicada en revistas de la plataforma de Scielo no es voluminosa, lo que conlleva a una baja densidad de la red de palabras clave, comparada con la base de Scopus, esto podría explicarse a la baja integración de los investigadores latinoamericanos con autores de otras regiones lo que ocasiona trabajos aislados los cuales tienden a enfocarse en problemas de orden local, los cuales podrían estar influenciadas por las condiciones políticas, sociales y medioambientales. En la Figura 7 se muestra un claro avance de los artículos publicados en las revistas que alberga la base de datos de Scopus comparadas con las de Scielo, donde se puede observar a simple vista un rezago aproximado de siete años de las investigaciones que se realizan en América Latina y el Caribe, en donde los sistemas de innovación en el estudio de las cadenas productivas y su entorno socioeconómico siguen siendo los temas de interés.

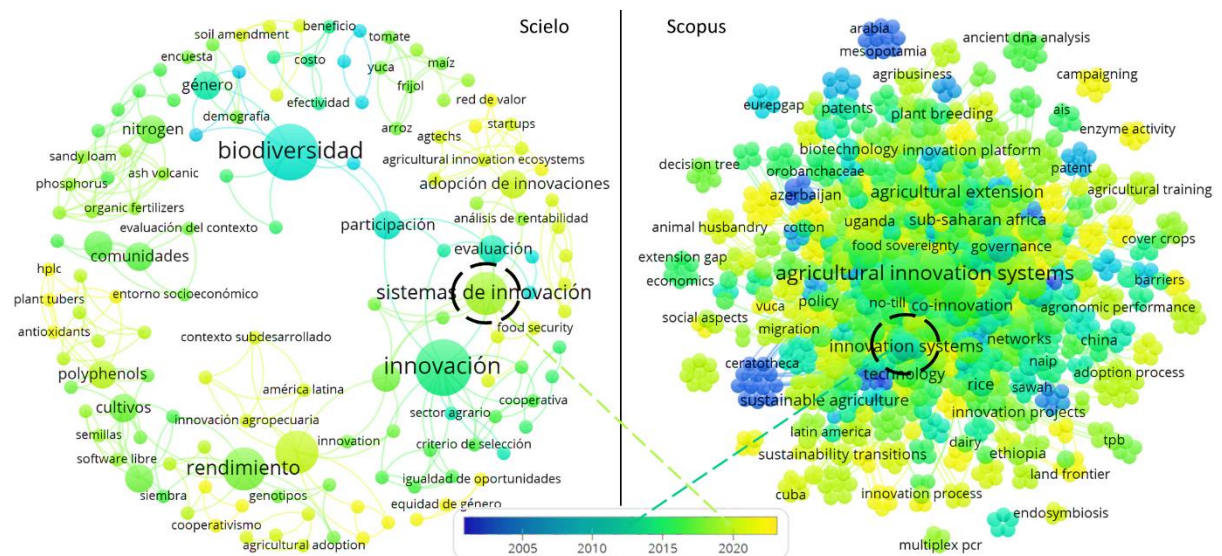


Figura 7. Red temática e impacto de los artículos publicados por Scielo y Scopus.

Fuente: Elaboración propia don datos de Scopus y Scielo (2022)

Estas tendencias temáticas reflejan la creciente importancia de la sostenibilidad, la tecnología y la adaptación al cambio climático en la investigación agrícola. Es importante destacar que la evolución temática puede variar con el tiempo y la región geográfica.

2.2.6 Conclusiones

El panorama actual de las investigaciones sobre InAg permite evidenciar como el desarrollo de la innovación agrícola se ha acelerado significativamente en los últimos años. Esto se refleja en el aumento constante de la cantidad de publicaciones científicas relacionadas con esta área en los últimos años. Esta tendencia está impulsada por la necesidad de abordar los desafíos globales en la agricultura, como la creciente demanda de alimentos, la escasez de recursos naturales, el impacto del cambio climático y la necesidad de promover la sostenibilidad y la seguridad alimentaria. Los resultados confirman que estos estudios seguirán siendo un tema de interés en los próximos años.

Uno de los principales hallazgos ha sido visualizar un claro dominio en el tema en dos regiones, Europa y América del Norte tanto en autores, revistas y artículos

científicos, con poca evidencias de participación de países latinoamericanos, a pesar de haber incluido la base de datos de Scielo, lo que representa una área de oportunidad para los autores latinoamericanos de divulgar sus publicaciones en revistas de mayor difusión, o hacer uso de redes sociales destinadas a la comunidad científica para potencializar la visibilidad de sus resultados a nivel internacional.

Por otro lado, los resultados obtenidos permiten visualizar los principales enfoques de investigación relacionados con la InAg, enfatizando en los últimos años la importancia de los sistemas alimentarios sustentables, donde el cuidado y manejo adecuado de los polinizadores será de suma importancia, ya que de ellos depende un tercio de la producción mundial de alimentos, por lo que se requiere una mayor documentación a través de estudios de caso que permitan observar el comportamiento de los actores involucrados, las relaciones que se tejen y el papel del estado en el proceso de InAg en la apicultura, para así poder crear una metodología que pueda ser replicada en diferentes partes del mundo guardando las lógicas propias de desarrollo de cada país.

2.2.7 Referencias Bibliográficas

- Aguilar Ávila, J., Rendón Medel, R., Muñoz Rodríguez, M., Altamirano Cárdenas, J. R., Santoyo Cortés, V. H., Muñoz Rodriguez, M., Altamirano Cárdenas, J. R., & Santoyo Cortés, V. H. (2011). Agencias para la gestión de la innovación en territorios rurales. En *Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas* (pp. 79–98).
- Albuquerque Llorens, F. (2008). Innovación, transferencia de conocimientos y desarrollo económico territorial: Una política pendiente. *Arbor*, 184(732), 687–700.
- Anandajayasekeram, P. (2011). The role of agricultural R&D within the agricultural innovation systems framework. En *Agricultural Science and Technology Innovation*.
- Anlló, G., Bisang, R., Berardi, V., Erbes, A., & Lilia, S. (2010). Los problemas de

- medir innovación en las actividades primarias: Dilema a resolver en los países de la región. En *El estado de la ciencia. Principales indicadores de la ciencia y tecnología Iberoamericanos/Interamericanos 2010* (pp. 83–105). Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).
- Arocena, R., & Sutz, J. (2003). *Subdesarrollo e innovación: navegando contra el viento*. Cambridge University Press.
- Asongu, J. J. (2007). Innovation as an Argument for Corporate Social Responsibility. *Journal of Business and Public Policy*, 1(3).
- Ávila Suárez, M., Bermello Navarrete, R., & Mesa Fleitas, M. E. (2012). Estudio bibliométrico de la Revista de Ciencias Médicas de La Habana en el período 2005-2009. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 23(4), 380–390.
- Belli, S., & Balta, J. (2019). Mapping of scientific publications between Latin America, the Caribbean, and the European Union. *America Latina Hoy*, 82, 7–41. <https://doi.org/10.14201/alh201982943>
- Boza Valle, J. A., Mendoza Vargas, E. Y., Manjarrez Fuentes, N. N., & Escobar Terán, H. E. (2018). Innovación tecnológica y competitividad empresarial con responsabilidad social: factores estratégicos en los emprendimientos de la provincia de los ríos, Ecuador. *Memorialia*, Noviembre, 163–174.
- Cadavid Higueta, L., Awad, G., & Franco Cardona, C. J. (2012). Análisis bibliométrico del campo modelado de difusión de innovaciones. *Estudios Gerenciales*, 28, 213–236. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2012.1486>
- Callon, M., Courtial, J. P., & Penan, H. (1995). *Cienciometría: El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Ediciones Trea, S.L.
- Capdevielle, M. (2002). El cambio tecnológico en la teoría microeconómica neoclásica. En L. Corona (Ed.), *Teorías económicas de la innovación tecnológica*. Instituto Politécnico Nacional, UNAM, CIECAS y Escuela Superior de Economía.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT]. (1993). *La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas*.

- Cheng, L. K., & Tao, Z. (1999). The impact of public policies on innovation and imitation: The role of R&D technology in growth models. *International Economic Review*, 40(1), 187–207.
- Chinchilla-Rodríguez, Z., Zacca-González, G., Vargas-Quesada, B., & Moya-Anegón, F. (2015). Latin american scientific output in public health: Combined analysis using bibliometric, socioeconomic and health indicators. *Scientometrics*, 102(1), 609–628. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1349-9>
- Costa, L. T., Fernandes, A. M., Ferreira, A. P. A. L., Saraiva, C. E. do A. B., & Perez, M. A. C. (2019). Gestión del conocimiento en el sector agrícola: Un análisis bibliométrico. *Revista Estudio & Debate*, 26(3), 56–68. <https://doi.org/10.22410/issn.1983-036x.v26i3a2019.2085>
- Cuevas Reyes, V., Astengo López, E., Loaiza Meza, A., Antengo Cazares, H., Reyes Jimenez, J. E., González Gonzáles, D., & Moreno Gallegos, T. (2016). Análisis de la percepción del uso de tecnología de productores pecuarios en Sinaloa , México . *Revista Electrónica Nova Scientia*, 8(1), 455–474.
- Cuevas Reyes, V., Baca del Moral, J., Cervantes Escoto, F., Espinosa García, J. A., Aguilar Ávila, J., & Loaiza Meza, A. (2013). Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa , Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias P*, 4(1), 31–46.
- Damián Huato, M. Á., Ramírez Valverde, B., Parra Insunza, F., Gil Muñoz, A., López Olguín, J. F., & Cruz León, A. (2009). Método para evaluar el empleo adecuado de tecnología entre los maiceros del estado de Tlaxcala. *Revista de geografía agrícola*, 43, 33–49.
- de Granda Orive, J. I. (2003). Algunas reflexiones y consideraciones sobre el factor de impacto. *Archivos de Bronconeumología*, 39(9), 409–417. [https://doi.org/10.1016/s0300-2896\(03\)75417-9](https://doi.org/10.1016/s0300-2896(03)75417-9)
- Feinstein, O. N. (2012). La institucionalización de la evaluación de políticas públicas en América Latina. *Presupuesto y Gasto Público*, 68, 41–52.
- Fernández Pérez, A. M., & León Rodríguez, M. D. (2006). Teoría evolucionista y sistemas de innovación : implicaciones institucionales y organizacionales de

- la innovación tecnológica y el desarrollo económico regional. *Boletín Económico de ICE*, 2876, 25–44.
- Figueroa-Rodríguez, K. A., Díaz-Sánchez, E. L., Figueroa-Sandoval, B., Sangerman-Jarquín, D. M., & Figueroa-Rodríguez, Ó. L. (2019). Innovation and producers: a bibliometric analysis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 379–391. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.1750>
- Frambach, R. T., & Schillewaert, N. (2002). Organizational innovation adoption: A multi-level framework of determinants and opportunities for future research. *Journal of Business Research*, 55, 163–176. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(00\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(00)00152-1)
- Galán, B. B. (1994). *Participación campesina para una agricultura sostenible en Países de América Latina*. FAO.
- Garfield, E. (1972). Citation Analysis as a Tool in Journal Evaluation. *Science*, 178, 471–479. <https://doi.org/10.1126/science.178.4060.471>
- Glover, D., Sumberg, J., Ton, G., Andersson, J., & Badstue, L. (2019). Rethinking technological change in smallholder agriculture. *Outlook on Agriculture*, 48(3), 169–180. <https://doi.org/10.1177/0030727019864978>
- Hall, A., Bockett, G., Taylor, S., Sivamohan, M. V. K., & Clark, N. (2001). Why research partnership really matter: Innovation theory, institutional arrangements and implications for developing new technology for the poor. *World Development*, 29(5), 783–797. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00004-3)
- Harzing, A. W., & Alakangas, S. (2016). Google Scholar, Scopus and the Web of Science: a longitudinal and cross-disciplinary comparison. *Scientometrics*, 106(2), 787–804. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1798-9>
- Hernández Montoya, L. E., Corpas Iguarán, E. J., & Castro Ríos, K. (2020). Vida útil en masas y productos derivados del maíz: estudio bibliométrico. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, 1–13. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02319>
- Herrera Tapia, F. (2013). Enfoques y políticas de desarrollo rural en México: Una revisión de su construcción institucional. *Gestión y Política Pública*, XXII(1),

131–159.

- Hirsch, J. . (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569–16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Hjørland, B. (2002). Domain analysis in information science: Eleven approaches - Traditional as well as innovative. *Journal of Documentation*, 58(4), 422–462. <https://doi.org/10.1108/00220410210431136>
- HPLE. (2016). Desarrollo agrícola sostenible para la seguridad alimentaria y la nutrición: ¿qué función desempeña la ganadería?. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. En *FAO Agricultural Development Economics Division* (Vol. 5).
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2017). *La innovación para el logro de una agricultura competitiva, sustentable e inclusiva*.
- Jaramillo, H., Lugones, G., & Salazar, M. (2001). *Manual de Bogota* (R. I. de I. de C. y T. (RICYT) / O. de E. A. (OEA) / P. CYTED (ed.)).
- Karimi, F., Green, D., Matous, P., Varvarigos, M., & Khalilpour, K. R. (2021). Network of networks: A bibliometric analysis. *Physica D*, 421, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2021.132889>
- Kebede, Y., Gunjal, K., & Coffin, G. (1990). Adoption of new technologies in Ethiopian agriculture: The case of Tegulet-Bulga district Shoa province. *Agricultural Economics*, 4(1), 27–43. [https://doi.org/10.1016/0169-5150\(90\)90018-V](https://doi.org/10.1016/0169-5150(90)90018-V)
- 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.agry.2010.03.012>
- Klerkx, L., Hall, A., & Leeuwis, C. (2009). Strengthening agricultural innovation capacity: Are innovation brokers the answer? *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 8(5–6), 409–438.

- Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2008). Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure: Experiences with innovation intermediaries. *Food Policy*, 33(3), 260–276. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2007.10.001>
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012a). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. En *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* (pp. 457–483). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_20
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012b). Farming systems research into the 21st century: The new dynamic. En I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions* (pp. 457–483). https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_20
- Köhler, H.-D., & González Begega, S. (2014). Elementos para un concepto sociológico de innovación. *Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 29, 67–88. <https://doi.org/10.5944/empiria.29.2014.12942>
- Koutsos, T. M., Menexes, G. C., & Dordas, C. A. (2019). An efficient framework for conducting systematic literature reviews in agricultural sciences. *Science of the Total Environment*, 682, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.354>
- Kumar, N., & Quisumbing, A. R. (2011). Access, adoption, and diffusion: Understanding the long-term impacts of improved vegetable and fish technologies in Bangladesh. *Journal of Development Effectiveness*, 3(2), 193–219. <https://doi.org/10.1080/19439342.2011.570452>
- Lederma, D., Messina, J., Pienknagura, S., & Rigolini, J. (2014). *El emprendimiento en América Latina: muchas empresas y poca innovación—Resumen*. Banco Mundial.
- León, A. M., Castellanos, O. F., & Vargas, F. A. (2006). Valoración, selección y pertinencia de herramientas de software utilizadas en vigilancia tecnológica. *Revista ingeniería e investigación*, 26, 92–102.
- León, M. de F., Baptista, M. V., & Contreras, H. (2012). La innovación social en

- el contexto de la responsabilidad social empresarial. *Fórum Empresarial*, 17(1), 31–63.
- López López, W., Silva, L. M., García-Cepero, M. C., Aguilar Bustamante, M. C., & Aguado López, E. (2011). Retos para la colaboración nacional e internacional en la psicología latinoamericana: un análisis del sistema RedALyC, 2005-2007. *Estudios de Psicología*, 16(1), 17–22.
- Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 16(12), 317–323.
- Lucas, R. E. (1988). World Development Report. *Journal of Monetary Economics*, 22(February), 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Lugones, G. (2008). Módulo de capacitación para la recolección y el análisis de indicadores de innovación. En *Redes* (Núm. 8).
- Maldonado Carrillo, J., & Montesi, M. (2018). Análisis bibliométrico comparativo de la actividad científica del CSIC y cuatro homólogos europeos: CNRS, HG, MPG Y CNR (2006-2015). *Revista General de Información y Documentación*, 28(1), 163–191. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5209/RGID.60807>
- Martínez, J. C., & Saín, G. (1983). *The economic returns to institutional innovations in national agricultural research; On-farm research in IDIAP (Instituto de Investigacion Agropecuaria de Panama) Panama*.
- Merton, R. K. (1968). The Matthew effect in science: the reward and communication systems of science are considered. *Science*, 159(3810), 56–63.
- Montero, C., & Morris, P. (1999). Territorio, competitividad sistémica y desarrollo endogeno. Metodología para el estudio de los sistemas regionales de innovación. En *Instituciones y actores del desarrollo territorial en el marco de la globalización*. (1a ed., pp. 320–374).
- Moreno-Ceja, F., Zumaya-Leal, M. del R., & Cortés-Vera, J. de J. (2011). Producción científica en el estado de Chihuahua, 1999-2008: análisis de las publicaciones registradas por el ISI Web of Knowledge. *Investigación Bibliotecológica*, 25(55), 201–225.

- Muñoz-Rodríguez, M., Altamirano-Cárdenas, J. R., Aguilar-Ávila, J., Rendón-Medel, R., & García-Espejel, A. (2007). *Innovación: motor de la competitividad agrícola*. Universidad Autónoma Chapingo–CIESTAAM/PIIAI.
- Muñoz Rodríguez, M., & Santoyo Cortés, V. H. (2010). Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural. En V. H. Santoyo Cortés (Ed.), *Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural* (1a ed., pp. 71–102).
- Ocampo Ledesma, J., Patlán Martínez, E., & Arellano Hernández, A. (2003). *Un debate abierto. Escuelas y corrientes sobre la tecnología* (M. I. Palacios Rangel (ed.); 1a ed.).
- OCDE. (2012). *Perspectivas ambientales de la OCDE 2050* (p. 8).
- Ojeda-Beltran, A. (2022). Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 9–18.
<https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.02>
- Organizacion de las Naciones Unidas. (2009). *Science and technology for development: Vol. A/64/150*.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: Vol. A/RES/70/1*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Desarrollo territorial, innovación y comunicación rural: Hacia un enfoque integrado en apoyo a la agricultura familiar. En *Foro Regional Latinoamericano sobre Desarrollo Territorial, Innovación y Comunicación Rural*.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos [OCDE]. (2013). *Manual de Frascati* (6a ed.).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], & Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas [EUROSTAT]. (2005). *Manual de Oslo Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (3a ed.). Tragsa.
- Ortega-Priego, J.-L., & Aguillo, I. F. (2006). Análisis de co-enlaces: una aproximación teórica. *El profesional de la información*, 15(4).

- Pandiella-Dominique, A., García-Zorita, C., & Sanz-Casado, E. (2019). Análisis de la internacionalización de la Revista Española de Documentación Científica: 2010-2015. *Revista Española de Documentación Científica*, 42(1), 1–15. <https://doi.org/10.3989/redc.2019.1.1594>
- Pérez, C. (1996). *Y Sistema Nacional De Innovación* (Núm. 31; Cuadernos de CENDES).
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Cepal*, 1, 44.
- Pérez Guel, R. O., Martínez Bautista, H., López Torres, B. J., & Rendón Medel, R. (2016). Estimación de la adopción de innovaciones en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 2909–2923.
- Pérez Pulido, M., & Terrón Torrado, M. (2004). La teoría de la difusión de la innovación y su aplicación al estudio de la adopción de recursos electrónicos por los investigadores en la Universidad de Extremadura. *Revista española de Documentación Científica*, 27(3), 308–329.
- Pisante, M., Stagnari, F., & Grant, C. A. (2012). Agricultural innovations for sustainable crop production intensification. *Italian Journal of Agronomy*, 7(4), 300–311.
- Preissing, J., Ardila, S., Buitron, J., & Fernández, C. (2014). Nuevas inversiones en extension para la agricultura familiar. En S. Salcedo & L. Guzmán (Eds.), *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política* (pp. 215–231). FAO.
- Pretty, J., Sutherland, W. J., Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., Bell, M., Bentley, J., Bickersteth, S., Brown, K., Burke, J., Campbell, H., Chen, K., Crowley, E., Crute, I., Dobbelaere, D., Edwards-Jones, G., Funes-Monzote, F., Godfray, H. C. J., Griffon, M., ... Pilgrim, S. (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8(4), 219–236. <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0534>
- Prpic, K. (1996). Scientific fields and eminent scientists productivity patterns and factors. *Scientometrics*, 37(3), 445–471.

- Ratto de Sala, M. C., & Dellamea, A. B. (2001). Difusión, acceso y visibilidad de publicaciones científicas seriadas de Iberoamérica. *El Sistema Latindex. Dominguezia*, 17(1), 7.
- Recio, M.-A., Yepes, N., & Moreno, F. (2017). Análisis bibliométrico de las publicaciones sobre síndrome metabólico en dos revistas biomédicas colombianas de alto impacto. *Salutem Scientia Spiritus*, 3(1), 12–21.
- Rincon Soto, I. B., Soledispa-Cañarte, B. J., Sumba-Bustamante, R. V., Burbano-Gómez, Z. C., & Jiménez-Granizo, F. P. (2023). Abordajes metodológicos y paradigmas en la investigación científica y tecnológica: Una revisión bibliométrica. *Revista Bibliotecas. Anales de Investigación*, 19(1), 1–11.
- Rodríguez Camacaro, J. E. (2019). Visibilidad de las publicaciones científicas: un modo de fortalecerlas. *Suma de Negocios*, 10(21), 63–69. <https://doi.org/10.14349/sumneg/2019.v10.n21.a8>
- Roe, T. (1983). Risks and Information: Farm Level Impediments to Transforming Traditional Agriculture. En J. J. Molnar & C. H. A. (Eds.), *Transferring Food Production Technology To Developing Nations* (p. 190).
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovation* (3a ed.).
- Romero-Riaño, E., Guerrero-Santander, C. D., & Martínez-Ardila, H. E. (2021). Agronomy research co-authorship networks in agricultural innovation systems. *Revista UIS Ingenierías*, 20(1), 161–176. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n1-2021015>
- Romero-Torres, M., Acosta-Moreno, L. A., & Tejada-Gomez, M.-A. (2013). Ranking de revistas científicas en Latinoamérica mediante el índice h: estudio de caso Colombia. *Revista Española de Documentación Científica*, 36(1), 1–13. <https://doi.org/10.3989/redc.2013.1.876>
- Romero Riaño, E., Arenas Díaz, P., Puyana Valdivieso, J. H., Montenegro Martínez, P. A., & Vera Merchán, A. C. (2019). La extensión agrícola como eje de desarrollo de la capacidad de colaboración al interior de sistemas de innovación agrícola: un enfoque de perfil de investigación. *Debates sobre innovación*, 3(1), 20.
- Rueda-Clausen Gómez, C. F., Villa-Roel Gutiérrez, C., & Rueda-Clausen Pinzón,

- C. E. (2005). Indicadores bibliométricos: origen, aplicación, contradicción y nuevas propuestas. *MedUNAB*, 8(1), 29–36.
- Ruiz-Corbella, M., López-Gómez, E., Arteaga-Martínez, B., & Galán, A. (2020). Visibilidad, impacto y transferencia del conocimiento en revistas científicas de educación: la experiencia de Aula Magna 2.0. *RELIEVE - Revista Electronica de Investigacion y Evaluacion Educativa*, 26(2), 1–20. <https://doi.org/10.7203/relieve.26.2.17616>
- Sanz Casado, E., & Martín Moreno, C. (1997). Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios. *Revista General de Información y Documentación*, 7(2), 41–68.
- Schumpeter, J. A. (1934). The theory of economic development. En *Leipzig: Drunker&Humblot* (Third).
- Schumpeter, J. A. (1939). Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process. En *Journal of Political Economy*. McGraw-Hill.
- Sira, E., & Ryszard, P. (2020). Management of agriculture innovations: Role in economic development. *Marketing and Management of Innovations*, 154–166. <https://doi.org/http://doi.org/10.21272/mmi.2020.2-11>
- Soete, L. (2008). *Science , Technology and Development : Emerging concepts and visions* (Núm. 17).
- Solano López, E., Castellanos Quintero, S. J., López Rodríguez del Rey, M. M., & Hernández Fernández, J. I. (2009). La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada. *Revista Científica Electrónica de las Ciencias Médicas de Cienfuegos*, 7(4), 59–62.
- Sonnino, A., & Ruane, J. (2013). La innovación en agricultura como herramientas de la seguridad alimentaria: el caso de las biotecnologías agrícolas. En E. Hodson de Jaramillo & T. Zamudio (Eds.), *Biotechnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia* (1a ed., pp. 25–52).
- Spielman, D. J., Ekboir, J., & Davis, K. (2009). The art and science of innovation systems inquiry: Applications to Sub-Saharan African agriculture. *Technology in Society*, 31(4), 399–405.

<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2009.10.004>

Van Eck, N., & Waltman, L. (2010). *Software survey: Vosviewer, a computer program for bibliometric mapping*. *Scientometrics*.

Vargas Canales, J. M., Palacios Rangel, M. I., Camacho Vera, J. H., Aguilar Ávila, J., & Ocampo Ledesma, J. G. (2017). Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), 827–840. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i4.622>

Vieira, E. S., & Gomes, J. A. N. F. (2010). A research impact indicator for institutions. *Journal of Informetrics*, 4, 581–590. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.06.006>

Wagner, A. Ben. (2010). Open access citation advantage: An annotated bibliography. *Issues in science and technology librarianship*, 60(2).

Wigboldus, S., Klerkx, L., Leeuwis, C., Schut, M., Muilerman, S., & Jochemsen, H. (2016). Systemic perspectives on scaling agricultural innovations . A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(46). <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0380-z>

Capítulo 3. Metodología de la investigación

En este capítulo proponemos la metodología que se debe de seguir para calcular el $InAI_{alt}$, utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) el cual estará definido a partir del propósito que cada individuo persiga en su unidad de producción

3.1 Usos y aplicaciones del método PAJ

A lo largo del tiempo, se ha utilizado el método de toma de decisiones multicriterio discreto, empleando principalmente el PAJ. Este método se ha utilizado para propósitos distintos, combinándolo de distintas maneras y con distintas ramas de estudio, de manera que se ha demostrado su gran versatilidad y capacidad de adaptación a contextos completamente diferentes unos de otros (Mazorra Aguiar, 2012). Se ha aplicado en diversas áreas y sectores, como la gestión empresarial, la toma de decisiones en proyectos, la evaluación de riesgos, la planificación estratégica, entre otros.

Debido a la extensa bibliografía existente sobre el uso del PAJ en la toma de decisiones, no es posible ofrecer un resumen detallado de la misma. Por ello, solo se mencionan algunos de los temas tratados en los últimos años.

- Selección de personal o proveedores (Parra-Calderón et al., 2019; Vásquez Bermúdez et al., 2019)
- Desempeño/calidad (Ramírez-Flórez et al., 2017; Tapiero et al., 2017)
- Agricultura (Arriaza & Gómez-Limón, 2011; Hernández-Zaragoza et al., 2019; Quiros Badilla et al., 2020)
- Ganadería (Perdigón Llanes & González Benítez, 2021; Vega Falcón et al., 2022)

El objetivo que buscan los trabajos mencionados anteriormente es reducir la brecha existente entre la teoría y la práctica. Debido a que en la actualidad no se puede tener una misma realidad para todos los sectores y regiones. Por lo que es necesario crear una solución óptima.

En este sentido, el PAJ combina a la perfección la base axiomática clásica de la teoría de la dominancia matemática (objetividad del método científico tradicional), con una excelente adaptabilidad al comportamiento real de los individuos y sistemas en la toma de decisiones (subjetividad conductual) (Moreno-Jiménez, 2002).

Por su parte Milanés Guisado et al. (2010) mencionan que la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación constituyen categorías que influyen en gran medida en el desarrollo científico, económico y social de cualquier país. Por lo cual, medir el impacto de la ciencia y la tecnología en beneficio de la sociedad es un campo en crecimiento para proponer nuevos indicadores y métodos que permitan conocer en qué medida la ciencia y la tecnología responde a los problemas sociales reales.

Saaty (1990) menciona que es importante proponer indicadores que permitan tomar decisiones para establecer prioridades de intervención en el área de estudio y así contribuir a la mejora de los procesos de innovación. Para ello recomienda utilizar el PAJ con el propósito de organizar la información relevante a un problema de decisión, descomponerla y analizarla por partes, para visualizar el impacto de un cambio de nivel y así poder concluir.

3.1.1 Indicador

Técnicamente, un índice se define como una función de una o más variables que, en conjunto, permite evaluar el desempeño de una característica o atributo de los individuos en estudio, en un periodo de tiempo determinado (DIPRES, 2020). La conjugación de variables y categorías facilitan el diseño y obtención de una innumerable variedad de indicadores, permitiendo así la exhaustividad de análisis.

3.1.2 Indicador compuesto

Para lograr lo anterior empecemos utilizando la definición de indicador compuesto propuesto por Schuschny & Soto, (2009) quienes lo definen como una representación simplificada que intenta generalizar un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional) basado en un modelo conceptual subyacente. Puede ser cuantitativo o cualitativo dependiendo de las necesidades del investigador. Para efectos de este documento se hará referencia a un índice compuesto, como un índice construido sobre la base de dos o más variables, en cuyo caso se miden características multidimensionales.

Además, mencionan que la construcción de un índice compuesto requiere de dos condiciones básicas: i) una definición clara del atributo a medir y ii) la existencia de información confiable para que se pueda realizar la medición. Estas condiciones son necesarias para poder considerar la posibilidad de construir un índice compuesto: el cumplimiento de la primera condición brindará soporte conceptual, mientras que la segunda le otorgará validez. Estas dos condiciones deben validarse antes de abordar los aspectos metodológicos de la construcción de dicho índice. Finalmente, para su construcción se debe de tener un objetivo claro por el cual se está creando. Donde la propiedad más importante atribuida a un indicador compuesto es la de combinar una gran cantidad de aspectos que pueden estar interrelacionados, en un solo valor (Schuschny & Soto, 2009).

3.2 Tipo de estudio

El enfoque de esta propuesta metodológica es de tipo cualitativo exploratorio debido a que su finalidad es examinar como las personas perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados, por lo que tiene la particularidad ser una pieza artesanal del conocimiento a la medida de las circunstancias y lograr obtener un índice o indicador compuesto que represente con claridad la situación actual de un sistema agropecuario. Esto quiere decir que sus procedimientos no

son estandarizados, por lo tanto, hacen a cada estudio único (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.3 Requerimientos técnicos

La finalidad de la investigación es generar una propuesta metodológica adecuada a las características particulares de cada sistema productivo y cada región. El diseño de investigación consta de seis fases la cuales se pueden observar en la Figura 8, las cuales se detallan a continuación:

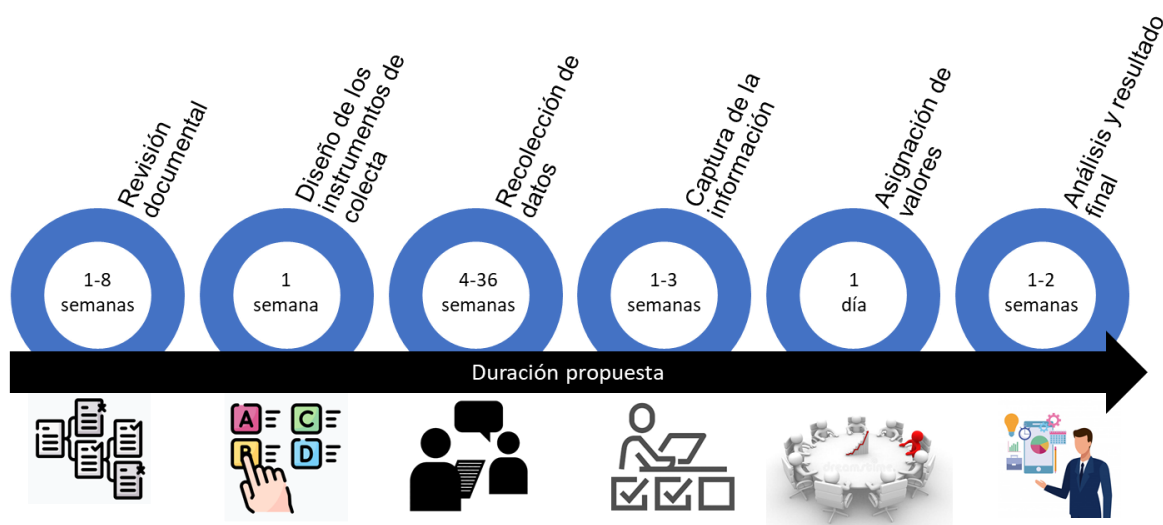


Figura 8. Fases de la metodología propuesta

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Primera fase: Revisión documental

La primera actividad a desarrollar es la identificación del sistema productivo que deseamos analizar, la región y las investigaciones que se han desarrollado en torno al tema y así poder detectar con mayor precisión las innovaciones que se han analizado.

3.3.2 Segunda fase: Diseño de los instrumentos de colecta

El instrumento de colecta es una encuesta semiestructurada, elaborada por los investigadores, basada en una revisión documental previa, se detallan datos del

productor, de la unidad de producción, datos técnicos, económicos y productivos relacionados con el sistema productivo analizado. Se usa este diseño porque otorga congruencia entre los manuales de buenas prácticas de los diferentes sistemas productivos en México y el método de recolección de datos. Ante la ausencia de los manuales de buenas prácticas se podría recurrir a los paneles de expertos (Sagarnaga Villegas et al., 2014) para crear y validar el instrumento de colecta.

3.3.3 Tercera fase: Recolección de datos

Antes de recolectar los datos debemos de tener nuestra población objetivo, ya sea que se realice un censo, o se obtenga una muestra probabilística o una muestra no probabilística o dirigida, recordemos que de acuerdo al tipo de muestra que seleccionemos será la robustez de nuestro estudio.

La primera fase cuantitativa en la que se lleva a cabo la recolección de datos y se identifican, los datos técnicos económicos y productivos teniendo un mayor enfoque a las principales innovaciones que forman parte de la propuesta metodológica.

3.3.4 Cuarta fase: Captura de la información

La información recabada durante la fase de campo deberá ser vertida en una hoja de cálculo, la cual posteriormente será analizada.

3.3.5 Quinta fase: Asignación de valores

Al no existir una metodología que permita seleccionar una técnica adecuada para medir la innovación en los diferentes sistemas agropecuarios, es pertinente consultar con expertos del ramo, mediante adaptación de los paneles de expertos (Sagarnaga Villegas et al., 2014), los cuales ayudan a obtener las innovaciones más relevantes para la región y sistema estudiado. Estas innovaciones se clasifican y ponderan según los criterios del PAJ mediante el desarrollo de un modelo que ayuda a organizar la información de forma gráfica (Saaty, 1990)

3.3.5.1 Panel de expertos

La técnica de paneles de expertos ha sido empleada en la agricultura, tanto para variables productivas (Lerdon et al., 2008), priorización de investigación, desarrollo y transferencia de innovación (Sanz Cañada et al., 2014), evaluaciones sensoriales (Gutiérrez G. & Barrera B., 2015) y validación de instrumentos de gestión (García Moreno et al., 2023) por mencionar algunos.

De acuerdo con Sagarnaga Villegas et al. (2014), los panelistas participantes en el panel deben de ser productores o asesores técnicos que reúnen las siguientes características:

- Tienen un profundo conocimiento y experiencia en el o los productos y actividades de interés.
- Tienen información histórica sobre parámetros técnicos.
- Muestran interés y voluntad de participar en la discusión de esta información durante el taller.

Los productores o asesores técnicos invitados a formar parte de los paneles deberán tener o asesorar unidades de producción de tamaño y sistemas de producción similares. Si los participantes tienen características diferentes, el grupo debe dividirse en dos paneles, siempre cada panel tenga al menos tres y máximo ocho productores.

3.3.5.2 Jerarquización

La estructuración jerárquica de las innovaciones evaluadas, constituyen la parte más importante de PAJ. En esta parte el grupo de expertos seleccionados deberán desglosar las innovaciones en sus partes más relevantes. La base de la jerarquía básica se compone de: metas u objetivos comunes, criterios y alternativas.

A continuación, se enumeran los pasos a seguir para realizar un modelo jerárquico (Figura 9):

- 1.- Determinación del problema (meta) y el tipo de conocimiento a adquirir.
- 2.- Estructuración del problema desglosándolo jerárquicamente en subproblemas (criterios y subcriterios), que deben ser resueltos para llegar a una solución satisfactoria. Las alternativas están en el nivel más bajo de esta jerarquía.
- 3.- Elaboración de matrices de comparación en las que se cargarán las valoraciones de los expertos, utilizando el método de comparación uno a uno con la escala del método propuesto.
- 4.- Finalmente, la síntesis de cada matriz y para obtener el modelo completo y así tener una prioridad global de cada criterio.

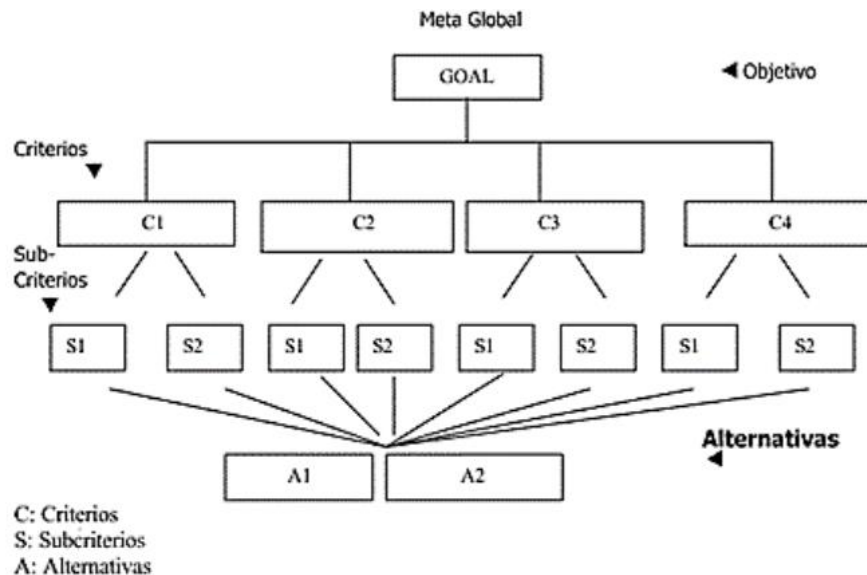


Figura 9. Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el PAJ
Fuente: Saaty (1990)

La identificación del problema es una situación que se desea resolver seleccionando una de las alternativas disponibles. Estas se evalúan entre sí mediante los criterios previamente seleccionados. La definición del objetivo está en un nivel independiente de otros elementos jerárquicos. Este objetivo lo determina el grupo de expertos, que representan las necesidades del sistema productivo estudiado; la identificación de criterios son los principales aspectos que deben influir en los objetivos y deben indicar las preferencias de los involucrados en el proceso de toma de decisiones. La identificación del problema es una situación que se desea resolver eligiendo o priorizando una de las

alternativas disponibles. Estas se evalúan entre sí de acuerdo con los criterios seleccionados (Avila, 2000).

Además, los elementos del problema se analizan de forma independiente mediante comparaciones por pares. Es responsabilidad de los expertos emitir los juicios por los cuales se realizan este tipo de comparaciones. Los pasos para evaluar los elementos del modelo son: el establecimiento de las prioridades, la emisión de juicios y las evaluaciones. Después de definir el modelo jerárquico, la fase de priorización determina el peso relativo de cada una de sus partes. A la hora de emitir juicios y evaluaciones, el grupo de expertos pueden verse influidos por la información técnica, la experiencia y los conocimientos particulares con los que cuenten.

Para el desarrollo de este modelo el PAJ permite establecer comparaciones binarias basadas en factores tanto cuantitativos (aspectos tangibles) como cualitativos (aspectos no tangibles). Estas comparaciones ponderan los criterios y las alternativas de acuerdo a su importancia, para lo cual, se utiliza la escala de comparación pareada de Saaty, que ayuda a expresar los juicios del grupo decisor (Cuadro 9).

Cuadro 9. Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Ambos elementos son de igual importancia	Ambos elementos contribuyen con la propiedad de igual forma
3	Moderada importancia de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio favorece a un elemento sobre otro
5	Fuerte importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente favorecido
7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es muy fuertemente dominante
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido, por lo menos con un orden de magnitud de diferencia
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Usados como valores de consenso entre dos juicios
Incrementos de 0.1	Valores intermedios en la graduación más fina de 0.1 (Por ejemplo 5.2	Usados para graduaciones más finas de los juicios

es una entrada válida)

Fuente: Saaty (1990)

El paso de la emisión de juicios en comparaciones pareadas, refleja la importancia relativa para el decisor de los elementos que dependen de un nodo de la jerarquía, con respecto al nodo del que dependen. El resultado que se obtiene, es una serie de matrices de comparaciones pareadas que reflejan las preferencias de cada elemento (Zamudio Sánchez & Núñez Vera, 2011).

Un ejemplo sencillo de una matriz de comparación se muestra en el Cuadro 10, en el que se comparan tres criterios entre sí. En una comparación directa de los criterios C1 y C3, por ejemplo, el criterio C1 ha sido considerado fuertemente más importante que el C3, por lo que se le asignó el valor de “5” a la posición correspondiente en la matriz. De lo contrario, si el criterio C1 se hubiese considerado fuertemente menos importante que el criterio C3, el valor correspondiente en la posición de la matriz sería de 1/5 o 0.2.

Cuadro 10. Ejemplo de matriz de comparación por pares

Criterio	C1	C2	C3
C1	1	4	5
C2	0.25	1	0.5
C3	0.2	2	1

Fuente: Elaboración propia

El proceso se continúa hasta que se completen todas las comparaciones de los componentes del modelo (criterios y alternativas). Cuando se han realizado todas las comparaciones, se obtiene un resultado final donde se deben de ordenar todas las opciones por prioridad.

3.3.5.3 Verificación de la consistencia de llenado (Razón de Consistencia)

Según Saaty (1990), para asegurar una toma de decisiones objetiva, las preferencias del grupo de expertos en la comparación pareada deben ser lo más consistentes posible, es decir, las diferencias entre ellos deben ser lo más pequeñas posibles. Sin embargo, la coincidencia perfecta es muy difícil de lograr,

por lo que puede haber algunas inconsistencias en cualquier conjunto de comparaciones por pares.

La razón de consistencia (RC), también conocida como "consistency ratio" en inglés, es una medida utilizada en algunas metodologías de toma de decisiones multicriterio, como el método de análisis jerárquico, para evaluar la consistencia de las preferencias de un grupo de expertos.

En el contexto del PAJ, el objetivo es determinar las prioridades relativas de diferentes criterios y alternativas. Los expertos asignan valores numéricos a las relaciones de importancia relativa entre los criterios y las alternativas, y estas asignaciones se utilizan para construir matrices de comparación. La RC se utiliza para verificar si las comparaciones realizadas por los expertos son consistentes o si hay una falta de coherencia en sus juicios.

La RC se calcula comparando la consistencia observada en las comparaciones de los expertos con la consistencia esperada. La consistencia esperada se basa en la propiedad de transitividad, que establece que, si una alternativa A es considerada más preferible que una alternativa B, y B es más preferible que una alternativa C, entonces A debe ser más preferible que C.

El cálculo de la RC implica la comparación de los valores propios de la matriz de comparación con un valor propio promedio. Cuanto más cercano sea el valor propio promedio a los valores propios de la matriz, mayor será la consistencia y menor será la RC. Por el contrario, si la RC es mayor que un umbral predefinido (generalmente 0.1), indica una falta de consistencia en las comparaciones de los expertos.

La razón de consistencia ayuda a identificar y cuantificar el nivel de inconsistencia en las comparaciones de los expertos. Si la RC supera el umbral establecido, se requiere una revisión y ajuste de las comparaciones para mejorar la consistencia.

Es importante tener en cuenta que la razón de consistencia es una medida específica del método PAJ y no se aplica a todas las metodologías de toma de decisiones multicriterio para su cálculo se recomienda seguir el procedimiento descrito en Zamudio Sánchez & Núñez Vera (2011, p. 220).

3.3.5.4 Cálculo de los pesos de cada atributo o alternativa

De acuerdo con Saaty (1990), una vez que se ha verificado la consistencia de las asignaciones en las matrices de comparación utilizando la RC, el siguiente paso es calcular los pesos de cada atributo o alternativa. Esto se realiza utilizando el eigen vector asociado al eigen valor máximo de cada matriz de comparación.

En el contexto del PAJ, las matrices de comparación se utilizan para capturar las preferencias relativas de los expertos. Cada matriz representa la comparación de importancia entre elementos, como criterios o alternativas, en relación con un nivel superior de la jerarquía.

Una vez que se ha determinado que las comparaciones son consistentes, se calcula el eigen vector correspondiente al eigen valor máximo de cada matriz de comparación. El eigen vector proporciona los pesos relativos de los elementos en la matriz y se interpreta como la importancia relativa de cada elemento.

Los eigen vectores se normalizan para asegurar que sumen 1, lo que permite interpretarlos como pesos. Los elementos con valores de eigen vector más altos se consideran más importantes o tienen mayor peso en el contexto del problema en cuestión.

Este proceso se repite para cada matriz de comparación en la jerarquía hasta obtener los pesos finales de cada atributo o alternativa en el nivel más bajo de la jerarquía. Estos pesos se utilizan luego para la toma de decisiones y análisis de las diferentes opciones o criterios considerados.

3.3.6 Sexta fase: Análisis y resultado final

Cuando se han realizado todas las comparaciones, se obtiene un resultado final consensuado. Este resultado se basa en la priorización, emisión de juicios y evaluación mediante las comparaciones de los componentes del modelo jerárquico, realizado por expertos. Un aspecto de se debe de tener en cuenta es que el resultado obtenido debe de ser congruente con las prioridades expresadas por el grupo de expertos, ya que esto tiene un impacto negativo directo en la calidad de la decisión final.

Las ventajas de utilizar la técnica del PAJ son descritas por Beynon (2002) quien afirma que existen al menos 3:

- 1.- Se permiten evaluaciones cuando existen factores de orden cualitativo.
- 2.- Se obtiene pesos asignados a cada uno de los elementos utilizados como criterio de decisión.
- 3.- El uso de computadoras permite un análisis de sensibilidad en los resultados.

Los resultados obtenidos serán las principales actividades a desarrollar en el sistema agropecuario estudiado para conseguir el objetivo propuesto. Por lo que esta metodología podría ser aplicada a diferentes sistemas productivos y regiones, la cual, podría tener variantes entre el mismo sistema productivo, provocado principalmente por el medio ambiente en el que se desarrolla la actividad. Por lo que se recomienda estructurar en forma de diagrama de flujo, las etapas generales se pueden concretar en una serie de pasos, para poder llevar a cabo dicha metodología (Figura 10)

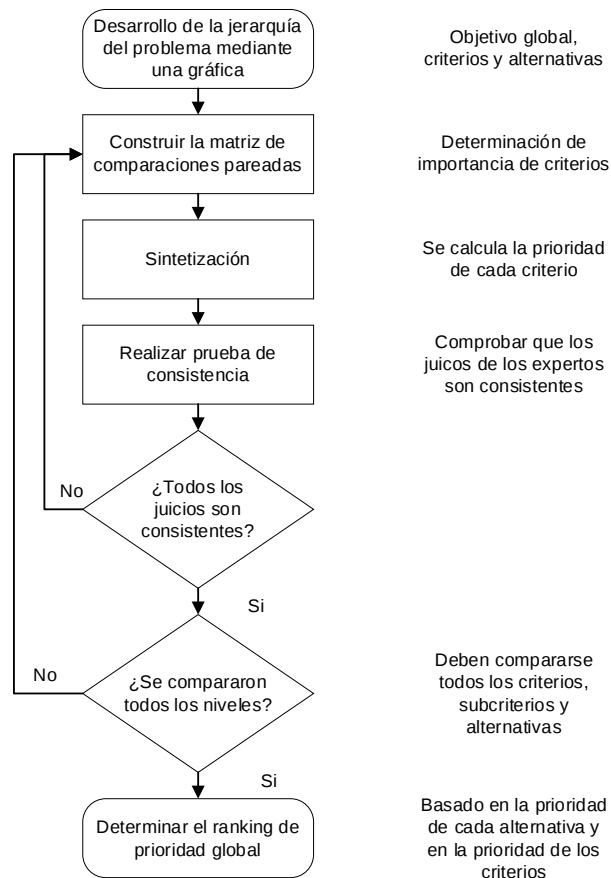


Figura 10. Diagrama de flujo de la metodología PAJ

Fuente: Ho et al. (2006)

3.4 Referencias Bibliográficas

- Arriaza, M., & Gómez-Limón, J. A. (2011). Valoración social del carácter multifuncional de la agricultura andaluza. *ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria*, 107(2), 102–125.
- Avila, R. (2000). *El AHP (Proceso analítico jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras : el caso de Brasil* (O. de las N. U. para la A. y la A. (FAO) (ed.)).
- Beynon, M. (2002). DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 140(1), 148–164. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00230-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00230-2)
- DIPRES. (2020). *Definiciones estratégicas e indicadores de desempeño 2021* (Vol. 1).

- García Moreno, E., Martínez Prats, G., & Mapén-Franco, F. de J. (2023). Validez de contenido del instrumento de gestión ambiental por juicio de expertos. *Revista Perspectiva Empresarial*, 9(2), 55–68. <https://doi.org/10.16967/23898186.794>
- Gutiérrez G., N., & Barrera B., O. M. (2015). Selección y entrenamiento de un panel en análisis sensorial de café *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 77–87. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.15>
- Hernández-Zaragoza, P., Valdez-Lazalde, J. R., Aldrete, A., & Martínez-Trinidad, T. (2019). Evaluación multicriterio y multiobjetivo para optimizar la selección de áreas para establecer plantaciones forestales. *Madera y Bosques*, 25(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521819>
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. En *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.
- Ho, W., Dey, P. K., & Higson, H. E. (2006). Multiple criteria decision-making techniques in higher education. *International Journal of Educational Management*, 20(5), 319–337. <https://doi.org/10.1108/09513540610676403>
- Lerdon, J., Báez, A., & Azócar, G. (2008). Relación entre variables sociales, productivas y económicas en 16 predios campesinos lecheros de la provincia de Valdivia, Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40, 179–185. <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2008000200010>
- Mazorra Aguiar, J. (2012). *Herramientas Multicriterio para la selección de proyectos con alto impacto en el Desarrollo Humano*.
- Milanés Guisado, Y., Solís Cabrera, F. M., & Navarrete Cortés, J. (2010). Aproximaciones a la evaluación del impacto social de la ciencia, la tecnología y la innovación. *Acimed*, 21(2), 161–183.
- Moreno-Jiménez, J. M. (2002). El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, 1, 28–77.
- Parra-Calderón, C. A., Osorio-Gómez, J. C., & Escandón-López, J. C. (2019). Metodología multicriterio para la selección de proveedores bajo

- consideraciones de riesgo. *Scientia et Technica Año XXIV*, 24(02), 07.
- Perdigón Llanes, R., & González Benítez, N. (2021). Comparación y selección de técnicas de inteligencia artificial para pronosticar las producciones de leche bovina. *Revista cubana de ciencias informáticas*, 15(2), 24–43.
- Quiros Badilla, D. F., Solórzano Thompson, J., & Paniagua Molina, J. (2020). Factores de riesgo operacional en agricultura: evaluación por medio del método de Proceso Jerárquico Analítico (AHP). Estudio de caso en el cultivo de café. *e-Agronegocios*, 6(2), 19–38. <https://doi.org/10.18845/ea.v6i2.5213>
- Ramírez-Flórez, G., Tabares-Urrea, N., & Osorio-Gómez, J. C. (2017). AHP difuso para evaluar el desempeño de proveedores 3PL considerando el riesgo. *Revista Facultad de Ingeniería*, 26(45), 165–172. <https://doi.org/10.19053/01211129.v26.n45.2017.6424>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Sagarnaga Villegas, L. M., Salas González, J. M., & Aguilar-Ávila, J. (2014). *Ingresos y Costos de Producción 2013. Unidades Representativas de Producción. Trópico Húmedo y Mesa Central-Paneles de Productores* (1a ed.). Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM.
- Sanz Cañada, J., Sánchez Escobar, F., Hervás Fernández, I., & Coq Huelva, D. (2014). Investigación, innovación y transferencia en el sector del aceite de oliva en España. Un análisis mediante paneles presenciales de expertos. *Olivae*, 120(December), 31–48.
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. En *Cepal*.
- Tapiero, S. O., Barrios, D. T., & Guzman, N. G. (2017). Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) to define the best cup in the evaluation of special coffees. *Coffee Science*, 12(3), 374–380. <https://doi.org/10.25186/cs.v12i3.1301>
- Vásquez Bermúdez, M., Hidalgo Larrea, J., Avilés Vera, M., & Suárez Jaramillo, A. (2019). Análisis AHP de proveedores de servicio de cloud computing para

organizaciones de educación superior en el Ecuador. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7(14), 151–162.
<https://doi.org/10.36825/riti.07.14.013>

Vega Falcón, V., Leyva Vázquez, M. Y., & Sánchez Martínez, B. (2022). Análisis FODA-PAJ: Una alternativa esencial para realizar el estudio de la empresa avícola Matanzas. *Universidad y Sociedad*, 14(S5), 34–46.

Zamudio Sánchez, F. J., & Núñez Vera, M. A. (2011). *Género, inequidad y medición*. Universidad Autónoma Chapingo.

Capítulo 4. Modelo alternativo para medir la adopción de innovaciones: aplicación en el sistema apícola poblano

4.1 Resumen

Este trabajo tiene como objetivo adaptar una herramienta metodológica capaz de mejorar la forma de obtener el Índice de Adopción de Innovaciones en el sistema apícola poblano. Se diseñó y aplicó un cuestionario a una muestra de 62 unidades de producción de donde se obtuvo información sobre el uso de innovaciones de manejo, genética, alimentación y sanidad, de la cual se definieron 32 variables originales y siete índices de innovación. Para lo cual se rediseñó y adaptó InAI utilizando el proceso analítico jerárquico, lo que facilitó la identificación de las innovaciones que contribuyen a mejorar la productividad de miel. Los resultados muestran que las innovaciones que más contribuyen a la producción son las contenidas en las categorías de ubicación del apiario y sanidad. Por otro lado, la evaluación del INAI_{alt}, mostró ser una alternativa pertinente para la explicación del comportamiento del rendimiento por colmena, además de mostrar los porcentajes de aportación específicos sobre las innovaciones evaluadas, con lo cual se pueden calcular estimaciones más precisas y consistentes con los rendimientos esperados de la región.

Palabras clave: Apicultura; Proceso Analítico Jerárquico (PAJ); Rendimiento por colmena; Modelo de regresión lineal múltiple

**Alternative model to obtain the innovation adoption index using the
analytical hierarchical process: application to the beekeeping system in
Puebla.**

4.2 Abstract.

The objective of this work is to adapt a methodological tool capable of improving the way of obtaining the Innovation Adoption Index in the beekeeping system of Puebla. A questionnaire was designed and applied to a sample of 62 production units from which information was obtained on the use of innovations in management, genetics, feeding and health, from which 32 original variables and seven innovation indexes were defined. InAI was redesigned and adapted using the hierarchical analytical process, which facilitated the identification of innovations that contribute to improving honey productivity. The results show that the innovations that contribute most to production are those contained in the categories of apiary location and health. On the other hand, the INAIalt evaluation proved to be a pertinent alternative for explaining the behavior of the yield per hive, in addition to showing the specific contribution percentages of the innovations evaluated, with which more precise estimates can be calculated that are consistent with the expected yields of the region.

Keywords: Apiculture; Analytical Hierarchical Process (AHP); Yield per hive; Multiple linear regression model

4.3 Introducción

El nuevo entorno de desarrollo económico ha impuesto nuevas exigencias de competitividad a cualquier empresa, lo que ha incrementado la importancia de las actividades de innovación, investigación y desarrollo. La innovación es un proceso dinámico que contribuye al crecimiento empresarial y al desarrollo económico de una empresa, así como una estrategia de cambio social y cultural a nivel interno. Además, crea nuevas tecnologías que reemplazan a las antiguas (Schumpeter, 1939).

Pero no todas las innovaciones tienen el mismo impacto o valor. Los procesos de innovación varían de un sector a otro según sus términos y tasas de adopción. Es más, el producto o proceso puede ser nuevo para una persona de una región, pero no para otras personas de la misma región; mientras que para ciertas innovaciones se ha convertido en “una buena práctica” (ya que ha dejado de ser novedosa) y es parte de un paquete tecnológico que se aplica con regularidad para otros (aquellos que no la conocen o simplemente lo están aprendiendo y usando) todavía es posible calificarla como una innovación (Ramírez-García et al., 2019).

En la actualidad, existe un consenso sobre una serie de ideas para caracterizar la innovación en la agricultura: i) la innovación requiere de conocimientos provenientes de diversas fuentes, incluidos los usuarios de esos conocimientos; ii) diferentes fuentes de conocimiento que interactúan unas con otras de tal manera comparten y combinan ideas; iii) estas interacciones y procesos suelen ser específicos para un contexto determinado; iv) cada contexto tiene sus propias órdenes, que reflejan sus orígenes históricos específicos determinados por factores culturales, políticos y sociales (Hall, 2007). Por lo cual, tener metodologías que permitan medir las innovaciones resulta un eslabón fundamental para la comprensión de estas. Una metodología se refiere a los principios, procedimientos y prácticas destinados a lograr un resultado específico. Estas son relevantes en el desarrollo de productos, ya que no solo aseguran que

el producto recibido sea adecuado y adaptable a las necesidades del usuario, sino que también ayudan a lograr el objetivo de estructurar y mejorar el proceso de desarrollo (Martínez Padua et al., 2022).

La primera metodología utilizada para la medición de la innovación agrícola fue desarrollada por Fliegel (Fliegel, 1956) el cual propuso un indicador de adopción de prácticas agrícolas como el porcentaje de prácticas agrícolas que los productores pueden adoptar respecto al total de todas ellas. Luego Muñoz et al. (2007) propusieron un índice de adopción de innovación para medir la capacidad de innovar de un productor. Este índice (en lo sucesivo, InAI) es muy similar a lo propuesto por Fliegel. La diferencia es que los segundos autores categorizan las innovaciones con base a paquetes tecnológicos y dentro de cada categoría obtienen un InAI, dividiendo el número de innovaciones hechas por el productor entre el número total de innovaciones contabilizadas en esa categoría. Finalmente promedian los InAI de cada categoría para obtener el InAI general de cada productor.

En ambas propuestas metodológicas no existe una clara diferenciación entre las innovaciones evaluadas, lo cual asume que todas innovaciones tienen el mismo peso. Por otra parte, Pérez et. al. (2016) mencionan que para medir el nivel de innovación de un productor requiere considerar tanto el número, como el tipo de innovaciones implementadas. Para ello, se puede considerar la implementación de un modelo alternativo que combine elementos de enfoques tradicionales con nuevas perspectivas, con el fin de lograr un equilibrio entre complejidad y dinamismo en la medición. Para lo cual se necesita determinar la fuerza de las interrelaciones entre los elementos de una jerarquía.

Un método utilizado para obtener una jerarquización y ponderar criterios es el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) propuesto por Thomas Saaty (1990) en los años 80, la cual es una herramienta multicriterio basada en comparaciones por pares de criterios o alternativas mediante una escala definida para priorizar la resolución de una variedad de problemas complejos multicriterio, cuyo proceso

requiere de opiniones y evaluaciones subjetivas. Además, comparar elementos entre sí utilizando una matriz cuadrada definida por una serie de criterios por los cuales se pondera el número de filas y columnas, además de otorgar a cada elemento una importancia relativa basada en el juicio de expertos. Por lo que el objetivo de esta investigación es adaptar una metodología para obtener un $lnAl_{alt}$ por medio del PAJ que permita la diferenciación de las innovaciones incluidas en el Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción primaria de miel.

4.4 Materiales y métodos

La investigación fue de carácter exploratorio, descriptivo y de corte transversal, soportada en fuentes primarias y secundarias con técnicos, proveedores de insumos en el sector apícola y productores de miel. Las encuestas se llevaron a cabo de julio de 2021 a marzo de 2022, en los municipios de Acatlán de Osorio, Guadalupe, San Pablo Anicano y San Pedro Yeloixtlahuaca. De una lista proporcionada por técnicos y proveedores de la región se entrevistaron a 48 apicultores, mientras que aquellos no registrados [14], se identificaron mediante la técnica de bola de nieve lineal durante el mismo periodo.

4.4.1 Variables y su análisis

Para el apartado de dinámica de innovación, se consideraron 32 ítems agrupados en siete categorías (Cuadro 11), tomando como base el manual de buenas prácticas de producción de miel de SAGARPA.

Cuadro 11. Ítems de buenas prácticas de producción de miel

Categoría	Innovación tecnológica en la producción de miel
Sanidad	IT01. Frecuencia de revisión; IT02. Registro en bitácoras; IT03. Flameo de cuña; IT04. Control de varroasis; IT05. Retiro de timol 15 días antes de la cosecha; IT06. Cambio de reina cada año; IT07. Cambio de bastidores de cámara de cría 2/año.
Alimentación artificial	IT08. Insumo para alimentar (fuente de energía) jarabe; IT09. Insumo para alimentar (fuente de energía) miel; IT10. Insumo para complementar (jarabe). IT 11. Suspende la alimentación al inicio de la floración.
Ubicación	IT12. Distancia a la fuente más cercana de agua; IT13. Ubicación del apiario asentamientos humanos; IT14. Distancia a la zona de floración; IT15. Apiario limpio de

	malezas; IT16. Colmenas sobre base 20 cm; IT17. Distancia a zonas habitada; IT18. Conocimiento sobre aplicación de productos químicos; IT19. Distancia entre colmenas.
Material de protección a la colmena	IT20. Condición actual del equipo de la colmena; IT21. Material correcto para recubrir la colmena (resinas, ceras), IT22. Uso de ahumador con material de origen vegetal.
Cosecha	IT23. Correcto porcentaje de operculación; IT24. Material utilizado para desalojar durante la cosecha.
Personal	IT25. Personal conoce BPPM; IT26. Tiene bitácora de higiene; IT27. Vestimenta Limpia; IT28. Vestimenta de uso exclusivo.
Limpieza e higiene	IT29. Programa de procedimientos sobre higiene y limpieza personal; IT30. Procedimientos higiene y limpieza de equipo de protección; IT31. Procedimientos de limpieza de los utensilios y recipientes; IT32. Asiste a talleres de capacitación.

IT= Innovación Tecnológica

Fuente: Elaboración propia con base en lo propuesto por SAGARPA (2015)

4.4.2 Cálculo de las variables

Calculamos el InAI para cada unidad apícola, Este índice nos permite medir el grado de innovación de cada apicultor. El InAI toma valores que van de cero a uno, donde cero indica un nivel de innovación nulo y uno determina la cantidad máxima de innovación que puede tener un productor. Este índice representa el porcentaje promedio de prácticas implementadas por el productor. Para cada uno de los productores se obtiene promediando los valores del índice de adopción de innovaciones por categoría, y se construye usando la Ecuación 1 (Muñoz et al., 2007).

$$InAI_i = \frac{\sum_{j=1}^n IAI_{Ck}}{K} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde InAI_i: índice de adopción de la innovación del i-ésimo productor; IAI_{Cik}= Índice de adopción del i-ésimo productor en la k-ésima categoría: K= número total de categorías

Para poder comparar el InAI vs. el InAI_{alt} se tuvieron que emitir juicios sobre la importancia de la innovación en la producción de miel por colmena. Para ejemplificar una aplicación del PAJ se utilizó la creación del InAI_{alt}. El modelo jerárquico establecido en dicho factor se ilustra en la Figura 11, donde se observa que el InAI_{alt} es explicado por siete criterios (sanidad, alimentación artificial,

ubicación, material de protección a la colmena, cosecha, personal y limpieza e higiene) y a su vez cada uno de ellos es resultado de las variables que constituyen a los subcriterios y sus alternativas.

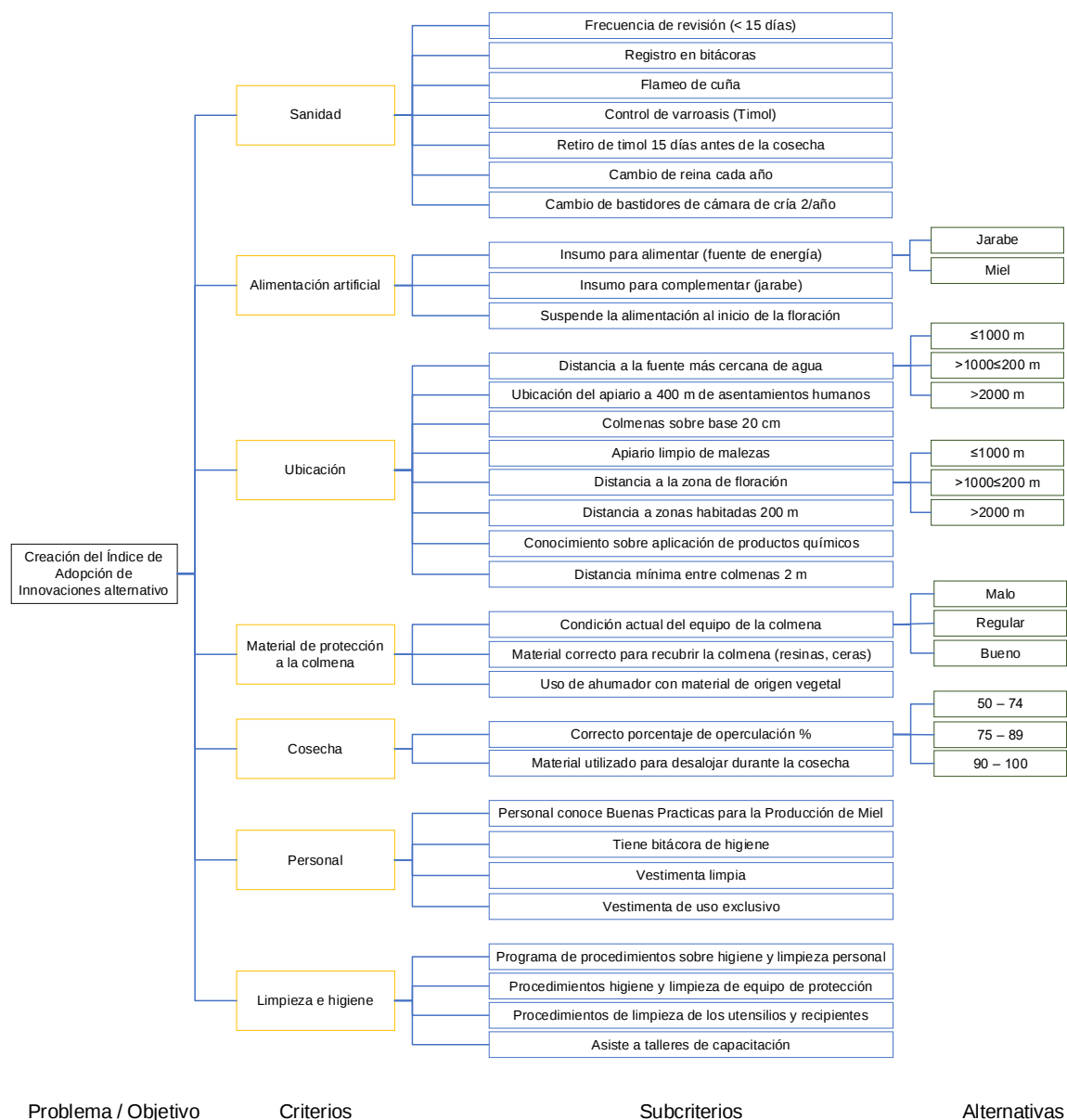


Figura 11. Modelo Jerárquico para la obtención del InAI apícola con el PAJ
Fuente: Elaboración propia con base en lo propuesto por SAGARPA (2015)

Para determinar los pesos. Esto se llevó a cabo vía un proceso de juicios emitidos por un grupo de cinco expertos, los cuales calificaron el beneficio, asociado con

la productividad de la colmena; para lo cual se basaron en dos ideas principales; la primera, ponderar de acuerdo con la contribución o importancia que tiene cada una de las innovaciones dentro de cada una de las categorías; la segunda fue considerar una escala de 1 a 9, donde el valor 1 define que ambas opciones son igualmente importantes de acuerdo al objeto de estudio y 9 indica la mayor prioridad de la alternativa sobre las opciones comparadas, el criterio numérico se detalla en el Cuadro 12:

Cuadro 12. Escala de comparación de preferencia

Valor	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Las innovaciones contribuyen de igual forma a la productividad
3	Moderada importancia	La innovación contribuye moderadamente a la productividad
5	Importancia fuerte	La innovación contribuye fuertemente a la productividad
7	Importancia muy fuerte o demostrada	La innovación es más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la productividad
9	Importancia extrema	La evidencia favorece a la innovación sobre la otra incuestionablemente
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Se ocupan cuando no se puede definir un valor intermedio entre las innovaciones adyacentes

Fuente: Elaboración propia adaptado por lo propuesto por Saaty (1990)

Una vez que las matrices de comparación estuvieron llenas se procedió a realizar un análisis de consistencia de los juicios emitidos por los expertos, siguiendo el procedimiento descrito en Zamudio Sánchez & Núñez Vera (2011, p. 220); las matrices que no resultaron consistentes se reevaluaron hasta lograr consistencia con un nivel de significancia muestral menor a 0.05. Una vez probada la consistencia de la asignación de valores en las matrices se procedió a calcular los pesos de cada atributo o alternativa considerando al eigen vector asociado al eigen valor máximo de cada matriz de comparación siguiendo el procedimiento descrito en Saaty (1990, p. 12)

Las dos tareas anteriores se automatizaron utilizando la herramienta SAS® para programar en condiciones dinámicas e interactivas con el procedimiento IML (Interactive Matrix Language) los cálculos matriciales, en donde se programaron

rutinas auxiliares, para generar las salidas que incluyeron los pesos específicos de cada innovación o categoría.

Con el propósito de valorar la congruencia de los valores obtenidos con el $\ln Al_{alt}$ respecto a variables de importancia productiva, se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple (Ecuación 2) para explicar el rendimiento registrado por colmena como función del $\ln Al_{alt}$ en interacción con el tamaño del apiario, (formando tres clústeres, Clúster 1, 1-10 colmenas; Clúster 2, 11-20 colmenas y Clúster 3, 21-32 colmenas). Este ejercicio se contrastó con el propio que utiliza al $\ln Al$.

$$E(Y_i/X = x_i) = \beta_1 X_{1i} * Z_{1i} + \beta_2 X_{1i} * Z_{2i} + \beta_3 X_{1i} * Z_{3i} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde Y_i : Rendimiento por colmena del i-ésimo productor; $X_1 = \ln Al$ o $\ln Al_{alt}$ del i-ésimo productor; $Z_{ji} = 1$ si el i-ésimo productor pertenecer al clúster $j=1,2,3$; y 0 de otra forma.

4.5 Resultados y Discusión

En el Cuadro 13 se muestran las estadísticas descriptivas del perfil del productor. La edad promedio de los apicultores fue de 39 años, más del 20 % son menores de 26 años, y el resto menor de 55 años, lo que permite suponer que la actividad apícola se encuentra en manos de gente adulta, si bien es cierto que la edad promedio coincide con lo reportado en otros estudios en México (Becerril García & Hernández Cuevas, 2020; Martínez González et al., 2017; Rodríguez Balam & Pinkus Rendón, 2015; Vélez Izquierdo et al., 2016), la apicultura en la región de estudio muestra un cambio generacional donde los jóvenes empiezan a retomar esta actividad como una fuente de ingresos alternativa. Los años de escolaridad promedio fueron 8.8; el dato es superior al reportado por Güemes et al., (2003) y Magaña et al., (2007) para otros estados de la República Mexicana (primaria incompleta).

Cuadro 13. Perfil de los productores apícolas

Variables	Apicultores n=62				
	Media	S.D.	Min	Max	C.V.
Edad	38.84	9.67	20.00	54.00	24.89
Escolaridad (años)	8.08	2.71	3.00	18.00	33.56
Experiencia (años)	8.00	5.02	1.00	23.00	62.81
H/A dedicadas a la actividad	85.97	32.48	52.00	182.00	37.78
Número de colmenas	12.21	7.58	3.00	32.00	62.09

H/A: Horas al año; S.D.: Desviación estándar; Min: Valor mínimo; Max: Valor máximo; C.V. Coeficiente de variación (%)

Fuente: Elaboración propia con datos de campo (2022)

La cantidad de años promedio dedicados a la apicultura en la región es de ocho. Contreras-Escareño et al., (2013), Magaña et al. (2007) y Luna et al., (2019) reportaron un promedio de 16, 21 y 22 años respectivamente de ejercer la apicultura, superior a lo encontrado en esta región, lo que nos indica que la actividad es relativamente joven comparada con los estados de Jalisco, Yucatán y Veracruz.

La cantidad promedio de horas semanales dedicadas a la actividad fue de 1.65; sin embargo, se puede encontrar un rango que va desde 1 hasta 3.5, donde las jornadas dependerán del número de colmenas con las que cuente el apicultor. Por otro lado, al ser una actividad que no requiere de largas horas de trabajo para lograr buenos resultados es considerada por los apicultores como una actividad complementaria.

La apicultura en la región se desarrolla alrededor de los cultivos básicos y zonas de vegetación silvestre. En esta región, se localizaron 62 apiarios, con un total de 757 colmenas (Cuadro 14). Los municipios con mayor número de apiarios fueron Guadalupe y Acatlán de Osorio (21,16 respectivamente). El tamaño promedio de los apiarios fue de 12.21 cajones, siendo el tamaño mínimo de tres y máximo de 32.

Cuadro 14. Número de apiarios y colmenas por municipio en la región de estudio

Municipio	Número de apiarios	Cajones por municipio	(%)
Guadalupe Santa Ana	21	274	36.20
Acatlán de Osorio	16	151	19.95
San Pablo Anicano	15	152	20.08
San Pedro Yeloixtlahuaca	10	180	23.78
Total	62	757	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de campo (2022)

La principal fuente de ingresos de los apicultores se deriva principalmente de las actividades agrícolas (57.17%) este resultado coincide con los datos reportados por Magaña et al., (2007) y Güemes et al., (2003), seguido de las remesas provenientes de Estados Unidos, lo que coincide con lo reportado por Ponce (2005) donde mencionan que 80% de las remesas que entran al estado de Puebla son para beneficio de los habitantes de la región de la Mixteca. Lo que deja a la apicultura en tercer lugar como una actividad complementaria debido a la naturaleza de su proceso de producción que es de carácter estacional en la mayor parte del proceso de producción. Algunos productores como los asesores técnicos y el veterinario toman esta actividad como su segunda fuente de ingresos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Principales fuentes de ingresos de los apicultores

Actividad Primaria	n	% de ingreso de la actividad primaria	% de ingresos de otras fuentes	% de ingreso de la Apicultura
Agricultura	30	57.17	33.67	9.16
Jornalero	18	49.17	43.89	6.94
Comercio	8	56.87	33.13	10.00
Ganadería	3	58.33	33.34	8.33
Asesor Técnico	2	72.50	0.00	27.50
Veterinario	1	80.00	0.00	20.00

Fuente: Elaboración propia con datos de campo (2022)

En el Cuadro 16 se presentan los pesos específicos por categoría según el tipo de InAI que se ocupa; como se mencionó anteriormente en el InAI tradicional, tanto el valor de cada innovación como el de cada categoría siempre será el

mismo. El InAI general fue de 54.14%, es decir, los apicultores están aplicando 17 de 32 innovaciones tecnológicas evaluadas para la producción de miel, lo cual refiere que son pocas las innovaciones adoptadas, quedando un margen grande para seguir avanzando en este sentido. De acuerdo con esta metodología, la categoría de cosecha es la que más aporta a la producción de miel (13.71%).

Cuadro 16. Pesos específicos y número de innovaciones por categoría

Categoría	Número de innovaciones	%					
		InAI	Peso	InAI ponderado	InAI _{alt}	Peso	InAI _{alt} ponderado
Ubicación	8.00	65.52	14.29	9.36	81.82	31.74	25.97
Sanidad	7.00	36.87	14.29	5.27	52.57	29.15	15.32
Alimentación	4.00	47.98	14.29	6.85	31.12	19.21	5.98
Materiales	3.00	91.94	14.29	13.13	79.98	7.78	6.22
Cosecha	2.00	95.97	14.29	13.71	76.86	6.87	5.28
Personal	4.00	27.42	14.29	3.92	51.55	2.77	1.43
Limpieza e higiene	4.00	13.31	14.29	1.90	17.96	2.48	0.45
Total	32.00		100.00	54.14		100.00	60.65

Fuente: Elaboración propia con datos de campo (2022)

Por otro lado, de acuerdo con los pesos obtenidos por medio del PAJ nos indica, que las categorías de ubicación y sanidad del apiario aportan casi el 61% de las innovaciones para la producción de miel. En este sentido varios autores afirman que la productividad de la miel es el resultado de una combinación de varios factores, entre ellos, la densidad y calidad de la floración, el ambiente físico natural y la sanidad (Abou-Shaara et al., 2013; Medina-Cuéllar et al., 2014). Gracias a la riqueza de los recursos naturales con los que cuenta la región de estudio, la práctica de alimentación artificial (jarabe de azúcar principalmente) a las colmenas en tiempos de escasez, es baja (2.71 veces/año). Aunque Tucuch-Haas et al. (2020) mencionan que la alimentación suplementaria incrementa el número de abejas, número de celdas con cría operculada, néctar-miel y polen.

Se hicieron comparaciones entre el InAI y el InAI_{alt} para todas categorías y así mostrar la pertinencia del modelo propuesto. El InAI_{alt} presentó variaciones para

diferentes innovaciones tal como se muestra la Figura 12, en donde se puede observar que, para una misma cantidad de innovaciones, se puede obtener un porcentaje de innovación diferente dentro de cada categoría (mayor o menor) de acuerdo al peso obtenido por medio del PAJ, a excepción de los valores extremos que siempre mantienen el mismo porcentaje (0 o 100), sin importar el número de innovaciones o el peso asignado por cualquier metodología. Esta situación favorece tanto a investigadores como a productores para conocer el nivel actual entre un productor y otro aun teniendo el mismo número de innovaciones, debido a que cada uno tiene objetivos y prioridades distintas en términos de innovación.

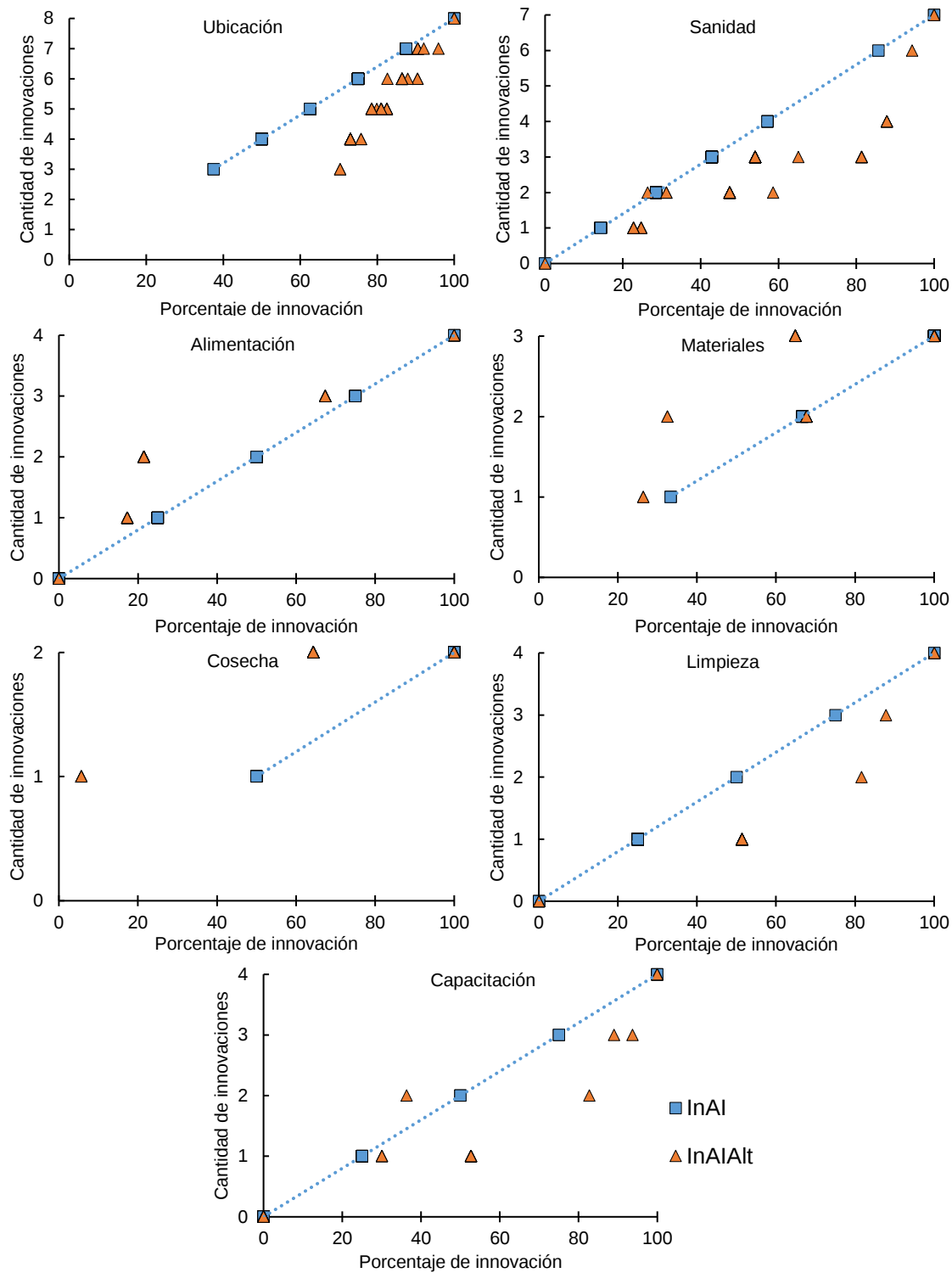


Figura 12. Comparación de las principales categorías de innovación que aportan a la producción de miel
Fuente: Elaboración propia con datos de campo (2022)

Una de las ventajas de usar el PAJ es que se pueden asignar valores a innovaciones que pese a que no cumplen con lo planteado en el manual de buenas prácticas podría tener algún valor diferente a cero o estar con un valor mayor sin cumplir en su totalidad con lo requerido, como se hace tradicionalmente con la metodología de InAI. Para ejemplificar esta situación podemos observar en la gráfica de materiales (Figura 12) que a pesar de cumplir con las tres características el porcentaje de innovación es inferior al 100; esta situación podría explicarse por qué a pesar de contar con los materiales necesarios para cubrir esta categoría, su condición actual puede no ser la óptima para un manejo adecuado en el apiario, pero no se puede descartar por completo porque es mejor tener esa innovación en condiciones no tan favorables, que no tenerla.

En el Cuadro 17 se ejemplifica la construcción de las categorías y como cada innovación aporta un porcentaje a cada una de ellas. Como se planteó anteriormente la ubicación del apiario es una categoría que explica un 27.21 % de la producción de miel, pero dentro de esta categoría las distancias inferiores a 1 km a la fuente de agua y la zona de floración contribuyen 68% a esta categoría, por lo cual son actividades prioritarias para la instalación o manejo de un apiario, datos similares fueron reportados por Martell Tamanis et al. (2019).

Cuadro 17. Peso de las principales innovaciones en la producción de miel

Ubicación del apiario		Sanidad	
Innovación	%	Innovación	%
Distancia < 1,000 m a la fuente más cercana de agua	48.35	Frecuencia de revisión $\leq$ 15 días	33.89
Distancia < 1,000 m a la zona de floración	19.69	Flameo de cuña previo a inspeccionar una colmena	24.71
Distancia mínima entre colmenas $\geq$ 2 m	9.44	Control de acaro (<i>Varroa destructor</i>) (TIMOL)	22.78
Colmenas sobre base $\geq$ 20 cm	7.95	Realiza cambios de bastidores de cámara de cría 2/año	6.52
Apiario limpio de malezas	5.44	Cambio de reina cada año	5.61
Conocimiento sobre fechas de aplicación de productos químicos	4.10	Retira el timol 15 días antes de la floración	3.60
Distancia a zonas habitada > 200 m	2.74	Utiliza registro en bitácoras	2.90

Distancia > 400 m de asentamientos humanos	2.30	
Porcentaje Total	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de campo (2022)

Por otro lado la sanidad es otro pilar fundamental en la apicultura, por que un pobre manejo sanitario, aumenta los costos de producción y la mortalidad de las colonias de abejas, por lo cual, mantener una colmena fuerte se traduce en una mayor eficiencia productiva. A pesar de que existen siete innovaciones dentro de sanidad; la frecuencia de revisión, el flameo de cuña y el control de varroasis aportan más del 80% de esta categoría, por lo cual se convierten en actividades de alto impacto.

Sobre la evaluación del $\ln Al_{alt}$, en el Cuadro 18 se presenta los resultados generales. Ambas regresiones ($\ln Al$ e $\ln Al_{alt}$) muestran una prueba general significativa ($<.0001$) y la raíz del CME alrededor de 3.4, significando que ambos modelos son estadísticamente pertinentes en la explicación del comportamiento del rendimiento por colmena. Juzgando el estadístico R^2 ambos modelos explican el 69% de la variabilidad inherente al rendimiento por colmena.

Cuadro 18. Resultado del modelo de regresión múltiple.

Parámetro		INAI				FIV
		Coeficiente	S.D.	Valor t	Significancia	
$\ln Al$	Rendimiento/colmena*Clúster 1	15.80	1.37	11.55	$<.0001$	1.75
$\ln Al_{alt}$	(1-10 colmenas) n=30	14.33	1.22	11.79	$<.0001$	2.07
$\ln Al$	Rendimiento/colmena*Clúster 2	18.69	1.44	12.94	$<.0001$	1.75
$\ln Al_{alt}$	(11-20 colmenas) n=19	16.68	1.25	13.37	$<.0001$	2.07
$\ln Al$	Rendimiento/colmena*Clúster 3	26.09	1.39	18.75	$<.0001$	1.75
$\ln Al_{alt}$	(21-32 colmenas) n=13	22.95	1.19	19.24	$<.0001$	2.07

FIV Factor de Inflación de Varianza

Prueba General de Regresión de $\ln Al$: F-valor 217.48, p-valor $<.0001$, R^2 0.652, RMSE 3.544

Prueba General de Regresión de $\ln Al_{alt}$: F-valor 229.29, p-valor $<.0001$, R^2 0.668, RMSE 3.459

Fuente: Elaboración propia con datos de campo (2022)

También se observa que los coeficientes asociados a los $\ln Al$ e $\ln Al_{alt}$ en cada clúster son estadísticamente significativos ($<.0001$), es decir, todos son distintos de cero; sin embargo, los errores estándar asociados al $\ln Al$ son mayores al

InAl_{alt} entre 8 y 10%. Sobre los coeficientes estimados la relación entre el modelo propuesto y el modelo tradicional, lo cual indica que los rendimientos esperados en cada clúster (chico, mediano y grande) están sobrevalorados con el método tradicional, siendo que la alternativa propuesta produce estimaciones más acotadas a la realidad de la región lo cual se explica porque cuenta con errores más pequeños (Figura 13). Además, con el nuevo InAl_{alt} podría ayudar a entender el por qué los productores del estrato 3 pueden llegar a obtener una mayor cantidad de subproductos de la colmena.

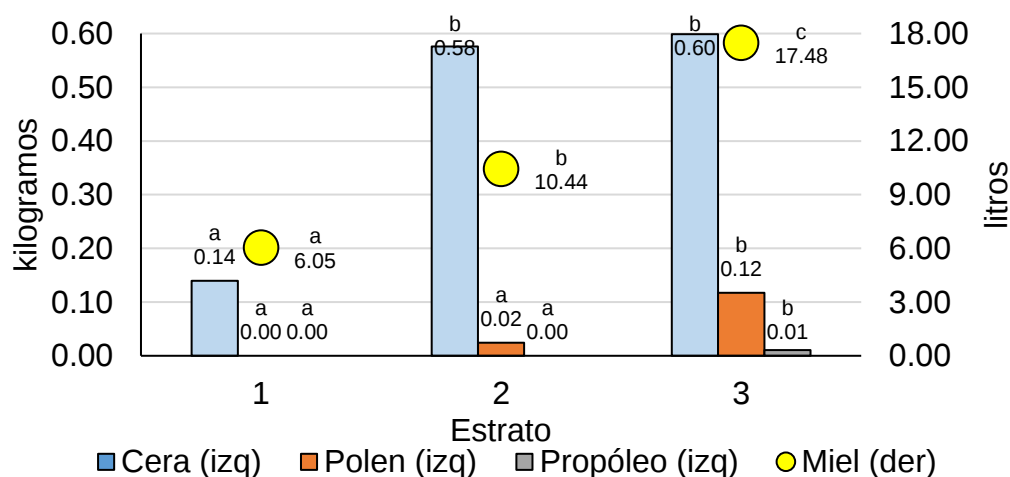


Figura 13. Rendimiento promedio por colmena en la Mixteca Poblana, México
a b c Medias con diferentes literales por columna, para la variable respectiva, indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de Kruskal Wallis ($p < 0.05$)

4.6 Conclusiones

En la Mixteca Poblana la apicultura se practica principalmente en unidades de pequeña escala y generalmente como actividad complementaria lo cual trae como consecuencia una limitada productividad. Aunque por otro lado existe un potencial productivo debido a sus condiciones agroecológicas, además de ser una fuente de ingresos con jornadas reducidas de trabajo.

El InAl_{alt} propuesto permitió identificar las categorías e innovaciones con mayores contribuciones para la producción de miel en la región de estudio basado en los pesos otorgados a través del PAJ el cual permite adaptar esta metodología a

diferentes regiones y sistemas productivos gracias a su adaptabilidad, la cual solo requiere una base de datos con las innovaciones que se desean evaluar en un sistema productivo y un panel de expertos de la zona para llegar a un resultado más contundente con la realidad de la región.

Se ha demostrado que la medición de la innovación, no solo incluye aspectos técnicos y productivos, sino también aspectos ambientales. Esta visión holística permite una evaluación más precisa del impacto global de la innovación y su contribución al desarrollo apícola.

La evaluación de pertinencia del $InAl_{alt}$ realizada a través de los modelos de regresión indica que los resultados son consistentes con los que se obtienen en el INAI (ajuste de los modelos); sin embargo, la propuesta produce estimaciones más precisas y consistentes con los rendimientos esperados de la zona.

Se propone que para futuras investigaciones se realicen regresiones considerando cada uno de los subproductos de la apicultura para corroborar el alcance del modelo.

4.7 Referencias Bibliográficas

- Abou-Shaara, H. F., Al-Ghamdi, A. A., & Mohamed, A. A. (2013). A suitability map for keeping honey bees under harsh environmental conditions using geographical information system. *World Applied Sciences Journal*, 22(8), 1099–1105. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.22.08.7384>
- Becerril García, J., & Hernández Cuevas, F. I. (2020). Beekeeping: its Contribution to the Income of Rural Households in Southern Yucatan. *Península*, 15(2), 9–29.
- Contreras-Escareño, F., Pérez Armendáriz, B., Echazarreta, C. M., Cavazos Arroyo, J., Octavio Macías-Macías, J., & María Tapia-González RESUMEN, J. (2013). Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *MÉXICO Rev Mex Cienc Pecu*, 4(3), 387–398.

- Fliegel, F. C. (1956). A multiple correlation analysis of factors associated with adoption of farm practices. *Rural Sociology*, 21, 284–292.
- Güemes-Ricalde, F. J., Echazarreta-González, C., Villanueva-G., R., Pat-Fernández, J. M., & Gómez-Alvarez, R. (2003). La apicultura en la península de Yucatán. Actividad de subsistencia en un entorno globalizado. *Revista Mexicana del Caribe*, VIII(16), 117–132.
- Hall, A. (2007). Challenges to Strengthening Agricultural Innovation Systems: Where Do We Go From Here? En *UNU-MERIT* (Vol. 38).
- Luna Chontal, G., Roque Peña, J. G., Fernández Echeverría, E., Martínez Mendoza, E., Díaz Zorrila, U. A., & Fernandez Lambert, G. (2019). Caracterización apícola en la región sierra centro-norte de Veracruz: contexto y trashumancia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1339–1351. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1689>
- Magaña Magaña, M. Á., Aguilar Arrieta, A., Lara y Lara, P., & Sanginés García, R. (2007). Caracterización socioeconómica de la actividad apícola en es estado de Yucatan, México. *Agronomía*, 15(2), 17–24.
- Martell Tamanis, A. Y., Lobato Rosales, F. G., Landa Zárate, M., Luna Chontal, G., García Santamaría, L. E., & Fernandez Lambert, G. (2019). Variables de influencia para la producción de miel utilizando abejas *Apis mellifera* en la región de Misantla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1353–1365.
- Martínez González, E. G., Aguilar Ávila, J., Aguilar Gallegos, N., García Sánchez, E. I., Olvera Martínez, J. A., & Santoyo Cortés, H. (2017). Adopción de buenas prácticas de producción de miel en Yucatán. *Livestock Research for Rural Development* , 29(6), 1–7.
- Martínez Padua, J. V., Quitian Monroy, J. S., & Castiblanco Jiménez, I. A. (2022). Caracterización y comparación de metodologías ágiles y tradicionales de desarrollo de producto. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 32(2), 9–26.
- Medina-Cuéllar, S. E., Portillo-Vázquez, M., García Álvarez-Coque, J. M., Terrazas-González, G. H., & Alba-Nevárez, L. L. (2014). Influencia del ambiente sobre la productividad de la segunda cosecha de miel de abeja en

- Aguascalientes de 1998 a 2010. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(2), 159–165.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.09.031>
- Muñoz, M., Aguilar, J., Rendón, R., & Altamirano, J. (2007). Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias. En U. A. Chapingo (Ed.), *CIESTAAM - Universidad Autónoma Chapingo*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Pérez Guel, R. O., Martínez Bautista, H., López Torres, B. J., & Rendón Medel, R. (2016). Estimación de la adopción de innovaciones en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, 2909–2923.
- Ponce Javana, P. C. (2005). *Propuesta de desarrollo rural sustentable en la cuenca del río Tizaac, en la Mixteca Poblana*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ramírez-García, A. G., Monterroso-Rivas, A. I., & Garcia-Espejel, A. (2019). Caracterización de la red de innovación de pequeños productores ganaderos del estado de Sonora, México. *Económicas CUC*, 40(2), 195–216.
<https://doi.org/10.17981/econcuc.40.2.2019.12>
- Rodríguez Balam, E., & Pinkus Rendón, M. (2015). Apicultura, entorno y modernidad en localidades de Yucatán, México. *Biotemas*, 28(3), 143.
<https://doi.org/10.5007/2175-7925.2015v28n3p143>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- SAGARPA. (2015). *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel: Vol. 3 ed.*
- Schumpeter, J. A. (1939). Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process. En *Journal of Political Economy*. McGraw-Hill.
- Tucuch-Haas, J. I., Rangel-Fajardo, M. A., Casanova-Lugo, F., Ruíz-Sánchez, E., Utrera-Quintana, F., Tucuch-Haas, C. J., & Burgos-Díaz, J. A. (2020). Alternative supplemental feeding of *Apis mellifera* L. during the time of

shortage in Yucatán, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(3), 1–10. <https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2601>

Vélez Izquierdo, A., Espinosa García, J. A., Amaro Gutiérrez, R., & Arechavaleta Velasco, M. E. (2016). Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4), 507–524.

Zamudio Sánchez, F. J., & Núñez Vera, M. A. (2011). *Género, inequidad y medición*. Universidad Autónoma Chapingo.

Capítulo 5. Conclusiones generales

Los resultados del estudio bibliométrico reveló una combinación interesante de complejidad y dinamismo en la investigación sobre la innovación agrícola. Proporcionando una visión integral del desarrollo analítico de la innovación agrícola, en el cual se identificaron patrones y tendencias que nos permiten comprender mejor el panorama actual de la investigación en este campo.

Además, el análisis reveló que la mayoría de las investigaciones se centran en áreas clave de la innovación agrícola, como el uso de tecnologías avanzadas, la biotecnología, la gestión de recursos naturales y la sostenibilidad. Estos temas reflejan la necesidad de abordar los desafíos actuales y futuros del sector agrícola, como la seguridad alimentaria, el cambio climático y la eficiencia productiva, gracias a las colaboraciones entre instituciones, autores y países, reflejando así la naturaleza en constante evolución de la innovación agrícola.

En términos de enfoque metodológico, se destaca la utilización de técnicas cuantitativas y cualitativas en la investigación de la innovación agrícola. Esto demuestra la necesidad de abordar el tema desde diferentes perspectivas, combinando datos cuantitativos para medir el impacto y la eficacia de las innovaciones, así como enfoques cualitativos para comprender los contextos sociales, económicos y ambientales en los que se implementan estas innovaciones.

Sin embargo, a pesar del creciente interés y la diversidad de enfoques en la investigación en innovación agrícola, es fundamental establecer vínculos sólidos entre los investigadores, los agricultores y los responsables de la toma de decisiones para garantizar que las innovaciones desarrolladas sean adoptadas y generen un impacto real.

De acuerdo con los hallazgos del estudio de caso, es posible afirmar que la metodología propuesta tiene bases sólidas que permiten predecir el comportamiento productivo a través del Índice de Adopción de Innovaciones

alternativo InAI_{alt}. Gracias a su enfoque estructurado y jerárquico que permite descomponer el problema, evaluar criterios y alternativas, y asignar pesos y prioridades de manera sistemática. Lo que proporciona una base sólida para la toma de decisiones de manera fundamentada y objetiva.

La propuesta metodológica presentada del InAI_{alt} demostró tener menos sesgo que el indicador tradicional (InAI), gracias al proceso jerárquico analítico el cual ofrece ventajas como estructura y claridad, priorización objetiva, consideración de múltiples criterios, enfoque participativo, flexibilidad y adaptabilidad, de esta manera se benefician a algunas innovaciones que los expertos consideran importantes en la región y revela aquellas innovaciones que no los son.

Por lo que medir las innovaciones tecnológicas con la nueva propuesta, podría posicionar a un sistema o a una región como altamente productiva. En ese sentido, las estrategias de innovación deben considerar: la segmentación de productores con base al número de animales o hectáreas que poseen, clasificar los problemas y necesidades tecnológicas de los productores para su atención y mapear a los actores regionales que inciden en mayor medida en la actividad agropecuaria.

De manera particular, la región de la Mixteca Poblana cuenta con los recursos para iniciar una transición exitosa en el ámbito de la apicultura de pequeña escala a tecnificada. Ya que cuenta con condiciones agroecológicas favorables para el desarrollo de la actividad, que, si bien los apicultores no ven a esta actividad como una fuente de ingresos principal, trabajan constantemente en el mejoramiento tecnológico de sus apiarios para lograr una mayor producción.

Capítulo 6. Recomendaciones generales

Es importante tener en cuenta que la adopción de innovaciones en el sector agropecuario puede variar significativamente según diversos factores, como la ubicación geográfica, las características socioeconómicas y la disponibilidad de recursos. El modelo alternativo debe tener en cuenta esta diversidad y adaptarse a las particularidades de cada sistema

Dado que el sector agropecuario está sujeto a cambios constantes, es importante que el modelo alternativo de medición sea adaptable y esté en constante actualización. Esto implica revisar y ajustar los indicadores, a medida que surjan nuevas innovaciones y contextos cambiantes. Además, la retroalimentación de los actores del sector debe ser considerada para garantizar la relevancia y validez del modelo. Además, permitirá identificar patrones, tendencias y barreras que puedan surgir durante el proceso.

Es recomendable incorporar indicadores de desempeño económico y social de los apicultores para evaluar el impacto real de las innovaciones adoptadas. Esto permitirá comprender si las nuevas prácticas están generando beneficios tangibles, como el aumento de la productividad, la mejora de la calidad o el fortalecimiento de la resiliencia de los productores frente a desafíos ambientales o económicos.

ANEXOS

Anexo A: Cuestionario aplicado a los apicultores

Cuestionario a nivel de apiario

A. CARACTERISTICAS SOCIODEMOGRAFICAS

Nombre:	Estado:
Municipio:	Localidad:
Edad:	Genero:
Escolaridad:	Años como apicultor:
Actividades económicas y %:	Contacto:
Cada cuanto se capacita	Con quien se capacita
Usted ve a la apicultura como un negocio o como un ahorro	Por que
La inversión que ha realizado para esta actividad que porcentaje ha sido de su bolsillo	La inversión que ha realizado para esta actividad que porcentaje ha sido de algún tipo de apoyo de gobierno

B. CARACTERISTICAS TÉCNICAS

Tiempo dedicado a la actividad h/semana:	Mano de Obra Familiar:
Mano de obra pagada:	Precio/día:
Realiza Trashumancia otras regiones	Alimenta las colmenas
En qué periodo	Con que alimenta
Cuántas veces a la semana	Momento en que suspende la alimentación
Realiza revisiones periódicas	Frecuencia de las revisiones
Utiliza registro en bitácoras	

Loque	
Productos utilizados para prevenir enfermedades	Época de aplicación del o de los productos
Varroa	
Productos utilizados para prevenir enfermedades	Época de aplicación del o de los productos
Loque	
Productos utilizados para controlar enfermedades	Época de aplicación del o de los productos
Varroa	
Productos utilizados para controlar enfermedades	Época de aplicación del o de los productos

Flameo de cuña	Materiales para recubrir la colmena
Condición actual del equipo de la colmena	Años promedio del equipo
Material o actividad para desalojar las colmenas	Personal conoce las BPPM
Tiene bitácora de higiene del personal del campo	Vestimenta limpia
Frecuencia de lavado	Vestimenta exclusiva para actividad apícola
Programa de procedimientos sobre higiene y limpieza	Procedimientos higiene y limpieza de equipo de protección
Procedimientos de limpieza de los utensilios y recipientes	
Que consideraría como innovaciones dentro de sus apiarios:	
Por qué no realiza más innovaciones:	
Usted considera viable aplicar innovaciones en su apiario y cuál sería el costo máximo que pagaría por ellas	
Su apiario ha sido un centro demostrativo para practicas	

C. CARACTERISTICAS DEL APIARIO

Numero de Apiario	Distancia entre apiarios
Distancia entre el apiario y su domicilio metros	Distancia a la fuente más cercana de agua metros
Uso de bebederos	Material del bebedero
Precio de los bebederos	Material en el cual se encuentra la colmena
Altura de la base	Nivela sus colmenas
Distancia entre colmenas	Distancia a la zona de floración metros
Numero de colmenas por apiario	Numero de alzas por colmena
Edad de la abeja reina años	Cada cuanto cambia a sus reinas
Precio/reina	Cada cuanto cambia bastidores de cría
Cuantos	Precio del bastidor de la cámara de cría
Apiario limpio de malezas	Utiliza cera estampada
Precio/kg	

D. COSECHA

Numero de cosechas al año	Material utilizado para desalojar las abejas de las alzas
Producción por colmena kg/	Porcentaje de operculación para cosechar
Proceso de desoperculación	Proceso de extracción
Precio por litro o kilo mayorista	Precio por litro o kilo minorista
Transforma la miel	¿En qué productos? / Precio
Otros productos de la apicultura que comercialice	¿En qué productos? / Precio

E. CONDICIONES AGROECOLOGICAS

% de deforestación percibido en los últimos 5 años	% de aumento de pesticidas percibido en los últimos 5 años
% de disminución de zonas de floración percibido en los últimos 5 años	
Tipos de floración en su región	
Distancia de las zonas agrícolas como fuente de contaminación	
Porcentaje de pérdida de colmenas por envenenamiento	

Anexo B: Matrices de comparación de subcriterios y alternativas

SANIDAD APICOLA							
	Frecuencia de revisión	Utiliza registro en bitácoras	Flameo de cuña	Control de varroasis (TIMOL)	Retira el timol 15 días antes de la floración	Cambio de reina cada año	Realiza cambios de bastidores de cámara de cría 2/año
frecuencia de revisión	1.00	.	.	.	.	.	.
Utiliza registro en bitácoras	0.11	1.00	.	.	.	.	.
Flameo de cuña	0.20	5.00	1.00	.	.	.	.
Control de varroasis (TIMOL)	0.33	8.00	0.17	1.00	.	.	.
Retira el timol 15 días antes de la floración	0.50	0.50	0.20	0.13	1.00	.	.
Cambio de reina cada año	0.17	3.00	0.33	0.11	5.00	1.00	.
Realiza cambios de bastidores de cámara de cría 2/año	0.33	2.00	0.50	0.11	3.00	2.00	1.00

UBICACIÓN DEL APIARIO								
	Distancia a la fuente más cercana de agua	Ubicación del apiario 400m de asentamientos humanos	Distancia a la zona de floración metros	Apiario limpio de malezas	Colmenas sobre base 20 cm min	Distancia a zonas habitada mínimo 200metros	Conocimiento sobre aplicación de productos químicos	Distancia mínima entre colmenas 2 metros
Distancia a la fuente más cercana de agua	1.00	.	.	.	.	.	.	.
Ubicación del apiario 400m de asentamientos humanos	0.11	1.00	.	.	.	.	.	.
Distancia a la zona de floración metros	0.13	9.00	1.00	.	.	.	.	.
Apiario limpio de malezas	0.11	4.00	0.14	1.00	.	.	.	.
Colmenas sobre base 20 cm min	0.11	2.00	0.20	2.00	1.00	.	.	.
Distancia a zonas habitada mínimo 200metros	0.13	0.50	0.11	2.00	0.33	1.00	.	.
Conocimiento sobre aplicación de productos químicos	0.11	3.00	0.17	0.50	0.20	6.00	1.00	.
Distancia mínima entre colmenas 2 metros	0.14	5.00	0.50	0.50	0.50	8.00	7.00	1.00

ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL				
	Insumo para alimentar (fuente de energía) JARABE	Insumo para alimentar (fuente de energía) MIEL	Insumo para complementar (JARABE)	Suspende la alimentación al inicio de la floración.
Insumo para alimentar (fuente de energía) JARABE	1.00	.	.	.
Insumo para alimentar (fuente de energía) MIEL	0.50	1.00	.	.
Insumo para complementar (JARABE)	0.33	0.33	1.00	.
Suspende la alimentación al inicio de la floración.	0.14	0.14	0.14	1.00

MATERIAL DE PROTECCIÓN A LA COLMENA					
	Condición actual del equipo de la colmena MALO	Condición actual del equipo de la colmena REGULAR	Condición actual del equipo de la colmena BUENO	Material correcto para recubrir la colmena (resinas, ceras)	Uso de ahumador con material de origen vegetal
Condición actual del equipo de la colmena MALO	1.00	.	.	.	.
Condición actual del equipo de la colmena REGULAR	3.00	1.00	.	.	.
Condición actual del equipo de la colmena BUENO	7.00	3.00	1.00	.	.
Material correcto para recubrir la colmena (resinas, ceras)	7.00	4.00	0.50	1.00	.
Uso de ahumador con material de origen vegetal	8.00	3.00	0.33	0.50	1.00

COSECHA				
	Correcto porcentaje de operculación (90-100%)	Correcto porcentaje de operculación (75-89%)	Correcto porcentaje de operculación (50-74%)	Material utilizado para desalojar cepillo o sacudiendo
Correcto porcentaje de operculación (90-100%)	1.00	.	.	.
Correcto porcentaje de operculación (75-89%)	0.25	1.00	.	.
Correcto porcentaje de operculación (50-74%)	0.13	0.33	1.00	.
Material utilizado para desalojar cepillo o sacudiendo	1.00	3.00	9.00	1.00

PERSONAL DE CAMPO				
	Personal conoce BPPM	Tiene Bitácora de higiene	Vestimenta Limpia	Vestimenta de Uso Exclusivo
Personal conoce BPPM	1.00	.	.	.
Tiene Bitácora de higiene	2.00	1.00	.	.
Vestimenta Limpia	6.00	5.00	1.00	.
Vestimenta de Uso Exclusivo	7.00	2.00	0.50	1.00

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN, SALUD E HIGIENE				
	Prog. de procedimientos sobre higiene y limpieza personal	Procedimientos higiene y limpieza de equipo de protección	Procedimientos de limpieza de los utensilios y recipientes	Asiste a talleres de capacitación
Prog. de procedimientos sobre higiene y limpieza personal	1.00	.	.	.
Procedimientos higiene y limpieza de equipo de protección	0.50	1.00	.	.
Procedimientos de limpieza de los utensilios y recipientes	3.00	5.00	1.00	.
Asiste a talleres de capacitación	5.00	7.00	2.00	1.00

Anexo C: Matriz de comparación de criterios

CRITERIOS O CATEGORIAS

	Sanidad apícola	Alimentación	Ubicación del apiario	Material de protección a la colmena	Cosecha	Personal	Limpieza e higiene
Sanidad apícola	1.00	.	.	.	.	.	.
Alimentación	0.1	1.00	.	.	.	.	.
Ubicación del apiario	4.0	3.0	1.00	.	.	.	.
Material de protección a la colmena	0.2	0.1	0.2	1.00	.	.	.
Cosecha	0.3	0.1	0.2	1.0	1.00	.	.
Personal	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	1.00	.
Limpieza e higiene	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	2.0	1.00