



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

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

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA**

**AGROEMPRESARIAL**

**TRANSICIÓN SOCIOTÉCNICA DE LAS PROTEÍNAS ALTERNATIVAS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**ESPINOZA HERNÁNDEZ EMMANUEL**

**BAJO LA SUPERVISIÓN DE:**

**DR. MANRRUBIO MUÑOZ RODRÍGUEZ**



***Chapingo, Estado de México, 04 de septiembre de 2026***

## **TRANSICIÓN SOCIOTÉCNICA DE LAS PROTEÍNAS ALTERNATIVAS.**

Tesis realizada por **EMMANUEL ESPINOZA HERNÁNDEZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

### **MAESTRO EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL**

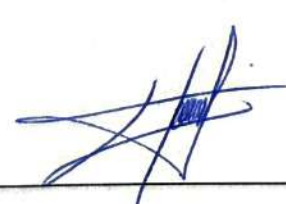
DIRECTOR: \_\_\_\_\_

  
DR. MANRRUBIO MUÑOZ RODRÍGUEZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. ENRIQUE GENARO MARTÍNEZ GONZÁLEZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
M.C. JORGE LOAEZA JOACHIN

## CONTENIDO

|                                                                                               |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LISTA DE CUADROS .....</b>                                                                 | <b>vi</b>   |
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>                                                                 | <b>vii</b>  |
| <b>ABREVIATURAS USADAS .....</b>                                                              | <b>viii</b> |
| <b>DEDICATORIAS.....</b>                                                                      | <b>ix</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>                                                                  | <b>x</b>    |
| <b>DATOS BIOGRÁFICOS .....</b>                                                                | <b>xi</b>   |
| <b>Resumen general .....</b>                                                                  | <b>xii</b>  |
| <b>General abstract.....</b>                                                                  | <b>xiii</b> |
| <b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>                                                          | <b>1</b>    |
| 1.1    Antecedentes de la investigación .....                                                 | 2           |
| 1.2    Planteamiento del problema .....                                                       | 3           |
| 1.3    Justificación .....                                                                    | 5           |
| 1.4    Preguntas de investigación.....                                                        | 6           |
| 1.5    Objetivo general .....                                                                 | 6           |
| 1.6    Objetivos específicos.....                                                             | 7           |
| 1.7    Hipótesis.....                                                                         | 7           |
| 1.8    Contenido de la tesis .....                                                            | 8           |
| 1.9    Estructura de la tesis .....                                                           | 9           |
| 1.10   Literatura citada .....                                                                | 10          |
| <b>CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>                                                | <b>11</b>   |
| 2.1    Marco teórico.....                                                                     | 11          |
| 2.1.1   La teoría general de sistemas .....                                                   | 11          |
| 2.1.2   El sistema alimentario global: estructura, límites y comportamiento<br>sistémico..... | 12          |
| 2.1.3   La teoría de las transiciones sociotécnicas .....                                     | 14          |

|                                                                                                                                         |                                                                    |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.4                                                                                                                                   | La Perspectiva Multinivel (MLP): dinámica y niveles de análisis .  | 16        |
| 2.1.5                                                                                                                                   | El paisaje sociotécnico .....                                      | 17        |
| 2.1.6                                                                                                                                   | El régimen sociotécnico.....                                       | 18        |
| 2.1.7                                                                                                                                   | Los nichos de innovación .....                                     | 19        |
| 2.1.8                                                                                                                                   | Dinámica de las transiciones .....                                 | 19        |
| 2.2                                                                                                                                     | Marco de referencia.....                                           | 21        |
| 2.3                                                                                                                                     | Literatura citada.....                                             | 25        |
| <b>CAPÍTULO 3. SITUACIÓN Y TENDENCIAS DE LOS NICHOS DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS: INVERSIÓN, REGULACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO .....</b> |                                                                    | <b>28</b> |
| 3.1                                                                                                                                     | Resumen .....                                                      | 28        |
| 3.2                                                                                                                                     | Abstract .....                                                     | 29        |
| 3.3                                                                                                                                     | INTRODUCCIÓN.....                                                  | 30        |
| 3.4                                                                                                                                     | METODOLOGÍA.....                                                   | 31        |
| 3.4.1                                                                                                                                   | Enfoque general de estudio.....                                    | 31        |
| 3.4.2                                                                                                                                   | Fuentes de información .....                                       | 32        |
| 3.4.3                                                                                                                                   | Estrategia de análisis .....                                       | 33        |
| 3.5                                                                                                                                     | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                       | 33        |
| 3.5.1                                                                                                                                   | Presiones globales y diversificación de la oferta proteica .....   | 34        |
| 3.5.2                                                                                                                                   | El régimen cárnico dominante: estructura y tensiones actuales ..   | 34        |
| 3.5.3                                                                                                                                   | Trayectorias de desarrollo de los nichos de proteínas alternativas | 35        |
| 3.5.4                                                                                                                                   | Situación actual del mercado global de proteínas alternativas .... | 36        |
| 3.5.5                                                                                                                                   | Inversión y financiamiento .....                                   | 37        |

|                                                                                                                                                  |                                                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5.6                                                                                                                                            | Regulación y políticas públicas .....                                                                          | 39        |
| 3.5.7                                                                                                                                            | Desarrollo tecnológico y diversificación .....                                                                 | 40        |
| 3.5.8                                                                                                                                            | Interpretación teórica de los resultados: dinámicas del cambio<br>sociotécnico en el sistema alimentario ..... | 44        |
| 3.6                                                                                                                                              | CONCLUSIÓN.....                                                                                                | 45        |
| 3.7                                                                                                                                              | LITERATURA CITADA .....                                                                                        | 47        |
| <b>CAPÍTULO 4. CONDICIONES SOCIOTÉCNICAS DE COEXISTENCIA ENTRE<br/>NICHOS DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS Y EL RÉGIMEN CÁRNICO<br/>DOMINANTE .....</b> |                                                                                                                | <b>51</b> |
| 4.1                                                                                                                                              | Resumen .....                                                                                                  | 51        |
| 4.2                                                                                                                                              | Abstract .....                                                                                                 | 52        |
| 4.3                                                                                                                                              | Introducción .....                                                                                             | 53        |
| 4.4                                                                                                                                              | Metodología.....                                                                                               | 55        |
| 4.5                                                                                                                                              | Consideraciones éticas.....                                                                                    | 58        |
| 4.6                                                                                                                                              | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                                                   | 59        |
| 4.6.1                                                                                                                                            | Análisis exploratorio inicial .....                                                                            | 59        |
| 4.7                                                                                                                                              | Análisis temático y visualización de hallazgos.....                                                            | 60        |
| 4.7.1                                                                                                                                            | Aceptación del consumidor y factores culturales.....                                                           | 60        |
| 4.7.2                                                                                                                                            | Factores tecnológicos y de producción .....                                                                    | 64        |
| 4.7.3                                                                                                                                            | Régimen dominante, empresas y dinámicas del sector .....                                                       | 66        |
| 4.7.4                                                                                                                                            | Regulación y políticas públicas .....                                                                          | 69        |
| 4.7.5                                                                                                                                            | Oportunidades y riesgos.....                                                                                   | 72        |
| 4.7.6                                                                                                                                            | Perspectiva sociotécnica y trayectoria de transición .....                                                     | 76        |
| 4.8                                                                                                                                              | Síntesis comparativa de la transición sociotécnica.....                                                        | 78        |

|                                                                               |                                |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------|
| 4.9                                                                           | Contribución del estudio ..... | 82        |
| 4.10                                                                          | Conclusión.....                | 83        |
| 4.11                                                                          | Literatura citada.....         | 86        |
| <b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES.....</b>                                |                                | <b>90</b> |
| <b>CAPÍTULO 6. APORTES DE LA TESIS Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....</b> |                                | <b>94</b> |
| 6.1                                                                           | LITERATURA CITADA .....        | 97        |

## LISTA DE CUADROS

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Indicadores seleccionados del financiamiento público y privado de las proteínas alternativas.....                   | 38 |
| Cuadro 2. Síntesis de los resultados sobre inversión, regulación y desarrollo tecnológico de las proteínas alternativas ..... | 43 |
| Cuadro 3 Perfil profesional de los informantes clave incluidos en el estudio ....                                             | 57 |
| Cuadro 4 Oportunidades vs. Riesgos en el desarrollo de proteínas alternativas.<br>.....                                       | 81 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Estructura de la tesis: Transición sociotécnica de las proteínas alternativas.....                                    | 9  |
| Figura 2. Múltiples niveles como una jerarquía anidada en la Perspectiva Multinivel (MLP) .....                                 | 17 |
| Figura 3. Perspectiva multinivel de las transiciones sociotécnicas .....                                                        | 21 |
| Figura 4. Nube de palabras generada a partir del análisis exploratorio de entrevistas sobre proteínas alternativas. ....        | 60 |
| Figura 5. Interacción sociotécnica entre el régimen cárnico dominante y los nichos de innovación en proteínas alternativas..... | 79 |

## **ABREVIATURAS USADAS**

**ANVISA:** Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria, Brasil)

**CFIA:** *Canadian Food Inspection Agency* (Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos)

**DARPA:** *Defense Advanced Research Projects Agency* (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, Estados Unidos)

**FAO:** *Food and Agriculture Organization* (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

**FDA:** *Food and Drug Administration* (Administración de Alimentos y Medicamentos, Estados Unidos)

**GEI:** Gases de Efecto Invernadero

**GFI:** *Good Food Institute* (Instituto de los Buenos Alimentos)

**MAPA:** *Ministério da Agricultura e Pecuária* (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Brasil)

**MLP:** Perspectiva Multinivel (*Multi-Level Perspective*)

**USDA:** *United States Department of Agriculture* (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)

## **DEDICATORIAS**

A mi padre y a mi madre, por acompañarme en cada paso, por su apoyo constante y por ser siempre mi guía.

A mis hermanos, por alentar mi creatividad con palabras, bromas y cariño, y por hacer de cada momento algo especial.

A la Universidad Autónoma Chapingo, que ha sido mi hogar durante tantos años, y en cuyos pasillos, jardines y aulas viví incontables historias que han marcado mi vida. Un homenaje a lo grande que eres.

A mis amigos —los de antes, los de ahora, los de siempre—, por los momentos compartidos, las risas y los recuerdos que permanecerán conmigo para siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECITHI), por el apoyo brindado a lo largo de mi formación de posgrado, el cual ha hecho posible el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y al Centro Académico y de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), por el respaldo institucional, académico y humano durante estos años, así como por los espacios que han contribuido a mi crecimiento profesional y personal.

A mis profesores, por sus enseñanzas, su tiempo y su compromiso con la formación académica, así como por compartir su experiencia y conocimiento a lo largo de este proceso.

A todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este trabajo.

## DATOS BIOGRÁFICOS

Emmanuel Espinoza Hernández, nacido el 4 de septiembre de 2000, es originario del estado de Oaxaca, México. A los quince años ingresó a la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, institución en la que posteriormente continuó su formación profesional, obteniendo el título de Ingeniero en Mecatrónica Agrícola en el año 2023.



Realizó estudios de posgrado en la Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial en el Centro Académico y de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo.

De manera paralela a su formación académica, ha desarrollado actividades en el ámbito artístico. Ha incursionado en la pintura, así como en la producción musical, publicando obras en diversas plataformas digitales. Asimismo, ha desarrollado su faceta literaria como autor de la saga de ciencia ficción Exogénesis, así como de la obra Lux: Sangre única, sumando un total de tres libros publicados.

## Resumen general

### TRANSICIÓN SOCIOTÉCNICA DE LAS PROTEÍNAS ALTERNATIVAS.<sup>1</sup>

El sistema alimentario global enfrenta presiones derivadas del cambio climático, la escasez de recursos y la creciente demanda de proteínas. Los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada han adquirido relevancia como opciones para diversificar la provisión proteica y reducir impactos ambientales. Sin embargo, su desarrollo está condicionado por infraestructuras consolidadas, regulaciones heterogéneas, intereses económicos y prácticas culturales arraigadas. Esta investigación analizó, desde la Perspectiva Multinivel, las condiciones sociotécnicas que influyen en el desarrollo de las proteínas alternativas y su articulación con el régimen dominante de proteínas convencionales. La tesis integró dos estudios complementarios: una revisión documental temático-comparativa de literatura científica, informes institucionales, estudios de mercado y documentos regulatorios sobre inversión, regulación y desarrollo tecnológico; y un estudio cualitativo exploratorio basado en entrevistas semiestructuradas a quince informantes clave internacionales, analizadas mediante codificación deductiva e inductiva con ATLAS.ti. Los resultados muestran que la transición no sigue una trayectoria de sustitución directa, sino un proceso gradual y desigual de diversificación, coexistencia y reconfiguración parcial del sistema alimentario. La inversión y la regulación actúan como condiciones habilitantes, pero la consolidación del sector depende de articular tres dimensiones: escalamiento tecnológico y productivo; financiamiento y alianzas estratégicas; y legitimidad social y aceptación del consumidor.

**Palabras clave:** Proteínas alternativas, transición sociotécnica, perspectiva multinivel, régimen alimentario dominante, coexistencia.

---

<sup>1</sup> Tesis de Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial, Universidad Autónoma Chapingo.  
Autor: Emmanuel Espinoza Hernández  
Director de tesis: Dr. Manrubio Muñoz Rodríguez

## General abstract

### SOCIOTECHNICAL TRANSITION OF ALTERNATIVE PROTEINS.<sup>2</sup>

The global food system faces pressures arising from climate change, resource scarcity, and the growing demand for protein. Plant-based meat analogues, precision fermentation, and cultivated meat have gained prominence as options for diversifying the protein supply and reducing environmental impacts. However, their development is shaped by established infrastructures, heterogeneous regulatory frameworks, economic interests, and deeply rooted cultural practices. Drawing on the Multi-Level Perspective, this research analyzed the sociotechnical conditions that influence the development of alternative proteins and their articulation with the dominant regime of conventional proteins. The thesis comprised two complementary studies: a thematic and comparative review of scientific literature, institutional reports, market studies, and regulatory documents addressing investment, regulation, and technological development; and an exploratory qualitative study based on semi-structured interviews with fifteen international key informants, analyzed through deductive and inductive coding using ATLAS.ti. The findings show that the transition does not follow a pathway of direct substitution but instead unfolds as a gradual and uneven process of diversification, coexistence, and partial reconfiguration of the food system. Investment and regulation serve as enabling conditions; however, the consolidation of the sector depends on the alignment of three dimensions: technological and production scale-up; financing and strategic alliances; and social legitimacy and consumer acceptance.

**Keywords:** alternative proteins, sociotechnical transition, Multi-Level Perspective, dominant food regime, coexistence.

---

<sup>2</sup> Master of Science thesis in Agribusiness Strategy, Universidad Autónoma Chapingo.  
Author: Emmanuel Espinoza Hernández.  
Thesis supervisor: Dr. Manrubio Muñoz Rodríguez.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

El sistema alimentario global enfrenta el reto de satisfacer una demanda creciente de alimentos bajo condiciones de cambio climático y presión sobre los recursos naturales. Las proyecciones más recientes estiman que la población mundial alcanzará alrededor de 9.7 mil millones de personas en 2050 (United Nations, 2024). Al mismo tiempo, el aumento de la demanda de proteínas de origen animal intensifica las presiones ambientales asociadas con la ganadería, cuyas cadenas de suministro generan entre 12 % y 16 % de las emisiones antropogénicas mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) (FAO, 2023).

Además de contribuir a estas emisiones, la producción ganadera constituye uno de los componentes más intensivos en el uso de recursos dentro del sistema alimentario global. De acuerdo con la síntesis de Soleymani et al. (2024), esta actividad ocupa aproximadamente el 30 % de la superficie terrestre libre de hielo y representa cerca del 8 % del uso mundial de agua dulce por actividades humanas, en gran medida debido a la producción de cultivos destinados a la alimentación animal. Si bien la ganadería sostiene los medios de vida de millones de familias rurales, especialmente en países del Sur Global, su elevada demanda de tierra y agua plantea importantes desafíos ambientales y sociales a largo plazo (Howard, 2022). Estas presiones han incrementado el interés por los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada como opciones para diversificar la provisión de proteínas y reducir algunos impactos de la ganadería convencional.

En el caso de la carne cultivada, una evaluación prospectiva estimó reducciones de entre 78 y 96 % en las emisiones de GEI, de 82 a 96 % en el uso de agua y de hasta 99 % en el uso de tierra, además de un consumo energético entre 7 y 45 % menor frente a la producción convencional de carne en Europa (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011). Por su parte, algunos productos obtenidos mediante fermentación de precisión podrían

requerir alrededor de 90 % menos tierra y 96 % menos agua, así como generar hasta 97 % menos emisiones de GEI (Knychala et al., 2024). Estas estimaciones deben interpretarse con cautela, pues dependen de las condiciones de producción, los insumos utilizados y la fuente de energía.

Estos beneficios potenciales no implican una sustitución inmediata de las proteínas convencionales. El surgimiento de estas tecnologías abre un proceso de transición sociotécnica cuya trayectoria permanece incierta y podría involucrar dinámicas de integración, coexistencia o reconfiguración del régimen alimentario dominante. Su evolución depende de factores como la madurez tecnológica, los costos de producción, la aceptación del consumidor, los marcos regulatorios y la capacidad de los mercados y las instituciones para integrar estas innovaciones.

Para analizar este proceso, la investigación examina las condiciones sociotécnicas que influyen en el desarrollo de las proteínas alternativas y su articulación con el régimen alimentario dominante basado en proteínas de origen animal. Para ello se emplea la Perspectiva Multinivel (MLP), que permite estudiar la interacción entre tres niveles: i) las presiones del paisaje sociotécnico, como el cambio climático, la escasez de recursos y el cambio demográfico; ii) las estructuras y reglas del régimen, entre ellas la infraestructura, los mercados, la regulación y las prácticas de producción y consumo; y iii) los nichos de innovación. Este enfoque permite identificar las condiciones que favorecen o limitan los procesos de integración, coexistencia y reconfiguración del sistema alimentario.

## **1.1 Antecedentes de la investigación**

La investigación sobre las proteínas alternativas ha incorporado el enfoque de las transiciones sociotécnicas, particularmente la MLP. Desde este enfoque, el cambio del sistema alimentario no se reduce a la sustitución directa de una tecnología por otra, sino que se explica mediante las interacciones entre las presiones del paisaje sociotécnico, las estructuras y reglas del régimen

dominante y los nichos de innovación. Estas interacciones pueden dar lugar a distintas trayectorias de transición.

Moritz et al. (2023) analizaron las percepciones de actores políticos de Finlandia y Alemania sobre la carne cultivada e identificaron tres posibles trayectorias, condicionadas por las presiones del paisaje, las estructuras del régimen, el desarrollo tecnológico y las posiciones de los actores involucrados. En el caso de Singapur, Pay y Gianoli (2024) integraron elementos de la MLP, los sistemas de innovación tecnológica y el enfoque de sistemas alimentarios para examinar los procesos que facilitan o dificultan la transición hacia un sistema basado en proteínas alternativas. Mylan et al. (2023), por su parte, estudiaron la evolución y difusión de cuatro tecnologías de proteínas alternativas y mostraron que sus diferentes grados de madurez, junto con la creciente participación de empresas establecidas, producen dinámicas de transición diferenciadas.

Estos antecedentes muestran que las proteínas alternativas conforman nichos heterogéneos cuyas trayectorias dependen no solo de su desarrollo tecnológico, sino también de su interacción con las estructuras productivas, las instituciones, los mercados y las prácticas de consumo. En lugar de seguir una trayectoria única o predeterminada, su desarrollo puede generar procesos de integración, coexistencia o reconfiguración del régimen alimentario dominante. No obstante, estos estudios presentan énfasis particulares en determinadas tecnologías, dimensiones o ámbitos geográficos, por lo que resulta pertinente integrar las condiciones tecnológicas, económicas, regulatorias y socioculturales que explican las diferencias en el desarrollo y la inserción de estas plataformas.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La necesidad de satisfacer una demanda alimentaria creciente sin intensificar la presión sobre los recursos naturales plantea el reto de transformar el sistema alimentario hacia formas de producción y consumo más sostenibles. Una parte central de esta problemática se relaciona con el régimen alimentario dominante

basado en proteínas de origen animal, debido a sus impactos ambientales y a la intensidad con la que la producción pecuaria utiliza tierra, agua y otros recursos.

La ganadería ocupa cerca del 80 % de la tierra agrícola mundial, considerando tanto las superficies destinadas al pastoreo como las utilizadas para producir cultivos para la alimentación animal (Ritchie & Roser, 2019). Esta dependencia territorial se articula con infraestructuras, cadenas de suministro, marcos regulatorios y prácticas de producción y consumo consolidados. De forma conjunta, estos elementos generan inercias estructurales que pueden dificultar la incorporación y expansión de alternativas productivas emergentes.

Los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada se han desarrollado como nichos de innovación con potencial para diversificar la provisión de proteínas. En particular, las evaluaciones sobre la carne cultivada y la fermentación de precisión identifican posibles reducciones en el uso de tierra y agua y en las emisiones de gases de efecto invernadero, aunque su magnitud depende de los procesos productivos, los insumos empleados y las fuentes de energía (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011; Knychala et al., 2024). No obstante, el escalamiento, la comercialización y la adopción de estas plataformas están condicionados por factores tecnológicos, económicos, regulatorios y socioculturales.

Desde la MLP, el potencial tecnológico o ambiental de estos nichos no determina por sí solo su capacidad para modificar el régimen dominante. Su trayectoria depende de la interacción entre las presiones del paisaje sociotécnico, las estructuras y respuestas del régimen y el fortalecimiento de los propios nichos. El problema central radica, por tanto, en determinar bajo qué condiciones estas innovaciones pueden superar sus limitaciones, incorporarse al sistema alimentario y generar procesos de integración, coexistencia o reconfiguración.

Por ello, esta investigación analiza las condiciones sociotécnicas que influyen en el desarrollo de las proteínas alternativas y en su articulación con el régimen alimentario dominante, con especial atención a los factores tecnológicos,

económicos, regulatorios y socioculturales que facilitan o restringen su consolidación.

### **1.3 Justificación**

La presente investigación se justifica por la necesidad de profundizar en la comprensión de cómo se están configurando los procesos de transición en el sistema alimentario contemporáneo, particularmente en lo que respecta a la emergencia y consolidación de las proteínas alternativas frente al régimen alimentario dominante. Si bien existe un creciente volumen de estudios sobre los impactos ambientales y el potencial tecnológico de estas innovaciones, persiste un vacío analítico en torno a las condiciones sociotécnicas que influyen en su integración, coexistencia o transformación gradual del régimen establecido.

Al respecto, la relevancia del estudio radica en analizar no solo las características técnicas de las proteínas alternativas, sino los factores estructurales, normativos, culturales e institucionales que condicionan su viabilidad y su capacidad de insertarse en las dinámicas productivas y de consumo existentes. A través del enfoque de las transiciones sociotécnicas, esta investigación permite abordar de manera sistemática las tensiones, los alineamientos parciales y las trayectorias emergentes que caracterizan la relación entre los nichos de innovación y el régimen alimentario dominante.

Desde esta perspectiva, la investigación aporta una lectura integral del proceso de transición al examinar de forma articulada los motores, las barreras y las posibles trayectorias de incorporación de las proteínas alternativas. Mediante un diseño metodológico que integra una revisión documental temático-comparativa y un estudio cualitativo, la investigación genera evidencia sobre las condiciones bajo las cuales estas plataformas pueden coexistir con el régimen alimentario dominante, complementarlo o contribuir a su transformación gradual.

La justificación del estudio es tanto académica como práctica. En el ámbito académico, contribuye a fortalecer el análisis interdisciplinario de las transiciones alimentarias desde la MLP, ampliando la comprensión de los procesos de cambio

más allá de explicaciones exclusivamente tecnológicas o de mercado. En el plano práctico, los resultados ofrecen insumos relevantes para la formulación de políticas públicas, el diseño de marcos regulatorios y la definición de estrategias industriales orientadas a la sostenibilidad del sistema alimentario.

De este modo, el proyecto se inscribe en la línea de investigación del CIESTAAM denominada Ciencia, Sociedad, Tecnología e Innovación en el Sector Rural, al centrarse en la interacción entre actores, tecnologías emergentes y estructuras institucionales en el contexto de una transición hacia sistemas alimentarios más sostenibles. A fin de comprender las dinámicas de cambio en el sistema alimentario, este estudio se fundamenta en la teoría de las transiciones sociotécnicas, específicamente bajo la Perspectiva Multinivel, la cual proporciona el marco analítico para interpretar las interacciones entre el régimen establecido, los nichos de innovación y las presiones globales que impulsan el cambio sistémico.

#### **1.4 Preguntas de investigación**

La presente investigación plantea las siguientes interrogantes:

- a) ¿Cómo se configura el desarrollo de los nichos de innovación en proteínas alternativas a nivel global, en términos de inversión, regulación y desarrollo tecnológico?
- b) ¿Qué condiciones sociotécnicas facilitan o restringen la articulación entre los nichos de innovación en proteínas alternativas y el régimen alimentario dominante?

#### **1.5 Objetivo general**

Analizar, desde la Perspectiva Multinivel, las condiciones sociotécnicas que influyen en el desarrollo de los nichos de innovación en proteínas alternativas y en su articulación con el régimen alimentario dominante basado en proteínas de

origen animal, así como las implicaciones de esta interacción para los procesos de coexistencia y reconfiguración parcial del sistema alimentario.

## **1.6 Objetivos específicos**

Del objetivo general se desagregan los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar la situación actual y las tendencias del mercado global de proteínas alternativas en términos de inversión, regulación y desarrollo tecnológico, e identificar las condiciones que influyen en su evolución y consolidación.
2. Analizar las condiciones sociotécnicas que facilitan o restringen la articulación entre los nichos de innovación en proteínas alternativas y el régimen alimentario dominante basado en proteínas de origen animal, y examinar sus implicaciones para el escalamiento de los nichos y los procesos de coexistencia y reconfiguración parcial del sistema alimentario.

## **1.7 Hipótesis**

Estas hipótesis se formulan a partir de las preguntas de investigación y orientan el análisis hacia la identificación de las condiciones que podrían viabilizar la adopción de tecnologías de proteínas alternativas, considerando factores como la aceptación, la regulación y su integración con el régimen alimentario dominante.

### **Hipótesis general**

La evolución de los nichos de proteínas alternativas no supone la sustitución directa del régimen alimentario basado en proteínas animales, sino una transición sociotécnica gradual marcada por la coexistencia y la reconfiguración parcial. Su consolidación depende de la interacción entre capacidades tecnológicas y productivas, condiciones de mercado, marcos regulatorios y procesos de legitimación sociocultural.

### **Hipótesis específica 1**

La inversión, la claridad de los marcos regulatorios y el desarrollo tecnológico actúan como condiciones habilitantes e interdependientes para el desarrollo de las proteínas alternativas, pero ninguna de ellas garantiza por sí sola su escalamiento y consolidación dentro del sistema alimentario.

## **Hipótesis específica 2**

La articulación entre los actores del régimen alimentario dominante y los nichos de innovación, mediante alianzas estratégicas y modelos de negocio, favorece el acceso a recursos, infraestructura, capacidades productivas, canales de distribución y legitimidad, contribuyendo al escalamiento de las proteínas alternativas dentro del sistema alimentario.

## **1.8 Contenido de la tesis**

La tesis se organiza en seis capítulos, cuya estructura general se presenta en la Figura 1. El Capítulo 1 corresponde a la introducción, donde se plantea el contexto del sistema alimentario global, la problemática asociada a la sostenibilidad del régimen alimentario dominante, los objetivos de investigación y el enfoque general del estudio. En este capítulo, la revisión de literatura no se presenta como un apartado independiente, sino que se integra dentro de los antecedentes, articulándose con la construcción del problema y la contextualización del objeto de estudio.

El Capítulo 2 presenta la revisión de literatura e integra los fundamentos conceptuales de la teoría de sistemas, las proteínas alternativas y las transiciones sociotécnicas, con énfasis en la MLP como marco interpretativo de la investigación.

Los capítulos 3 y 4 constituyen el núcleo analítico de la tesis y se desarrollan como estudios complementarios. El Capítulo 3 presenta un análisis documental temático-comparativo sobre la situación y las tendencias de los nichos de innovación en proteínas alternativas a escala global, organizado en torno a tres ejes centrales: inversión, regulación y desarrollo tecnológico. El Capítulo 4

expone un análisis cualitativo de las condiciones sociotécnicas de coexistencia entre estos nichos y el régimen cárnico dominante, basado en entrevistas semiestructuradas realizadas durante 2025 a quince informantes clave internacionales.

El Capítulo 5 presenta las conclusiones generales, integrando los principales resultados del análisis y destacando las implicaciones del estudio para comprender la transición proteica como un proceso gradual caracterizado por coexistencia, complementariedad e hibridación. Finalmente, el Capítulo 6 expone los aportes de la tesis y plantea líneas futuras de investigación orientadas a profundizar en los factores tecnológicos, institucionales, regulatorios y sociotécnicos que condicionan la evolución de las proteínas alternativas.

## 1.9 Estructura de la tesis

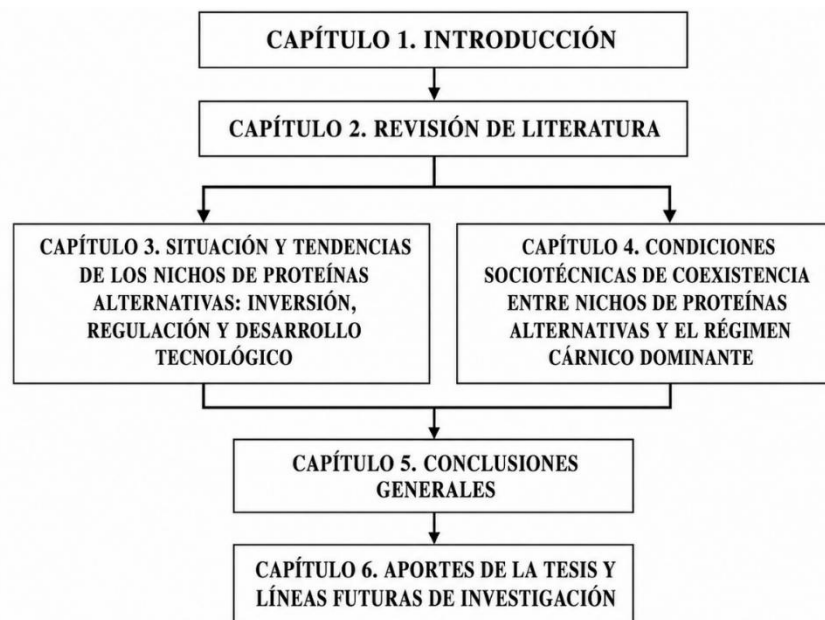


Figura 1. Estructura de la tesis: Transición sociotécnica de las proteínas alternativas.

Fuente: Elaboración propia.

## 1.10 Literatura citada

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Pathways towards lower emissions: A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems. <https://doi.org/10.4060/cc9029en>
- Howard, P. (2022). The politics of protein: Examining claims about livestock, fish, “alternative proteins” and sustainability. IPES-Food. Recuperado de <https://www.ipes-food.org>
- Knychala, M. M., Boing, L. A., Ienczak, J. L., Trichez, D., & Stambuk, B. U. (2024). Precision fermentation as an alternative to animal protein: A review. *Fermentation*, 10(6), 315. <https://doi.org/10.3390/fermentation10060315>
- Moritz, J., McPartlin, M. L. L., Tuomisto, H. L., & Ryyänen, T. (2023). A multi-level perspective of potential transition pathways towards cultured meat: Finnish and German political stakeholder perceptions. *Research Policy*, 52(9), 104866. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104866>
- Mylan, J., Andrews, J., & Maye, D. (2023). The big business of sustainable food production and consumption: Exploring the transition to alternative proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(47), e2207782120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2207782120>
- Pay, C., & Gianoli, A. (2024). Securing the future: Analysing the protein transition in Singapore. *Cities*, 150, 105072. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105072>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2019). Half of the world’s habitable land is used for agriculture. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/global-land-for-agriculture>
- Soleymani, S., Naghib, S. M., & Mozafari, M. R. (2024). An overview of cultured meat and stem cell bioprinting: How to make it, challenges and prospects, environmental effects, society’s culture and the influence of religions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18(July), 101307. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101307>
- Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117–6123. <https://doi.org/10.1021/es200130u>
- United Nations. (2024). World population prospects 2024: Summary of results (UN DESA/POP/2024/TR/NO. 9). <https://desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results>

## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Marco teórico**

#### **2.1.1 La teoría general de sistemas**

La Teoría General de Sistemas (TGS), formulada por Ludwig von Bertalanffy, representó un cambio en la manera de estudiar los fenómenos complejos. Frente al pensamiento mecanicista y reduccionista, centrado en el análisis aislado de los componentes, la TGS propuso examinar la organización de los sistemas y las interacciones dinámicas entre sus partes. Desde esta perspectiva, el comportamiento de un componente puede variar cuando se estudia de manera aislada o como parte de una totalidad organizada (Bertalanffy, 1968).

Uno de los propósitos centrales de la TGS consiste en formular principios aplicables a los sistemas en general, independientemente de la naturaleza de sus componentes y de las relaciones que mantienen entre sí (Bertalanffy, 1968, p. 37). En términos generales, un sistema puede entenderse como un conjunto de elementos en interacción. Esta definición debe distinguirse de la noción específica de sistema abierto. Para Bertalanffy (1968), los organismos vivos constituyen sistemas abiertos porque intercambian materia continuamente con su entorno y pueden mantener estados relativamente estables sin alcanzar el equilibrio termodinámico (p. 39).

Meadows (2008) amplía el pensamiento sistémico al señalar que un sistema está constituido por elementos, interconexiones y una función o propósito (pp. 11–12). Su comportamiento depende principalmente de su estructura, conformada por existencias, flujos y, cuando están presentes, bucles de retroalimentación. Los bucles compensadores pueden mantener determinadas variables alrededor de un estado deseado, mientras que los reforzadores amplifican la dirección del cambio. La interacción entre ambos, junto con los retrasos y las relaciones no lineales, puede producir estabilidad, crecimiento, declive, oscilaciones o comportamientos inesperados (Meadows, 2008, pp. 25–31, 89).

La TGS y el pensamiento sistémico proporcionan así una perspectiva transdisciplinaria para estudiar fenómenos cuyas propiedades no pueden comprenderse mediante el análisis aislado de sus componentes. Aplicada al ámbito alimentario, esta perspectiva permite concebir el sistema alimentario como una organización abierta, compleja e interdependiente, en la que interactúan actores, tecnologías, instituciones, mercados, prácticas de consumo y procesos biofísicos.

La TGS se utiliza en esta investigación como base conceptual para comprender la interdependencia, la retroalimentación y las dinámicas de cambio del sistema alimentario. El estudio no pretende modelar detalladamente los flujos de energía, agua o nutrientes, sino analizar las transformaciones sociotécnicas derivadas de la interacción entre actores, tecnologías y estructuras institucionales. Sobre esta base, la Perspectiva Multinivel permitirá examinar posteriormente las relaciones entre el paisaje sociotécnico, el régimen dominante y los nichos de innovación.

### **2.1.2 El sistema alimentario global: estructura, límites y comportamiento sistémico**

Desde el pensamiento sistémico, el sistema alimentario global puede concebirse como una red abierta y compleja en la que interactúan actores, instituciones, tecnologías, mercados, recursos naturales y prácticas de producción y consumo. Estas interacciones generan flujos de alimentos, materia, energía, información y capital entre distintos componentes y escalas. Esta concepción es congruente con la noción de sistemas abiertos de Bertalanffy (1968) y con el planteamiento de Ericksen (2008), quien representa los sistemas alimentarios mediante las relaciones entre sus actividades, sus resultados sociales y ambientales y los factores que condicionan su funcionamiento.

La amplitud y complejidad de estas interacciones dificultan anticipar los efectos de las intervenciones. Los retrasos, las relaciones no lineales y la información incompleta pueden provocar que una decisión produzca resultados diferentes de los esperados. Meadows (2008) denomina *system traps* o trampas sistémicas a

las estructuras recurrentes que generan comportamientos persistentes e indeseables. Estas trampas pueden originarse por objetivos contrapuestos, retroalimentaciones débiles o ausentes, retrasos en la información y combinaciones de bucles compensadores y reforzadores.

Una de estas trampas es la resistencia a las políticas (*policy resistance*), que aparece cuando los actores de un sistema persiguen objetivos diferentes y responden a las intervenciones mediante acciones que contrarrestan sus efectos. Aplicada al sistema alimentario, esta perspectiva permite analizar cómo las políticas orientadas a la sostenibilidad pueden encontrar resistencias derivadas de los incentivos de mercado, los intereses empresariales, las estrategias productivas y las prácticas de consumo. La interacción de estas respuestas puede mantener patrones que ninguno de los actores considera óptimos, a pesar de los esfuerzos dirigidos a modificarlos (Meadows, 2008, pp. 112–116).

Otro principio relevante es la existencia de límites físicos al crecimiento. Meadows (2008) señala que ningún inventario físico puede crecer indefinidamente cuando depende de recursos renovables o no renovables con capacidades limitadas de regeneración o disponibilidad (p. 69). En el sistema alimentario, estos límites se manifiestan en la presión sobre la tierra, el agua, la energía y la capacidad de los ecosistemas para absorber los impactos de la producción. La magnitud de las emisiones asociadas con las actividades agroalimentarias refleja parte de esta interacción entre producción, consumo y límites biofísicos (Crippa et al., 2021; Marinova & Bogueva, 2022).

La resiliencia no implica que un sistema permanezca estático, sino que conserve sus funciones esenciales frente a perturbaciones y pueda adaptarse o recuperarse. En los sistemas alimentarios, esta capacidad se relaciona con la provisión suficiente, adecuada y accesible de alimentos ante cambios graduales o acontecimientos imprevistos (Tendall et al., 2015). Por ello, la dependencia de recursos limitados, la degradación ambiental y la falta de alternativas productivas pueden aumentar su vulnerabilidad y reducir su capacidad de respuesta.

Desde esta perspectiva, los problemas de sostenibilidad del sistema alimentario no deben interpretarse únicamente como fallas aisladas de gestión. También pueden ser reproducidos por su estructura, particularmente por las reglas, los incentivos, las relaciones entre actores y los flujos de información que orientan su comportamiento. Esto no significa que sus resultados sean inevitables: la modificación de dichas estructuras puede alterar la trayectoria del sistema. Este planteamiento permite enlazar el pensamiento sistémico con la teoría de las transiciones sociotécnicas, que examina cómo la innovación, el cambio institucional y la interacción entre actores pueden contribuir a la reconfiguración de los sistemas establecidos.

### **2.1.3 La teoría de las transiciones sociotécnicas**

El estudio de las transiciones sociotécnicas se consolidó como un campo interdisciplinario orientado a explicar transformaciones profundas y de largo plazo en los sistemas que satisfacen funciones sociales como la energía, el transporte, la vivienda y la alimentación. Aunque comparte con el pensamiento sistémico una concepción relacional del cambio, sus fundamentos también proceden de los estudios de ciencia y tecnología, la economía evolutiva, la sociología institucional y los estudios de innovación. Rip y Kemp (1998) sentaron bases para analizar el cambio tecnológico como parte de configuraciones sociales más amplias, mientras que Geels (2002) desarrolló esta perspectiva mediante el estudio de los procesos evolutivos de reconfiguración sociotécnica.

Un sistema sociotécnico está constituido por configuraciones interdependientes de tecnologías, infraestructuras, conocimientos, redes empresariales, mercados, regulaciones, prácticas de los usuarios y significados culturales. Por esta razón, una transición no consiste únicamente en reemplazar una tecnología por otra, sino en modificar varios de estos componentes y las relaciones que los articulan. Elzen et al. (2004) señalan que las transiciones comprenden cambios simultáneos en las dimensiones tecnológicas, institucionales, económicas y socioculturales. Geels (2004), por su parte, destaca la importancia de incorporar

al análisis tanto las estructuras productivas como las prácticas de los usuarios y las reglas institucionales que orientan su comportamiento.

La estabilidad de los sistemas sociotécnicos no depende únicamente de su tendencia al equilibrio, sino de la alineación entre reglas, rutinas, inversiones, infraestructuras, instituciones y prácticas que reproducen las configuraciones existentes. Estas relaciones generan dependencia de trayectoria y resistencia al cambio. Las transiciones pueden desarrollarse cuando las tensiones internas del sistema y las presiones externas coinciden con innovaciones emergentes que han adquirido suficiente desarrollo, apoyo y legitimidad. Su evolución también depende de la actuación de empresas, gobiernos, organizaciones sociales, científicos y consumidores, así como de los procesos de aprendizaje, negociación y coordinación entre estos actores (Grin et al., 2010).

Rotmans et al. (2001) representan las transiciones mediante cuatro fases analíticas: predesarrollo, despegue, aceleración y estabilización. Durante el predesarrollo, las transformaciones son todavía incipientes y poco visibles; en el despegue comienza a modificarse la estructura del sistema; durante la aceleración se acumulan cambios tecnológicos, económicos, institucionales y socioculturales; finalmente, la estabilización supone la consolidación de una nueva configuración. Estas fases constituyen una representación heurística, por lo que no deben interpretarse como una secuencia rígida, inevitable o completamente lineal.

La teoría de las transiciones sociotécnicas permite, por tanto, analizar el cambio como un proceso de reconfiguración estructural impulsado por la interacción entre innovaciones, instituciones, actores y presiones externas. Una transición no es sostenible por definición, pues su orientación y sus resultados dependen de los intereses, las relaciones de poder y los objetivos que intervienen en el proceso. Dentro de este campo, la Perspectiva Multinivel constituye uno de los principales marcos para examinar la interacción entre el paisaje sociotécnico, el régimen establecido y los nichos de innovación, elementos que se desarrollan en el siguiente apartado.

#### **2.1.4 La Perspectiva Multinivel (MLP): dinámica y niveles de análisis**

Dentro de la teoría de las transiciones sociotécnicas, la Perspectiva Multinivel (MLP) constituye uno de los principales marcos analíticos para el estudio de los procesos de cambio sistémico. La perspectiva fue sistematizada por Geels (2002) y posteriormente ampliada por Geels y Schot (2010). Su propósito es explicar cómo la interacción entre procesos que ocurren en distintos niveles analíticos puede favorecer, limitar o modificar el desarrollo de una transición sociotécnica.

La MLP distingue tres niveles: i) el paisaje sociotécnico, ii) el régimen sociotécnico y iii) los nichos de innovación. Estos forman una jerarquía anidada, pero no representan relaciones de autoridad ni estructuras completamente separadas. La jerarquía expresa distintos grados de estructuración y estabilidad: los nichos presentan configuraciones todavía incipientes; los regímenes concentran reglas y prácticas más consolidadas; y el paisaje comprende las condiciones generales dentro de las cuales se desarrollan ambos niveles.

La Figura 2 representa esta configuración. La expresión “mosaico de regímenes” indica que los sistemas sociotécnicos pueden estar conformados por distintos regímenes y subregímenes interdependientes. Para efectos de esta investigación, el análisis se concentra en el régimen alimentario dominante basado en proteínas de origen animal, sin desconocer sus relaciones con otros componentes del sistema alimentario, como la producción agrícola, la distribución, la regulación y los patrones de consumo.

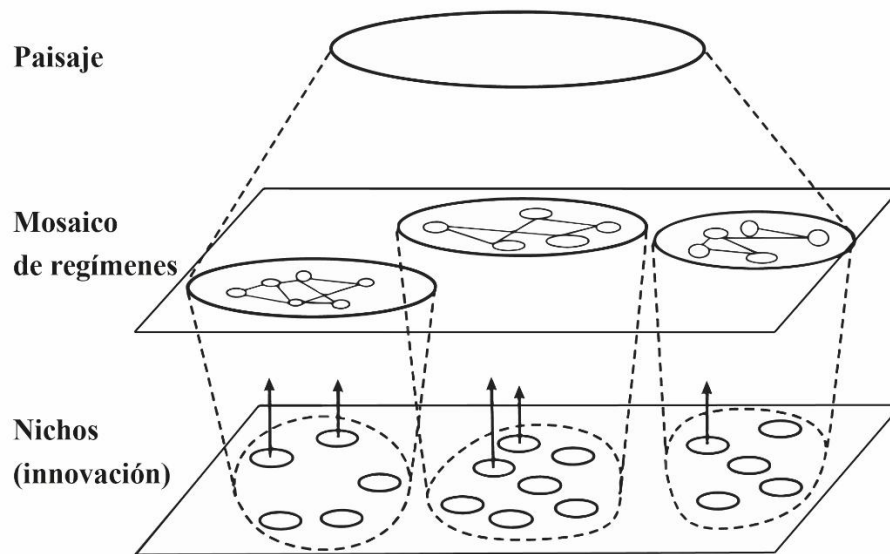


Figura 2. Múltiples niveles como una jerarquía anidada en la Perspectiva Multinivel (MLP)

Fuente: Adaptado de “Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study”, por F. W. Geels, 2002.

A diferencia de los modelos lineales de cambio tecnológico, la MLP plantea que las transiciones resultan de la interacción y alineación entre procesos sociales, tecnológicos, económicos e institucionales. Las innovaciones desarrolladas en los nichos pueden acumular conocimientos, mejorar su desempeño y ampliar sus redes de apoyo; simultáneamente, las presiones del paisaje pueden generar tensiones en el régimen y abrir ventanas de oportunidad para su incorporación. Sin embargo, esta convergencia no ocurre de manera automática ni conduce necesariamente a una sustitución directa, pues sus resultados dependen del momento, la intensidad y la naturaleza de las interacciones entre los tres niveles (Geels & Schot, 2010).

### 2.1.5 El paisaje sociotécnico

El paisaje sociotécnico representa el nivel macro, el entorno amplio que condiciona el funcionamiento del sistema. Comprende tendencias estructurales, patrones culturales, condiciones ambientales y acontecimientos externos que los

actores individuales no pueden modificar directamente en el corto plazo. El cambio climático, las transformaciones demográficas, las tendencias macroeconómicas y las nuevas sensibilidades sociales forman parte de este nivel, al igual que acontecimientos repentinos, como crisis económicas, conflictos o pandemias (Elzen et al., 2004).

Las presiones del paisaje pueden generar tensiones en las configuraciones institucionales, tecnológicas y productivas del régimen. También pueden aumentar la legitimidad de determinadas innovaciones y favorecer la apertura de oportunidades para su desarrollo. No obstante, el paisaje no determina mecánicamente el curso de una transición: su influencia depende de cómo sean interpretadas y atendidas sus presiones por los actores del régimen y de la capacidad de los nichos para aprovechar las oportunidades resultantes (Geels & Schot, 2010).

#### **2.1.6 El régimen sociotécnico**

El régimen sociotécnico constituye el nivel meso de la Perspectiva Multinivel y se refiere al conjunto semicoherente de reglas, instituciones, rutinas y expectativas que orientan y coordinan las prácticas de empresas, gobiernos, consumidores, científicos y otros grupos sociales. Estas reglas se materializan en tecnologías, infraestructuras, mercados, regulaciones, capacidades productivas y prácticas culturales que contribuyen a la estabilidad del sistema dominante (Geels, 2004).

Esta estabilidad no implica ausencia de cambio. Los regímenes pueden incorporar innovaciones incrementales y ajustarse sin modificar sus principios fundamentales. Sin embargo, la interdependencia entre inversiones, infraestructuras, regulaciones y prácticas genera dependencia de trayectoria y mecanismos de bloqueo sociotécnico (*lock-in*) que restringen la adopción de alternativas. Los actores establecidos también pueden resistir las innovaciones emergentes, incorporarlas a sus actividades o establecer alianzas con los actores de los nichos, dando lugar a diferentes trayectorias de cambio.

### **2.1.7 Los nichos de innovación**

Los nichos de innovación se sitúan en el nivel micro y se entienden como espacios parcialmente protegidos de las reglas y presiones de selección del régimen dominante. En ellos pueden desarrollarse tecnologías, prácticas y configuraciones sociotécnicas que todavía no alcanzan la estabilidad o el desempeño necesarios para competir en condiciones convencionales. Esta protección puede provenir de proyectos de investigación, apoyos institucionales o segmentos específicos del mercado (Geels, 2002).

De acuerdo con Geels y Schot (2010), en los nichos se desarrollan procesos de experimentación y aprendizaje técnico y social, se articulan redes de actores y se construyen expectativas compartidas sobre el potencial de las innovaciones. Estos procesos contribuyen a mejorar su desempeño y fortalecer su legitimidad. Sin embargo, su expansión no depende únicamente de la madurez tecnológica, sino también de la alineación entre sus desarrollos internos, las transformaciones del régimen y las presiones del paisaje.

En esta investigación, los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada se analizan como nichos de innovación que interactúan con el régimen alimentario dominante basado en proteínas de origen animal. Esta aplicación de la MLP permite examinar si dicha interacción favorece procesos de integración, coexistencia o reconfiguración parcial, sin presuponer la sustitución directa del régimen establecido.

### **2.1.8 Dinámica de las transiciones**

La MLP explica que las transiciones sociotécnicas pueden desarrollarse cuando las presiones del paisaje, como el cambio climático, las crisis económicas o las transformaciones culturales, se combinan con tensiones internas del régimen y con innovaciones desarrolladas en los nichos. Ninguno de estos procesos produce por sí solo una transición; el cambio sistémico depende de la interacción y la alineación entre las dinámicas de los tres niveles (Geels & Schot, 2010).

Esta alineación puede generar ventanas de oportunidad para que las innovaciones de nicho se incorporen al régimen y contribuyan a modificarlo. Sin embargo, el resultado no necesariamente consiste en la sustitución completa del sistema dominante. Las innovaciones pueden ser incorporadas por los actores establecidos, coexistir con las configuraciones existentes, propiciar una reconfiguración gradual o, bajo determinadas condiciones, reemplazar componentes centrales del régimen.

Geels y Schot (2007) distinguen cuatro trayectorias principales de transición: transformación, desalineación y realineación, sustitución tecnológica y reconfiguración. Estas trayectorias se diferencian por la naturaleza, la intensidad y la sincronización de las interacciones entre el paisaje, el régimen y los nichos. Los autores las presentan como tipos analíticos, por lo que en los procesos históricos pueden combinarse o desarrollarse de manera secuencial.

La Figura 3 sintetiza esta dinámica a lo largo del tiempo. En la parte inferior, las innovaciones de nicho desarrollan conocimientos, redes de actores y expectativas compartidas que pueden aumentar su impulso. En el nivel intermedio, el régimen mantiene una estabilidad dinámica, aunque puede experimentar tensiones y ajustes. Por su parte, las presiones del paisaje pueden desestabilizar el régimen y favorecer la apertura de ventanas de oportunidad. La convergencia de estos procesos puede dar lugar a una nueva configuración sociotécnica, aunque su desarrollo no es automático, lineal ni necesariamente sostenible.

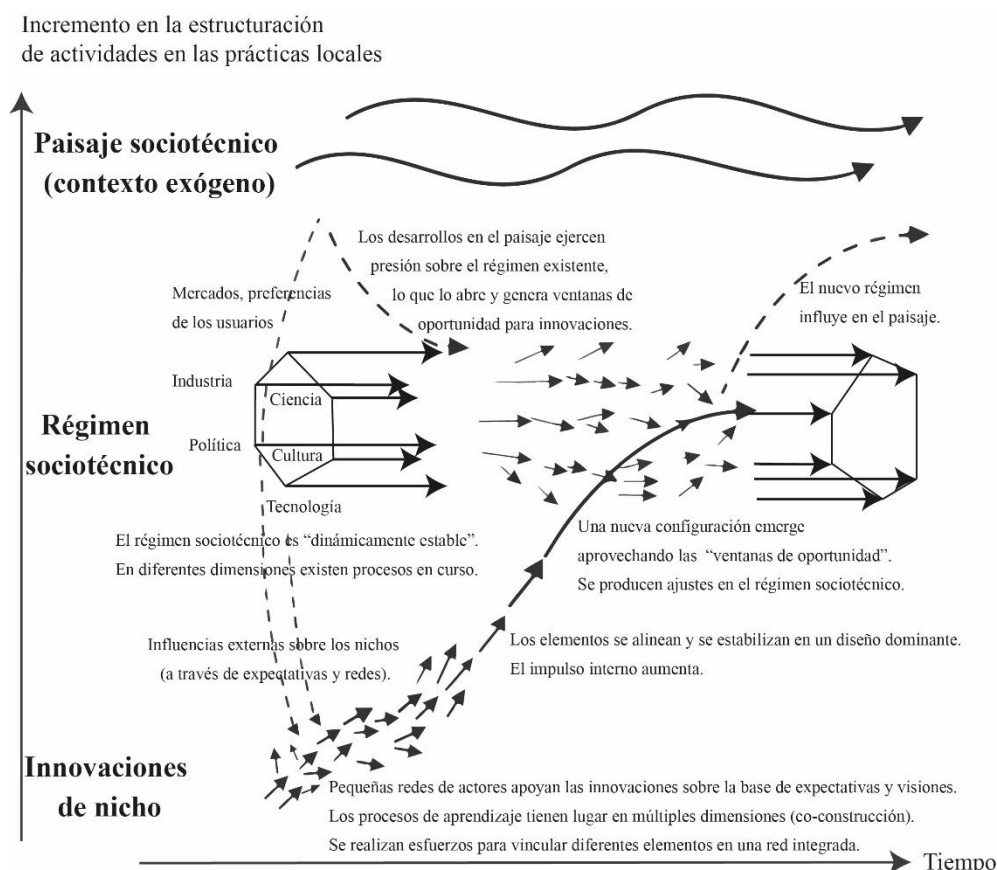


Figura 3. Perspectiva multinivel de las transiciones sociotécnicas

Fuente: Adaptado de The dynamics of transitions: A socio-technical perspective (Geels & Schot, 2010).

## 2.2 Marco de referencia

El régimen alimentario dominante basado en proteínas de origen animal ocupa una posición central en el sistema alimentario mundial. Su importancia no se limita a la producción de alimentos, pues también sostiene medios de vida rurales, genera actividad económica y se encuentra articulado con infraestructuras, cadenas de suministro, marcos regulatorios y prácticas de consumo consolidadas. Howard (2022) destaca la relevancia económica y social de la ganadería, particularmente para los productores de pequeña escala y las comunidades rurales del Sur Global.

Esta centralidad coexiste con importantes presiones ambientales. La expansión de la ganadería y de los cultivos destinados a la alimentación animal se relaciona

con el uso intensivo de tierra y agua, la degradación de ecosistemas y la emisión de gases de efecto invernadero. Crippa et al. (2021) estiman que el metano representa alrededor del 35 % de las emisiones del sistema alimentario y procede principalmente de la producción ganadera y el cultivo de arroz. A estas presiones se añaden los efectos del cambio climático sobre la producción agropecuaria, como sequías, inundaciones y otros eventos extremos que pueden comprometer su estabilidad (Marinova & Bogueva, 2022).

Las proteínas son nutrientes esenciales para el crecimiento, la reparación de tejidos y distintas funciones metabólicas y reguladoras del organismo. Sin embargo, su provisión no depende exclusivamente de fuentes animales, pues también pueden obtenerse de plantas, microorganismos y otros procesos biotecnológicos (Quesada & Gómez, 2019). Esta diversidad ha favorecido el desarrollo de innovaciones orientadas a complementar las fuentes convencionales de proteína y modificar algunos de sus procesos productivos.

Dentro de estas innovaciones se encuentran los productos vegetales análogos a la carne, elaborados con ingredientes como soya, chícharo, trigo o garbanzo. Mediante técnicas de extrusión y texturización, estos productos buscan reproducir atributos de la carne, como su estructura, apariencia y textura, aunque todavía persisten desafíos sensoriales y productivos (Dinali et al., 2024).

La fermentación de precisión utiliza microorganismos para producir ingredientes específicos, entre ellos proteínas con funciones semejantes a las presentes en productos lácteos o derivados del huevo. Su desarrollo combina herramientas biotecnológicas con procesos de fermentación industrial, pero enfrenta retos relacionados con los costos, la disponibilidad de infraestructura y el escalamiento productivo (Eastham & Leman, 2024).

Por su parte, la carne cultivada se produce mediante el cultivo de células animales en condiciones controladas para generar tejidos destinados al consumo. Aunque su desarrollo continúa condicionado por los costos de los medios de cultivo, los biorreactores y la ampliación de escala, constituye una de

las plataformas más novedosas del sector (Wang et al., 2024). Su primera autorización comercial ocurrió en Singapur en 2020, lo que representó un avance relevante en la regulación de nuevos alimentos (Chong et al., 2022).

El desempeño ambiental de estas plataformas debe evaluarse de manera diferenciada. Tuomisto y Teixeira de Mattos (2011) estimaron reducciones potenciales en el uso de tierra, agua y emisiones para la carne cultivada bajo determinadas condiciones productivas. Knychala et al. (2024) identificaron beneficios potenciales para algunos productos obtenidos mediante fermentación de precisión. Sin embargo, estos resultados dependen de los insumos utilizados, la fuente de energía, la escala de producción y el producto convencional empleado como referencia, por lo que no deben interpretarse como efectos uniformes del conjunto de las proteínas alternativas.

El desarrollo comercial y regulatorio de estas innovaciones también presenta diferencias. Los productos vegetales han alcanzado una presencia comercial más amplia, mientras que la fermentación de precisión y la carne cultivada mantienen distintos grados de avance tecnológico, productivo y normativo. La inversión, el respaldo institucional y la existencia de vías regulatorias claras pueden facilitar su desarrollo, pero no garantizan por sí solos su consolidación (Good Food Institute, 2024). Estas dimensiones se examinan con mayor detalle en el capítulo siguiente.

La aceptación del consumidor constituye otra condición relevante. La adopción de proteínas alternativas depende de factores como el precio, el sabor, la familiaridad, la percepción de naturalidad, el grado de procesamiento y los beneficios atribuidos a los productos (Abebe et al., 2024). También intervienen valores culturales y religiosos, especialmente cuando existen dudas sobre la compatibilidad de las nuevas tecnologías con determinadas normas alimentarias (Ching et al., 2022).

Desde la Perspectiva Multinivel, los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada pueden analizarse como nichos de

innovación que interactúan con el régimen alimentario dominante basado en proteínas de origen animal. Las presiones ambientales, demográficas y económicas forman parte del paisaje sociotécnico, mientras que las infraestructuras, regulaciones, mercados y prácticas de consumo contribuyen a la estabilidad del régimen. La articulación entre estos elementos puede favorecer la integración de las innovaciones, pero también generar resistencia, apropiación o reproducción de las asimetrías existentes (Geels, 2004; Howard, 2022).

Este marco de referencia vincula los conceptos de la MLP con el objeto de estudio de la tesis. Sobre esta base, el capítulo 3 examina la situación de las proteínas alternativas en términos de inversión, regulación y desarrollo tecnológico, mientras que el capítulo 4 analiza las condiciones sociotécnicas que influyen en su articulación, coexistencia y posible reconfiguración del régimen alimentario dominante.

### 2.3 Literatura citada

- Abebe, G. K., Ismail, M. R., Kevany, K., Haileslassie, H. A., & Pauley, T. (2024). Canadians' experiences of alternative protein foods and their intentions to alter current dietary patterns. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18(July), 101354. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101354>
- Bertalanffy, L. von. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller.
- Ching, X. L., Zainal, N. A. A. B., Luang-In, V., & Ma, N. L. (2022). Lab-based meat the future food. *Environmental Advances*, 10(August), 100315. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100315>
- Chong, J. W. F., Yeap, J. W. H., & Loo, T. C. (2022). Emerging challenges in the regulatory approval of cultured meat in Asia: A Singapore perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 123, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.013>
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., & Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2(3), 198–209. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>
- Dinali, M., Liyanage, R., Silva, M., Newman, L., Adhikari, B., Wijesekara, I., & Chandrapala, J. (2024). Fibrous structure in plant-based meat: High-moisture extrusion factors and sensory attributes in production and storage. *Food Reviews International*. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2309593>
- Eastham, J. L., & Leman, A. R. (2024). Precision fermentation for food proteins: Ingredient innovations, bioprocess considerations, and outlook — a mini-review. *Current Opinion in Food Science*, 58, 101194. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101194>
- Elzen, B., Geels, F. W., & Green, K. (Eds.). (2004). *System innovation and the transition to sustainability: Theory, evidence and policy*. Edward Elgar Publishing.
- Ericksen, P. J. (2008). Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global Environmental Change*, 18(1), 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.09.002>
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)

- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6–7), 897–920. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- Geels, F. W., & Schot, J. (2010). The dynamics of transitions: A socio-technical perspective. En J. Grin, J. Rotmans, & J. Schot (Eds.), *Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change* (pp. 18–28). Routledge.
- Good Food Institute. (2024). State of global policy on alternative proteins: Public investment in alternative proteins to feed a growing world. Recuperado de <https://gfi.org/resource/alternative-proteins-state-of-global-policy/>
- Grin, J., Rotmans, J., & Schot, J. (2010). *Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change*. Routledge.
- Howard, P. (2022). The politics of protein: Examining claims about livestock, fish, “alternative proteins” and sustainability. IPES-Food. [https://www.ipes-food.org/\\_img/upload/files/PoliticsOfProtein.pdf](https://www.ipes-food.org/_img/upload/files/PoliticsOfProtein.pdf)
- Knychala, M. M., Boing, L. A., Ienczak, J. L., Trichez, D., & Stambuk, B. U. (2024). Precision fermentation as an alternative to animal protein: A review. *Fermentation*, 10(6), 315. <https://doi.org/10.3390/fermentation10060315>
- Marinova, D., & Bogueva, D. (2022). *Food in a planetary emergency*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-7707-6>
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Chelsea Green Publishing.
- Quesada, D., & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2(1), 79–86. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>
- Rip, A., & Kemp, R. (1998). Technological change. In S. Rayner & E. L. Malone (Eds.), *Human choice and climate change: Vol. II, Resources and technology* (pp. 327–399). Battelle Press.
- Rotmans, J., Kemp, R., & Van Asselt, M. (2001). More evolution than revolution: Transition management in public policy. *Foresight*, 3(1), 15–31. <https://doi.org/10.1108/14636680110803003>

- Tendall, D. M., Joerin, J., Kopainsky, B., Edwards, P., Shreck, A., Le, Q. B., Krütli, P., Grant, M., & Six, J. (2015). Food system resilience: Defining the concept. *Global Food Security*, 6, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.08.001>
- Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117–6123. <https://doi.org/10.1021/es200130u>
- Wang, Y., Zhao, J., Jiang, L., Zhang, L., Raghavan, V., & Wang, J. (2024). A comprehensive review on novel synthetic foods: Potential risk factors, detection strategies, and processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(4), 1–32. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13371>

## **CAPÍTULO 3. SITUACIÓN Y TENDENCIAS DE LOS NICHOS DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS: INVERSIÓN, REGULACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO**

### **3.1 Resumen**

El objetivo de este estudio fue analizar la situación actual y las tendencias de desarrollo de los nichos de innovación en proteínas alternativas a escala global, considerando la inversión, la regulación y el desarrollo tecnológico. Se realizó una revisión documental exploratoria y temático-comparativa, basada en una selección intencional de artículos científicos, informes institucionales, estudios de mercado y documentos regulatorios internacionales. Las fuentes se analizaron y contrastaron de acuerdo con su pertinencia para los ejes de inversión, regulación y desarrollo tecnológico. Los resultados muestran trayectorias diferenciadas entre plataformas. Los productos vegetales análogos a la carne presentan la mayor consolidación comercial, aunque su evolución reciente no ha sido uniforme; la fermentación de precisión registra avances en productos, capacidades productivas y autorizaciones regulatorias, pero mantiene desafíos de costos y escalamiento; y la carne cultivada permanece en una fase más temprana, con una comercialización limitada por requerimientos tecnológicos, económicos y regulatorios. La revisión también identifica una ampliación del apoyo público, una mayor selectividad de la inversión privada y marcos regulatorios heterogéneos, en los que coexisten autorizaciones, restricciones y procesos de aprendizaje institucional. Desde la Perspectiva Multinivel, estos hallazgos indican un fortalecimiento gradual y desigual de los nichos de innovación, condicionado por su capacidad para articular financiamiento, infraestructura, regulación y acceso al mercado. Se concluye que la inversión y la apertura regulatoria constituyen condiciones habilitantes, pero insuficientes para garantizar la consolidación del sector. Las proteínas alternativas avanzan mediante procesos de diversificación, complementariedad y coexistencia con el régimen alimentario dominante, más que mediante su sustitución inmediata.

**Palabras clave:** proteínas alternativas, mercado global, inversión, regulación, desarrollo tecnológico, Perspectiva Multinivel.

## **CURRENT STATUS AND TRENDS IN ALTERNATIVE PROTEIN NICHES: INVESTMENT, REGULATION, AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT**

### **3.2 Abstract**

This study aimed to analyze the current state and development trends of alternative protein innovation niches at the global level, focusing on investment, regulation, and technological development. An exploratory, thematic-comparative documentary review was conducted through the purposive selection of scientific articles, institutional reports, market studies, and international regulatory documents. The sources were analyzed and contrasted according to their relevance to investment, regulation, and technological development. The findings reveal differentiated trajectories across technological platforms. Plant-based meat analogues show the highest level of commercial consolidation, although their recent development has not been uniform; precision fermentation has made progress in product development, production capacity, and regulatory approvals, but continues to face cost and scale-up challenges; and cultivated meat remains at an earlier stage, with commercialization constrained by technological, economic, and regulatory requirements. The review also identifies expanded public support, greater selectivity in private investment, and heterogeneous regulatory frameworks in which approvals, restrictions, and institutional learning processes coexist. From the Multi-Level Perspective, these findings indicate a gradual and uneven strengthening of innovation niches, conditioned by their capacity to align financing, infrastructure, regulation, and market access. The study concludes that investment and regulatory openness constitute enabling but insufficient conditions for the consolidation of the sector. Alternative proteins are advancing through processes of diversification, complementarity, and coexistence with the dominant food regime rather than through its immediate replacement.

**Keywords:** alternative proteins, global market, investment, regulation, technological development, Multi-Level Perspective.

### 3.3 INTRODUCCIÓN

La diversificación de las fuentes de proteína ha adquirido relevancia ante el crecimiento demográfico, el cambio climático y la presión sobre la tierra, el agua y la energía. Aunque el régimen alimentario dominante basado en proteínas de origen animal conserva una posición central por sus capacidades productivas, cadenas de suministro, infraestructura y relevancia socioeconómica, también enfrenta tensiones ambientales, sanitarias y sociales asociadas con su expansión e intensificación. Estas tensiones han impulsado la búsqueda de opciones que amplíen la provisión proteica y reduzcan algunos de los impactos atribuidos al sistema convencional (Malila et al., 2024).

Entre estas opciones se encuentran los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada. Estas plataformas presentan distintos niveles de desarrollo y enfrentan desafíos relacionados con el escalamiento productivo, los costos, el desempeño tecnológico, la evaluación de sus impactos ambientales, la regulación y la aceptación del consumidor (Malila et al., 2024). Una proyección elaborada por Morach et al. (2021) estimó que las proteínas alternativas podrían representar alrededor del 11 % del mercado mundial de proteínas en 2035 si alcanzan condiciones de paridad en sabor, textura y precio frente a los productos convencionales. Por consiguiente, esta cifra debe interpretarse como un escenario condicionado y no como una trayectoria garantizada.

El desarrollo de estas plataformas no depende únicamente de su desempeño técnico. La inversión determina la disponibilidad de recursos para la investigación, la infraestructura y el escalamiento; la regulación establece las condiciones para la autorización, comercialización y etiquetado de los productos; y la madurez tecnológica influye en la capacidad productiva, los costos y la competitividad. Estos factores se encuentran estrechamente relacionados y pueden favorecer o limitar la consolidación de las proteínas alternativas. De acuerdo con el Good Food Institute (2026a), la participación gubernamental en el

sector se ha ampliado, aunque persisten diferencias considerables entre países en el financiamiento público y en la definición de rutas regulatorias.

La Perspectiva Multinivel (MLP) proporciona el referente conceptual para interpretar estas plataformas como nichos de innovación que se desarrollan dentro de un sistema condicionado por las reglas, infraestructuras y prácticas del régimen alimentario dominante (Geels, 2004). Sin embargo, la evidencia sobre el sector se encuentra dispersa entre la literatura científica, los informes institucionales, los estudios de mercado y los documentos regulatorios, lo que dificulta una interpretación integrada de la forma en que la inversión, la regulación y el desarrollo tecnológico condicionan la consolidación de estos nichos.

Por ello, el objetivo de este estudio es analizar la situación actual y las tendencias del desarrollo de los nichos de innovación en proteínas alternativas a escala global, en términos de inversión, regulación y desarrollo tecnológico, así como identificar los factores que favorecen o limitan su consolidación y madurez.

### **3.4 METODOLOGÍA**

#### **3.4.1 Enfoque general de estudio**

El estudio se desarrolló mediante una revisión documental exploratoria, descriptiva y temático-comparativa, orientada a examinar la situación reciente de las proteínas alternativas en términos de inversión, regulación y desarrollo tecnológico. Este diseño se adoptó debido al carácter emergente y dinámico del sector y a la heterogeneidad de la información disponible.

El corpus documental se conformó mediante una selección intencional e iterativa de artículos científicos, informes institucionales, documentos regulatorios, reportes técnicos y estudios de mercado. Los artículos sustentaron los componentes conceptuales, tecnológicos y socioeconómicos, mientras que las fuentes oficiales y sectoriales aportaron información reciente sobre inversión, capacidades productivas, comercialización y cambios regulatorios aún no disponible en publicaciones académicas.

La información se organizó en tres ejes: inversión, regulación y desarrollo tecnológico. Su comparación permitió identificar tendencias, diferencias entre plataformas y condiciones que favorecen o limitan la consolidación de los nichos de proteínas alternativas.

### **3.4.2 Fuentes de información**

Los documentos se identificaron de manera progresiva mediante la revisión de referencias relevantes para el tema, el seguimiento de documentos citados en artículos e informes clave y la consulta directa de repositorios y sitios institucionales relacionados con las proteínas alternativas. El corpus documental incluyó:

- Reportes de organismos internacionales y multilaterales, como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).
- Informes técnicos y sectoriales elaborados por organizaciones especializadas en proteínas alternativas, principalmente el Good Food Institute (GFI).
- Estudios de mercado y análisis estratégicos desarrollados por consultoras internacionales, como Boston Consulting Group (BCG) y McKinsey & Company.
- Documentos, marcos regulatorios y comunicados oficiales de autoridades como la Singapore Food Agency (SFA), Health Canada, la Canadian Food Inspection Agency (CFIA), la Food and Drug Administration (FDA) y el Food Safety and Inspection Service del United States Department of Agriculture (USDA-FSIS), además de las autoridades regulatorias correspondientes de Brasil.
- Artículos científicos utilizados para sustentar y contrastar la información tecnológica, económica, regulatoria y sociotécnica obtenida de las demás fuentes documentales.

La selección de documentos consideró su relación con al menos una de las plataformas analizadas (productos vegetales análogos a la carne, fermentación de precisión y carne cultivada) y con alguno de los tres ejes del estudio, así como la autoría o institución responsable, la trazabilidad de los datos y su alcance geográfico y temporal. No se estableció una ventana temporal rígida; se priorizaron los datos y las versiones oficiales más recientes, y se conservaron fuentes anteriores cuando fueron necesarias para fundamentar el enfoque conceptual o reconstruir la evolución del sector. Dado el carácter intencional y no exhaustivo del corpus, los resultados se interpretaron como tendencias exploratorias. Para reducir las limitaciones derivadas de las diferentes metodologías y finalidades de los informes institucionales, sectoriales y de mercado, sus datos se contrastaron, siempre que fue posible, con artículos científicos, documentos regulatorios y otras fuentes oficiales.

### **3.4.3 Estrategia de análisis**

El análisis se desarrolló en tres etapas. Primero, se revisaron las fuentes seleccionadas y se extrajo la información relacionada con el objetivo de la investigación. Posteriormente, los hallazgos se clasificaron en tres ejes: inversión, regulación y desarrollo tecnológico. Finalmente, se realizó una síntesis comparativa para identificar tendencias, coincidencias y divergencias entre las fuentes, así como diferencias en el desarrollo de los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada.

Durante la etapa interpretativa, los resultados se relacionaron con la MLP para examinar cómo las condiciones económicas, regulatorias y tecnológicas favorecen o limitan la consolidación de estos nichos de innovación y su articulación con las estructuras del régimen alimentario dominante.

## **3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Esta sección presenta inicialmente las presiones globales que favorecen la diversificación proteica, las características del régimen alimentario dominante, las

trayectorias de los nichos de innovación y la situación reciente del mercado. Posteriormente, los hallazgos se organizan y discuten en torno a tres ejes: inversión, regulación y desarrollo tecnológico. Finalmente, los resultados se integran mediante la Perspectiva Multinivel para interpretar las condiciones que favorecen o limitan la consolidación de estos nichos dentro del sistema alimentario.

### **3.5.1 Presiones globales y diversificación de la oferta proteica**

La revisión documental identificó dos grupos de presiones globales relevantes para la diversificación de la oferta proteica. Por una parte, el cambio climático y otros choques ambientales y económicos han puesto de manifiesto la vulnerabilidad de las cadenas agroalimentarias y la necesidad de fortalecer su resiliencia (FAO, 2021). Por otra, el crecimiento de la población y de los ingresos continúa impulsando la demanda de alimentos y productos de origen animal, principalmente en países de ingresos bajos y medios, mientras que en las economías de ingresos altos adquieren mayor relevancia las preocupaciones relacionadas con la salud, el impacto ambiental y el bienestar animal (OECD & FAO, 2023). Estas presiones favorecen la búsqueda de fuentes proteicas alternativas, pero no determinan su consolidación, la cual depende de las condiciones de inversión, regulación y desarrollo tecnológico analizadas en los apartados siguientes.

### **3.5.2 El régimen cárnico dominante: estructura y tensiones actuales**

La revisión documental muestra que el régimen dominante de proteínas de origen animal se sostiene en un conjunto consolidado de actividades productivas, infraestructuras, cadenas de procesamiento y distribución, marcos regulatorios y prácticas de consumo. Como componente central de este régimen, la producción ganadera representa alrededor del 40 % de la producción agrícola en los países desarrollados y el 20 % en los países en desarrollo, además de generar empleo para al menos 1 300 millones de personas en el mundo (FAO, 2018). Aunque estas cifras comprenden sistemas ganaderos heterogéneos y no exclusivamente

formas intensivas de producción, muestran la importancia económica y social que contribuye a la estabilidad del régimen.

Esta posición también se relaciona con la concentración empresarial en las etapas de procesamiento. En 2014, las diez mayores empresas procesadoras de carne controlaban aproximadamente el 75 % del sacrificio bovino, el 70 % del porcino y el 53 % del avícola a escala mundial (Howard, 2022). Si bien estos datos corresponden a un momento específico, muestran una estructura industrial concentrada, en la que los actores establecidos cuentan con amplias capacidades productivas, infraestructura y canales de distribución que pueden condicionar el acceso de nuevas empresas y tecnologías al mercado.

Las presiones ambientales y socioculturales no han provocado una pérdida inmediata de la centralidad del régimen, sino respuestas de adaptación y diversificación. Mylan et al. (2023) identifican una participación creciente de grandes empresas alimentarias en el desarrollo de proteínas alternativas mediante inversiones, adquisiciones, alianzas y capacidades internas de investigación y desarrollo. Esto indica que la relación entre el régimen dominante y los nichos de innovación no se limita a la competencia, sino que también comprende procesos de integración y coexistencia. Las características de esta relación dependen, entre otros factores, de las dinámicas de inversión, los marcos regulatorios y las capacidades tecnológicas.

### **3.5.3 Trayectorias de desarrollo de los nichos de proteínas alternativas**

La revisión documental muestra que los nichos de innovación en proteínas alternativas no siguen una trayectoria uniforme. Los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada presentan diferencias en su madurez tecnológica, capacidad de escalamiento y grado de difusión comercial. Los productos vegetales cuentan con la trayectoria más prolongada y la mayor presencia en el mercado; la fermentación de precisión ha avanzado en la producción de ingredientes y proteínas específicas, aunque todavía enfrenta desafíos relacionados con los costos, el escalamiento industrial

y la regulación; mientras que la carne cultivada permanece en una fase más temprana de desarrollo y comercialización, condicionada por dificultades tecnológicas, económicas y regulatorias (Mylan et al., 2023; Malila et al., 2024).

El potencial ambiental constituye uno de los principales argumentos que impulsan el desarrollo de estas innovaciones. Las evaluaciones disponibles estiman posibles reducciones en el uso de tierra, agua y emisiones de gases de efecto invernadero para la carne cultivada y determinados productos obtenidos mediante fermentación de precisión (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011; Knychala et al., 2024). No obstante, estos resultados dependen de las características del producto, los insumos utilizados, la fuente de energía y las condiciones de producción, por lo que no representan una ventaja ambiental automática o uniforme.

#### **3.5.4 Situación actual del mercado global de proteínas alternativas**

La información disponible no permite caracterizar las proteínas alternativas como un mercado homogéneo. Las diferencias entre productos finales, ingredientes comercializados entre empresas y tecnologías aún limitadas dificultan construir un indicador agregado comparable. Por ello, el sector debe analizarse según la plataforma tecnológica y su grado de comercialización.

Los productos vegetales tienen la mayor presencia comercial. Según estimaciones de Euromonitor recopiladas por el Good Food Institute, las ventas minoristas mundiales de análogos vegetales a la carne y a los productos del mar alcanzaron aproximadamente 6 600 millones de USD en 2025, tres veces el valor de 2015. No obstante, la evolución fue desigual: algunas regiones crecieron, mientras el mercado estadounidense registró caídas en ventas y volumen por dificultades para satisfacer las expectativas de precio, sabor y calidad (GFI, 2026d). En 2025, la fermentación aplicada a proteínas alimentarias incorporó nuevos productos, autorizaciones regulatorias y más de 160 empresas especializadas. Sin embargo, su actividad se concentra en ingredientes y relaciones entre empresas, por lo que carece de cifras minoristas globales

comparables con las de los productos vegetales (GFI, 2026c). La carne cultivada también amplió su ecosistema empresarial y sus vías de acceso al mercado, aunque su comercialización continúa limitada a pocos productos y jurisdicciones (GFI, 2026b).

Las proyecciones elaboradas por Boston Consulting Group estimaron que las proteínas alternativas podrían representar el 11 % del consumo mundial de carne, productos del mar, huevos y lácteos en 2035, o hasta el 22 % bajo condiciones de mayor innovación tecnológica y apoyo regulatorio (Morach et al., 2021). Estas cifras corresponden a escenarios condicionados y no a una descripción del mercado actual. La evolución reciente muestra que el fortalecimiento comercial de los nichos es gradual y desigual, por lo que no puede asumirse una trayectoria lineal de crecimiento ni su integración plena en el régimen alimentario dominante.

### **3.5.5 Inversión y financiamiento**

La inversión privada en proteínas alternativas experimentó una rápida expansión entre 2019 y 2021, seguida de una contracción asociada con un entorno financiero más restrictivo. En 2021, las empresas del sector captaron aproximadamente 5 000 millones de USD: 1 900 millones correspondieron a productos vegetales, 1 700 millones a tecnologías de fermentación y 1 400 millones a carne cultivada (GFI, 2022). En contraste, durante 2025 se registraron inversiones por 881 millones de USD, distribuidas entre productos vegetales (450 millones), fermentación (357 millones) y carne cultivada (74 millones). Con ello, la inversión acumulada en el sector desde 2017 superó los 19 500 millones de USD (GFI, s. f.-b). Aunque las estimaciones proceden de bases de datos y metodologías que han sido actualizadas a lo largo del periodo, muestran un cambio desde la expansión acelerada hacia una mayor selectividad del capital.

El financiamiento público ha adquirido mayor relevancia como complemento de la inversión privada. En 2023, los gobiernos anunciaron aproximadamente 523 millones de USD para proteínas alternativas: 190 millones para investigación y

desarrollo, 162 millones para comercialización y 170 millones para iniciativas que combinaban ambas finalidades. El apoyo público acumulado alcanzó 1 670 millones de USD (GFI, 2024). Entre las principales iniciativas destaca la asignación adicional de 150 millones de dólares canadienses a Protein Industries Canada para 2023–2028, destinada a fortalecer capacidades productivas, investigación y comercialización de proteínas vegetales.

El Cuadro 1 resume la evolución del financiamiento público y privado. El capital varía por periodo y plataforma, mientras los recursos públicos se concentran en investigación, infraestructura y comercialización. Aunque ambas fuentes impulsan los nichos, no garantizan su escalamiento ni consolidación. La caída de la inversión privada en carne cultivada confirma que el efecto del financiamiento depende de la viabilidad tecnológica, los costos, la regulación y el acceso al mercado.

Cuadro 1. Indicadores seleccionados del financiamiento público y privado de las proteínas alternativas.

| Tipo de financiamiento        | Periodo | Monto total<br>(millones de USD) | Desglose principal                                                   | Fuente       |
|-------------------------------|---------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|
| Inversión privada             | 2021    | 5000                             | Productos vegetales: 1900; fermentación: 1700; carne cultivada: 1400 | GFI (2022)   |
| Compromisos públicos globales | 2023    | 523                              | I+D: 190; comercialización: 162; iniciativas mixtas: 170.            | GFI (2024)   |
| Inversión privada global      | 2025    | 881                              | Productos vegetales: 450; fermentación: 357; carne cultivada: 74     | GFI (s.f.-b) |

Nota: Elaboración propia con datos del Good Food Institute (GFI, s. f.-b, 2022, 2024). Las cifras privadas corresponden a inversiones identificadas en bases de datos financieras, mientras que las cifras públicas representan compromisos anunciados y no necesariamente recursos desembolsados.

### **3.5.6 Regulación y políticas públicas**

Desde la Perspectiva Multinivel, la regulación forma parte de las reglas institucionales del régimen sociotécnico y condiciona el acceso al mercado, la denominación y la legitimidad de las innovaciones. La revisión muestra que las proteínas alternativas no siguen una trayectoria regulatoria uniforme. Mientras que en los productos vegetales las principales controversias se relacionan con la composición, el etiquetado y el uso de términos asociados a productos de origen animal, la carne cultivada y determinados ingredientes obtenidos mediante fermentación de precisión suelen requerir evaluaciones previas de seguridad como nuevos alimentos.

Singapur fue el primer país en permitir la comercialización de carne cultivada en 2020 mediante su procedimiento de evaluación previa de nuevos alimentos (Chong et al., 2022). Posteriormente, la Food Safety and Security Act de 2025 consolidó la exigencia de autorización previa para el suministro de alimentos nuevos en ese país (Singapore Food Agency [SFA], 2025). En Estados Unidos, la Food and Drug Administration (FDA) concluyó las consultas previas de seguridad correspondientes al pollo cultivado de UPSIDE Foods y GOOD Meat. Estas consultas no constituyen formalmente una aprobación; la entrada al mercado también requirió el cumplimiento de las disposiciones de inspección y etiquetado del Food Safety and Inspection Service del Departamento de Agricultura (USDA-FSIS) (FDA, 2023; GFI, 2024).

Otros países han adaptado marcos regulatorios existentes. En Canadá, la Canadian Food Inspection Agency (CFIA) actualizó en 2023 sus orientaciones sobre composición y etiquetado de productos que simulan carne o productos avícolas, sin modificar las disposiciones regulatorias vigentes (CFIA, 2023). En Brasil, la RDC 839/2023 modernizó los procedimientos para demostrar la seguridad y autorizar el uso de nuevos alimentos e ingredientes. Su ámbito incluye productos constituidos u obtenidos a partir de cultivos celulares y puede comprender determinados ingredientes derivados de fermentación; sin embargo, su inclusión en este marco no equivale a una autorización general de

comercialización (Agência Nacional de Vigilância Sanitária [ANVISA], 2023). En la Unión Europea, los alimentos obtenidos a partir de cultivos celulares se encuentran sujetos al procedimiento de autorización previa establecido por el Reglamento (UE) 2015/2283 sobre nuevos alimentos (Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea, 2015).

La apertura de estas vías regulatorias coexiste con medidas restrictivas. En Estados Unidos, además de las controversias sobre la denominación de productos vegetales, varios estados aprobaron entre 2024 y 2025 prohibiciones temporales o permanentes sobre la producción y comercialización de carne cultivada. La coexistencia de autorizaciones federales, restricciones estatales y requisitos diferenciados de etiquetado evidencia que la institucionalización de estas tecnologías continúa siendo objeto de disputa (Whitest, 2025).

Desde la MLP, estos resultados reflejan procesos de aprendizaje y adaptación institucional, pero no una convergencia regulatoria ni una integración plena de los nichos en el régimen alimentario dominante. Los nuevos procedimientos de evaluación y autorización modifican parcialmente las reglas del régimen y amplían las oportunidades de acceso al mercado, mientras que las restricciones territoriales y las controversias sobre el etiquetado reflejan mecanismos de resistencia y protección de categorías establecidas. Así, la claridad regulatoria constituye una condición habilitante para la legitimación y el desarrollo de las proteínas alternativas, pero no garantiza su escalamiento, competitividad ni aceptación social.

### **3.5.7 Desarrollo tecnológico y diversificación**

Los nichos de innovación en proteínas alternativas no constituyen un conjunto tecnológicamente homogéneo. Los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada presentan diferencias en su madurez, requerimientos productivos, formas de comercialización y necesidades de infraestructura. Estas diferencias configuran trayectorias de desarrollo

específicas y condicionan su capacidad de escalar e interactuar con el régimen alimentario dominante (Malila et al., 2024).

Los productos vegetales análogos a la carne constituyen la plataforma con mayor madurez tecnológica y presencia comercial. Su desarrollo se apoya en el uso de concentrados y aislados proteicos, grasas, agentes aglutinantes y tecnologías de texturización, entre las que destaca la extrusión de alta humedad para obtener estructuras fibrosas semejantes al tejido muscular. Aunque estos procesos han permitido ampliar la variedad y calidad de los productos disponibles, persisten desafíos relacionados con la textura, el sabor, el perfil nutricional, el grado de procesamiento y la competitividad de precios frente a la carne convencional (Dinali et al., 2024; Malila et al., 2024).

La fermentación de precisión utiliza microorganismos seleccionados o modificados para producir proteínas e ingredientes específicos, como proteínas lácteas y de huevo, enzimas, pigmentos y grasas. Su desarrollo comprende el diseño de cepas, la fermentación controlada y las etapas de recuperación y purificación. Aunque esta plataforma ha avanzado en el lanzamiento de productos y autorizaciones regulatorias, su escalamiento sigue condicionado por los rendimientos de producción, la disponibilidad de materias primas y capacidad instalada, así como por los costos de purificación y operación (Eastham & Leman, 2024; Nielsen et al., 2024).

La carne cultivada se encuentra en una fase más temprana de desarrollo industrial y busca reproducir características de la carne convencional mediante la expansión y diferenciación de células animales en condiciones controladas (Ching et al., 2022). Su escalamiento requiere líneas celulares estables, medios de cultivo adecuados, biorreactores de gran capacidad y, para productos estructurados, soportes que permitan organizar los tejidos. Entre sus principales barreras se encuentran el costo de los medios de cultivo y la ampliación de los procesos productivos (Choudhury et al., 2020), además de las necesidades de infraestructura y el mantenimiento de condiciones de calidad e inocuidad a escala

alimentaria, factores que aún limitan su despliegue comercial (Brennan et al., 2021).

De manera paralela, el desarrollo tecnológico muestra una creciente combinación entre plataformas. Algunas formulaciones híbridas integran células animales cultivadas con ingredientes vegetales o derivados de fermentación, lo que puede reducir la proporción de células requerida y optimizar los costos, la estructura y las propiedades sensoriales del producto (GFI, s. f.-a). En esta investigación, estas combinaciones se interpretan como una trayectoria de diversificación tecnológica y no como una categoría comercial consolidada.

Desde la Perspectiva Multinivel, estas diferencias muestran que los nichos interactúan de distinta manera con el régimen alimentario dominante. Los productos vegetales pueden aprovechar parcialmente infraestructuras existentes de procesamiento, comercialización y distribución; la fermentación de precisión se articula con las industrias de ingredientes y bioprocesos; y la carne cultivada depende en mayor medida de espacios de experimentación, financiamiento especializado y nuevas capacidades productivas. El sector apunta, por tanto, hacia una coexistencia de plataformas y formas de complementariedad, más que hacia una trayectoria uniforme de sustitución tecnológica (Geels & Schot, 2010).

El Cuadro 2 sintetiza los principales resultados del análisis en torno a la inversión, la regulación y el desarrollo tecnológico, junto con sus implicaciones sociotécnicas. La comparación muestra que estas dimensiones no actúan de manera aislada, pues sus efectos dependen de la articulación entre recursos financieros, marcos institucionales, capacidades productivas y condiciones de acceso al mercado. Esta lectura integrada permite reconocer los avances de cada plataforma y los factores que todavía limitan su consolidación.

**Cuadro 2. Síntesis de los resultados sobre inversión, regulación y desarrollo tecnológico de las proteínas alternativas**

| <b>Eje de análisis</b>          | <b>Hallazgos principales</b>                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Interpretación sociotécnica</b>                                                                                                                     |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inversión y financiamiento      | En 2023, el financiamiento público alcanzó 189 millones de USD para productos vegetales, 181 millones para fermentación de precisión, 40 millones para carne cultivada y 112 millones para iniciativas que combinaban distintas plataformas tecnológicas (GFI, 2024). | La inversión fortalece los nichos, pero su distribución desigual y volatilidad limitan el escalamiento y la consolidación comercial.                   |
| Regulación y políticas públicas | Estados Unidos permitió una comercialización limitada de carne cultivada en 2023 mediante la intervención de la FDA y el USDA-FSIS. Singapur fue pionero en 2020; Canadá actualizó sus orientaciones de etiquetado y Brasil su marco general de nuevos alimentos.     | Los avances reflejan aprendizaje institucional, pero coexisten con diferencias normativas, restricciones y mecanismos de resistencia.                  |
| Desarrollo tecnológico          | Los productos vegetales presentan mayor madurez; la fermentación de precisión avanza en productos y autorizaciones, pero enfrenta retos de escalamiento y costos; la carne cultivada permanece en una fase más temprana. También emergen formulaciones híbridas.      | Las plataformas siguen trayectorias diferenciadas y mantienen distintos grados de articulación con infraestructuras, industrias y mercados existentes. |
| Panorama general                | La consolidación del sector depende de la articulación entre tecnología, inversión, regulación, infraestructura, competitividad y aceptación del consumidor.                                                                                                          | La evidencia indica un proceso gradual de diversificación, coexistencia y reconfiguración parcial, no una sustitución inmediata del régimen dominante. |

Fuente: Elaboración propia con base en GFI (2024); FDA (2023); CFIA (2023); ANVISA (2023); SFA (2025); Whitest (2025); Brennan et al. (2021); Dinali et al. (2024); Eastham y Leman (2024); Malila et al. (2024); y Geels y Schot (2010).

La revisión muestra que el sector de proteínas alternativas presenta avances desiguales en inversión, regulación y desarrollo tecnológico. Estas diferencias condicionan el grado de consolidación de cada plataforma y permiten interpretar las dinámicas de cambio sociotécnico asociadas a su desarrollo.

### **3.5.8 Interpretación teórica de los resultados: dinámicas del cambio sociotécnico en el sistema alimentario**

El análisis documental permite interpretar las transformaciones observadas en el sector de proteínas alternativas como indicios de un proceso de cambio sociotécnico, aunque todavía no como evidencia de una transición consolidada. Desde la Perspectiva Multinivel, estas dinámicas resultan de la interacción entre las presiones del paisaje, las tensiones y ajustes del régimen alimentario dominante y el desarrollo de los nichos de innovación (Geels, 2004).

Las presiones ambientales, demográficas y socioculturales identificadas modifican las condiciones bajo las cuales se evalúa la sostenibilidad del régimen basado en proteínas de origen animal. Paralelamente, la inversión pública y privada fortalece las capacidades tecnológicas, productivas y organizativas de los nichos. No obstante, este fortalecimiento es desigual entre plataformas y no garantiza su integración en el régimen. Como señalan Grin et al. (2010), la estabilización de las innovaciones depende también del aprendizaje, la formación de redes y la construcción de expectativas compartidas.

Los cambios regulatorios muestran una adaptación institucional parcial y controvertida. La apertura de vías de evaluación y comercialización en algunas jurisdicciones coexiste con diferencias normativas, restricciones de etiquetado y prohibiciones territoriales. Por ello, los resultados no indican una convergencia regulatoria, sino ajustes selectivos mediante los cuales el régimen reconoce determinadas innovaciones sin modificar plenamente sus reglas y estructuras. Geels y Schot (2010) explican que estos ajustes pueden ampliar las oportunidades de los nichos sin producir necesariamente una transformación inmediata del régimen.

El desarrollo tecnológico también presenta trayectorias diferenciadas. Los productos vegetales aprovechan parcialmente infraestructuras y canales comerciales existentes; la fermentación de precisión se articula con las industrias biotecnológica y de ingredientes; y la carne cultivada todavía requiere

capacidades productivas e infraestructura especializadas. Las formulaciones que combinan distintas plataformas muestran relaciones emergentes de complementariedad, pero la evidencia disponible no permite afirmar que exista una coevolución consolidada entre los nichos.

Estas formas de complementariedad pueden interpretarse como indicios iniciales de una trayectoria de reconfiguración, en la que innovaciones desarrolladas en los nichos se incorporan como componentes adicionales y generan ajustes sucesivos dentro del régimen. Sin embargo, todavía no se observa una modificación profunda de su arquitectura productiva y organizacional, por lo que esta interpretación debe considerarse preliminar (Geels & Schot, 2007).

Los resultados apuntan hacia un proceso gradual y desigual de diversificación, coexistencia y reconfiguración parcial, más que hacia una sustitución tecnológica directa. Esta interpretación coincide con Smil (2025), quien advierte que las limitaciones técnicas y económicas de la carne cultivada dificultan un reemplazo rápido de la producción ganadera.

### **3.6 CONCLUSIÓN**

El análisis muestra que el mercado global de proteínas alternativas presenta trayectorias diferenciadas. Los productos vegetales análogos a la carne registran la mayor consolidación comercial; la fermentación de precisión ha avanzado en el desarrollo de productos y capacidades productivas, aunque mantiene desafíos de costos y escalamiento; mientras que la carne cultivada permanece en una fase más temprana, condicionada por requerimientos tecnológicos, infraestructura especializada y procesos regulatorios todavía limitados.

La inversión pública y privada ha fortalecido el desarrollo de estas plataformas, y los avances regulatorios observados en distintos países han favorecido su reconocimiento institucional. Sin embargo, ambas condiciones son habilitantes, pero insuficientes para garantizar su consolidación. La fragmentación normativa, los elevados costos de producción, las dificultades de escalamiento y la

dependencia del financiamiento continúan restringiendo su expansión y competitividad.

Desde la Perspectiva Multinivel, estos resultados reflejan el fortalecimiento gradual de los nichos de innovación y su articulación selectiva con actores, recursos e infraestructuras del régimen alimentario dominante. La evidencia examinada no indica una sustitución inmediata de las proteínas convencionales, sino un proceso desigual de diversificación, coexistencia y reconfiguración parcial del sistema alimentario.

Por tanto, el desarrollo futuro de las proteínas alternativas dependerá de la articulación entre capacidades tecnológicas y productivas, financiamiento, marcos regulatorios y condiciones de mercado. Su evolución deberá entenderse como parte de una transición sociotécnica gradual, cuya dirección y alcance variarán según la plataforma tecnológica y las condiciones institucionales de cada país.

### 3.7 LITERATURA CITADA

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2023). Resolução da Diretoria Colegiada—RDC nº 839, de 14 de dezembro de 2023. [https://anvisa.gov.br/legis/datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=detalharAto&cod\\_menu=9882&cod\\_modulo=310&nomeTitulo=codigos&numeroAto=00000839&orgao=RDC%2FDC%2FANVISA%2FMS&seqAto=000&tipo=RDC&valorAno=2023](https://anvisa.gov.br/legis/datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=detalharAto&cod_menu=9882&cod_modulo=310&nomeTitulo=codigos&numeroAto=00000839&orgao=RDC%2FDC%2FANVISA%2FMS&seqAto=000&tipo=RDC&valorAno=2023)
- Brennan, T., Katz, J., Quint, Y., & Spencer, B. (2021). Cultivated meat: Out of the lab, into the frying pan. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/cultivated-meat-out-of-the-lab-into-the-frying-pan>
- Canadian Food Inspection Agency. (2023, 5 de outubro). Notice to industry: Guidance for simulated meat and simulated poultry products has been updated. <https://inspection.canada.ca/en/food-labels/labelling/guidance-simulated-meat-and-simulated-poultry>
- Ching, X. L., Zainal, N. A. A. B., Luang-In, V., & Ma, N. L. (2022). Lab-based meat the future food. *Environmental Advances*, 10(August), 100315. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100315>
- Chong, J. W. F., Yeap, J. W. H., & Loo, T. C. (2022). Emerging challenges in the regulatory approval of cultured meat in Asia: A Singapore perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 123, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.013>
- Choudhury, D., Tseng, T. W., & Swartz, E. (2020). The business of cultured meat. *Trends in Biotechnology*, 38(6), 573–577. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.02.012>
- Dinali, M., Liyanage, R., Silva, M., Newman, L., Adhikari, B., Wijesekara, I., & Chandrapala, J. (2024). Fibrous structure in plant-based meat: High-moisture extrusion factors and sensory attributes in production and storage. *Food Reviews International*, 40(9), 2940–2968. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2309593>
- Eastham, J. L., & Leman, A. R. (2024). Precision fermentation for food proteins: Ingredient innovations, bioprocess considerations, and outlook—A mini-review. *Current Opinion in Food Science*, 58, 101194. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101194>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018, 17 de outubro). Harnessing the power of livestock to drive sustainable development. <https://www.fao.org/newsroom/detail/Harnessing-the-power-of-livestock-to-drive-sustainable-development/en>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. <https://doi.org/10.4060/cb4476en>
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6–7), 897–920.
- Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- Geels, F. W., & Schot, J. (2010). The dynamics of transitions: A socio-technical perspective. En J. Grin, J. Rotmans & J. Schot (Eds.), *Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change* (pp. 18–28). Routledge.
- Good Food Institute. (2022, March 2). Record \$5 billion invested in alt proteins in 2021, surging 60 percent since 2020. <https://gfi.org/press/record-5-billion-invested-in-alt-proteins-in-2021/>
- Good Food Institute. (2024). 2023 state of global policy report. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2024/06/The-State-of-Global-Policy-on-Alternative-Proteins-2023.pdf>
- Good Food Institute. (2026a). State of global policy: Public investment in protein diversification to feed a growing world. <https://gfi.org/resource/state-of-global-policy/>
- Good Food Institute. (2026b). State of the industry: Cultivated meat, seafood, and ingredients. <https://gfi.org/resource/cultivated-meat-seafood-and-ingredients-state-of-the-industry/>
- Good Food Institute. (2026c). State of the industry: Fermentation for meat, seafood, eggs, dairy, and ingredients. <https://gfi.org/resource/fermentation-meat-seafood-eggs-dairy-and-ingredients-state-of-the-industry/>
- Good Food Institute. (2026d). State of the industry: Plant-based meat, seafood, eggs, dairy, and ingredients. <https://gfi.org/resource/plant-based-meat-eggs-and-dairy-state-of-the-industry/>
- Good Food Institute. (s. f.-a). Cultivated meat end products. Recuperado el 19 de agosto de 2026, de <https://gfi.org/science/the-science-of-cultivated-meat/deep-dive-cultivated-meat-end-products/>
- Good Food Institute. (s. f.-b). Investing in alternative protein. Recuperado el 19 de agosto de 2026, de <https://gfi.org/investment/>

- Grin, J., Rotmans, J., Schot, J., Geels, F. W., & Loorbach, D. (2010). Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change. Routledge.
- Howard, P. (2022). The politics of protein: Examining claims about livestock, fish, “alternative proteins” and sustainability. International Panel of Experts on Sustainable Food Systems. <https://ipes-food.org/report/the-politics-of-protein/>
- Knychala, M. M., Boing, L. A., Ienczak, J. L., Trichez, D., & Stambuk, B. U. (2024). Precision fermentation as an alternative to animal protein: A review. *Fermentation*, 10(6), 315. <https://doi.org/10.3390/fermentation10060315>
- Malila, Y., Owolabi, I. O., Chotanaphuti, T., Sakdibhornssup, N., Elliott, C. T., Visessanguan, W., Karoonuthaisiri, N., & Petchkongkaew, A. (2024). Current challenges of alternative proteins as future foods. *npj Science of Food*, 8, Article 53. <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00291-w>
- Morach, B., Witte, B., Walker, D., von Koeller, E., Grosse-Holz, F., Rogg, J., Brigl, M., Dehnert, N., Obloj, P., Koktenturk, S., & Schulze, U. (2021, March 24). Food for thought: The protein transformation. Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com/publications/2021/the-benefits-of-plant-based-meats>
- Mylan, J., Andrews, J., & Maye, D. (2023). The big business of sustainable food production and consumption: Exploring the transition to alternative proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(47), e2207782120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2207782120>
- Nielsen, M. B., Meyer, A. S., & Arnau, J. (2024). The next food revolution is here: Recombinant microbial production of milk and egg proteins by precision fermentation. *Annual Review of Food Science and Technology*, 15, 173–187. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-072023-034256>
- Organisation for Economic Co-operation and Development, & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). OECD-FAO agricultural outlook 2023–2032. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- Parlamento Europeo, & Consejo de la Unión Europea. (2015). Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2015, relativo a los nuevos alimentos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 327, 1–22. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2015/2283/oj>
- Singapore Food Agency. (2025). Food Safety and Security Act. <https://www.sfa.gov.sg/legislation/food-safety-and-security-act>
- Smil, V. (2025). How to feed the world: The history and future of food. Viking.

- Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117–6123. <https://doi.org/10.1021/es200130u>
- U.S. Food and Drug Administration. (2023, 21 de marzo). FDA completes second pre-market consultation for human food made using animal cell culture technology. <https://www.fda.gov/food/hfp-constituent-updates/fda-completes-second-pre-market-consultation-human-food-made-using-animal-cell-culture-technology>
- Whitest, E. (2025, 2 de octubre). Alternative proteins: 2025 legislative update. National Agricultural Law Center. <https://nationalaglawcenter.org/alternative-proteins-2025-legislative-update/>

## **CAPÍTULO 4. CONDICIONES SOCIOTÉCNICAS DE COEXISTENCIA ENTRE NICHOS DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS Y EL RÉGIMEN CÁRNICO DOMINANTE**

### **4.1 Resumen**

El desarrollo de las proteínas alternativas ha adquirido relevancia ante las presiones ambientales, productivas y alimentarias que enfrenta el sistema alimentario mundial. Sin embargo, persiste la incertidumbre sobre si estas innovaciones pueden transformar el régimen dominante de proteínas convencionales o si se integrarán gradualmente en sus estructuras. Este estudio analizó, desde la Perspectiva Multinivel, las condiciones sociotécnicas que influyen en el desarrollo, la legitimación y la articulación de las proteínas alternativas con el régimen cárnico dominante. Se empleó un enfoque cualitativo exploratorio basado en quince entrevistas semiestructuradas a informantes clave internacionales, complementadas con una revisión documental de carácter contextual. La información empírica se examinó mediante una estrategia de codificación temática deductiva e inductiva, asistida por ATLAS.ti versión 25. Los resultados muestran que la transición no sigue una trayectoria de sustitución directa, sino un proceso gradual y desigual de coexistencia, complementariedad y reconfiguración parcial del sistema alimentario. La expansión de los nichos de innovación depende de la articulación entre capacidades tecnológicas y productivas, inversión y alianzas estratégicas, marcos regulatorios y procesos de legitimación social y aceptación del consumidor. Asimismo, las relaciones con actores del régimen pueden facilitar el acceso a infraestructura, financiamiento y canales de distribución, aunque también generan riesgos de dependencia y concentración de poder. Se concluye que ninguna condición garantiza aisladamente la consolidación del sector. Su evolución dependerá de la capacidad de los nichos para escalar, construir legitimidad y articularse con las estructuras institucionales, productivas y socioculturales del sistema alimentario.

**Palabras clave:** proteínas alternativas, Perspectiva Multinivel, transición sociotécnica, régimen cárnico dominante, coexistencia, regulación.

## **SOCIOTECHNICAL CONDITIONS FOR COEXISTENCE BETWEEN ALTERNATIVE PROTEIN NICHES AND THE DOMINANT MEAT REGIME**

### **4.2 Abstract**

The development of alternative proteins has gained prominence in response to the environmental, production, and food-related pressures facing the global food system. However, uncertainty remains as to whether these innovations can transform the dominant conventional protein regime or will gradually become integrated into its structures. Drawing on the Multi-Level Perspective, this study analyzed the sociotechnical conditions that influence the development and legitimization of alternative proteins and their articulation with the dominant meat regime. An exploratory qualitative approach was employed, based on fifteen semi-structured interviews with international key informants and supplemented by a contextual document review. The empirical data were examined through a deductive and inductive thematic coding strategy supported by ATLAS.ti version 25. The findings show that the transition does not follow a pathway of direct substitution but instead unfolds as a gradual and uneven process of coexistence, complementarity, and partial reconfiguration of the food system. The expansion of innovation niches depends on the alignment of technological and production capabilities, investment and strategic alliances, regulatory frameworks, and processes of social legitimization and consumer acceptance. Relationships with regime actors can also facilitate access to infrastructure, financing, and distribution channels, although they may create risks of dependency and concentration of power. The study concludes that no single condition can independently guarantee the consolidation of the sector. Its evolution will depend on the ability of innovation niches to scale up, build legitimacy, and engage with the institutional, production, and sociocultural structures of the food system.

**Keywords:** alternative proteins, Multi-Level Perspective, sociotechnical transition, dominant meat regime, coexistence, regulation.

### 4.3 Introducción

El sistema alimentario mundial enfrenta presiones crecientes relacionadas con el cambio climático, la disponibilidad de recursos naturales y el aumento sostenido de la demanda de proteínas. Dentro de este sistema, los alimentos de origen animal se asocian con impactos ambientales relevantes, aunque su magnitud presenta una considerable variabilidad entre especies, productos y sistemas de producción (Hilborn et al., 2018). Esta heterogeneidad refleja la complejidad del régimen alimentario basado en proteínas animales y, al mismo tiempo, ha impulsado la búsqueda de opciones que permitan diversificar la provisión proteica y reducir algunos de sus efectos ambientales.

Entre estas opciones se encuentran los productos vegetales análogos a la carne, la fermentación de precisión y la carne cultivada, analizados en esta investigación como nichos de innovación en proteínas alternativas. Su desarrollo ha sido favorecido por los avances tecnológicos, la inversión privada y los cambios en las preferencias de determinados grupos de consumidores (Mylan et al., 2023). No obstante, su evolución no ha seguido una trayectoria homogénea. Las diferencias en madurez tecnológica, aceptación, financiamiento, infraestructura y acceso al mercado han producido avances desiguales entre plataformas y regiones (Wood et al., 2026).

Esta heterogeneidad se expresa en distintos niveles de consolidación: los productos vegetales poseen una mayor presencia comercial; la fermentación de precisión registra avances en el desarrollo de ingredientes y capacidades productivas, aunque todavía enfrenta dificultades de costos y escalamiento; y la carne cultivada permanece en una etapa más temprana, condicionada por requerimientos tecnológicos, económicos y regulatorios (Good Food Institute, 2024; Wood et al., 2026). En conjunto, la evidencia indica que la inversión, la regulación y el desarrollo tecnológico actúan como condiciones habilitantes, pero no garantizan por sí mismos la consolidación de los nichos ni su incorporación estable al sistema alimentario.

Uno de los principales retos consiste en trasladar los avances alcanzados en investigación y experimentación hacia procesos productivos competitivos a escala industrial. A ello se añaden las diferencias en el desempeño ambiental de las plataformas, que dependen de los insumos, la energía y las condiciones específicas de producción (Bry-Chevalier, 2026). También persisten incertidumbres relacionadas con el procesamiento, la estandarización, la inocuidad y los posibles efectos nutricionales, biológicos y químicos de algunos productos, particularmente de aquellos basados en tecnologías emergentes (Wang et al., 2024). En consecuencia, el potencial de las proteínas alternativas no puede evaluarse únicamente a partir de sus atributos tecnológicos o ambientales.

La trayectoria de estas innovaciones también se encuentra condicionada por las estructuras del régimen dominante. La infraestructura instalada, las redes de distribución, los marcos regulatorios, las prácticas de consumo y la concentración empresarial generan ventajas acumuladas para los actores establecidos. Al mismo tiempo, la participación de grandes corporaciones alimentarias en los nichos de proteínas alternativas muestra que la relación entre ambos espacios no se limita a la competencia. Las innovaciones pueden ser financiadas, incorporadas o adaptadas a las estrategias de expansión de estas empresas, facilitando su escalamiento, pero también reproduciendo dinámicas de concentración y relaciones asimétricas de poder (Howard et al., 2021).

Aunque la literatura ha examinado las oportunidades ambientales, económicas y tecnológicas de las proteínas alternativas, buena parte de los estudios se concentra en dimensiones específicas, como la aceptación del consumidor, la eficiencia productiva o el impacto ambiental. Esta fragmentación dificulta comprender cómo interactúan simultáneamente los factores tecnológicos, económicos, regulatorios, empresariales y socioculturales que condicionan el desarrollo de los nichos. En particular, todavía es necesario profundizar en las formas mediante las cuales estas innovaciones se articulan con el régimen

dominante y generan dinámicas de coexistencia, complementariedad o reconfiguración parcial (Bry-Chevalier, 2026).

La Perspectiva Multinivel proporciona un marco adecuado para abordar esta interacción, al explicar las transiciones sociotécnicas mediante las relaciones entre las presiones del paisaje, las estructuras y reglas del régimen y los procesos de experimentación desarrollados en los nichos. Desde este enfoque, la expansión de las proteínas alternativas no depende únicamente de su desempeño técnico, sino de la alineación entre capacidades productivas, condiciones de mercado, regulación, estrategias empresariales y procesos de legitimación sociocultural.

A partir de esta perspectiva, la presente investigación analiza las condiciones sociotécnicas que facilitan o restringen la articulación entre los nichos de innovación en proteínas alternativas y el régimen alimentario dominante basado en proteínas de origen animal. Asimismo, examina las implicaciones de esta interacción para el escalamiento de los nichos y para los procesos de coexistencia y reconfiguración parcial del sistema alimentario. El análisis se sustenta en entrevistas semiestructuradas a informantes clave internacionales y busca responder la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué condiciones sociotécnicas facilitan o restringen la articulación entre los nichos de innovación en proteínas alternativas y el régimen alimentario dominante?

#### **4.4 Metodología**

Este estudio adoptó un enfoque cualitativo de carácter exploratorio, orientado a analizar las condiciones sociotécnicas que configuran la interacción entre los nichos de innovación en proteínas alternativas y el régimen cárnico dominante. Debido a la complejidad y al carácter emergente del fenómeno, se recurrió a entrevistas semiestructuradas con informantes clave, lo que permitió recuperar perspectivas especializadas sobre la evolución del sector (Brinkmann & Kvale, 2015).

La información se obtuvo de quince informantes clave internacionales con experiencia en el desarrollo, estudio o aplicación de tecnologías relacionadas con las proteínas alternativas. Sus principales características profesionales se presentan en el Cuadro 3. La muestra incluyó representantes de universidades, centros de investigación y empresas del sector alimentario de México, Australia, Noruega, Brasil, Dinamarca y los Países Bajos. Esta composición permitió incorporar distintos contextos institucionales, productivos y regulatorios. La selección se realizó mediante un muestreo intencional, complementado con criterios de conveniencia, y priorizó la pertinencia temática y la vinculación directa de los participantes con procesos de investigación, desarrollo tecnológico o implementación en el sector (Creswell, 2013; Patton, 2015). Los perfiles comprendieron actores de los ámbitos académico, científico-tecnológico y empresarial.

El trabajo de campo se llevó a cabo durante 2025. Las entrevistas se realizaron en español, inglés o portugués, de acuerdo con la preferencia de cada participante. Tuvieron una duración aproximada de 45 minutos y se efectuaron mediante la plataforma Zoom (Archibald et al., 2019). Todas fueron grabadas con el consentimiento informado de los participantes y se garantizó la confidencialidad y el uso de la información exclusivamente con fines académicos.

La guía de entrevista se estructuró a partir de la Perspectiva Multinivel (MLP) (Geels & Schot, 2010) y se organizó en torno a dimensiones centrales del sistema sociotécnico: desarrollo tecnológico y productivo; regulación y políticas públicas; dinámicas empresariales y de mercado; aceptación sociocultural; y oportunidades, riesgos y escenarios asociados con la transición hacia proteínas alternativas. Esta organización permitió examinar las relaciones entre innovación, instituciones, mercados y prácticas socioculturales, así como identificar convergencias, tensiones y desajustes entre los nichos de innovación en proteínas alternativas y el régimen cárnico dominante.

La información se analizó mediante codificación temática asistida por ATLAS.ti versión 25. Se empleó una estrategia combinada de codificación deductiva e

inductiva. Las entrevistas se complementaron con una revisión documental de carácter contextual, utilizada para contrastar e interpretar los hallazgos empíricos.

En una primera etapa se consideraron categorías derivadas de la Perspectiva Multinivel y de la literatura sobre proteínas alternativas; posteriormente, se incorporaron códigos emergentes identificados en patrones recurrentes del discurso de los informantes. Estos fueron revisados, depurados y agrupados en ejes analíticos relacionados con la aceptación del consumidor y los factores culturales, las capacidades tecnológicas y productivas, las dinámicas empresariales y del régimen dominante, la regulación y las políticas públicas, las oportunidades y los riesgos, y los escenarios sociotécnicos futuros. Dichos ejes orientaron la presentación de los resultados y la interpretación de las relaciones entre innovación, mercado, regulación, cultura y régimen dominante.

Cuadro 3. Perfil profesional de los informantes clave incluidos en el estudio

| Participante | País      | Cargo actual                                                 | Experiencia pertinente para el estudio                                                             |
|--------------|-----------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1           | Australia | Investigador asociado                                        | Dietas sostenibles, salud planetaria, sistemas alimentarios regenerativos y salud pública          |
| A2           | Brasil    | Profesor de Ingeniería de Alimentos (doctorado en Nutrición) | Nutrición, desarrollo de productos vegetales, productos cárnicos e innovación alimentaria          |
| A3           | Brasil    | Científico social (maestría en Sociología)                   | Investigación cualitativa, sociología de la ciencia, salud y sociedad                              |
| A4           | Dinamarca | Ingeniero de alimentos (asistente de I+D)                    | Tecnología de alimentos, producción alimentaria sostenible y reducción de desperdicios             |
| A5           | Dinamarca | Investigador con maestría                                    | Proteínas alternativas, fermentación de precisión, biotecnología alimentaria y agricultura celular |
| A6           | Noruega   | Investigador sénior                                          | Sociología rural, sistemas alimentarios, política agrícola y transiciones hacia la sostenibilidad  |
| A7           | Noruega   | Profesor emérito                                             | Ética alimentaria, filosofía e innovación                                                          |

|     |              |                                                       | responsable                                                                                                            |
|-----|--------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A8  | Noruega      | Investigador científico                               | Microbiología industrial, fermentación de precisión, ingredientes alimentarios del futuro y bioeconomía circular       |
| A9  | México       | Profesor-investigador                                 | Sistemas de producción animal, producción ganadera, calidad de los alimentos y economía agrícola                       |
| A10 | México       | Profesor-investigador                                 | Ingeniería de alimentos, extracción de proteínas, ingredientes alimentarios funcionales y biotecnología alimentaria    |
| A11 | México       | Investigador (maestría en Estrategia Agroempresarial) | Sistemas agroalimentarios, estrategia agroempresarial y transiciones del sistema alimentario                           |
| A12 | México       | Director comercial y codirector ejecutivo             | Comercialización de alimentos de origen vegetal, desarrollo empresarial y mercados de proteínas alternativas           |
| A13 | México       | Director ejecutivo                                    | Innovación en alimentos de origen vegetal y emprendimiento en proteínas alternativas                                   |
| A14 | México       | Director de Relaciones Institucionales                | Industria láctea, estrategia corporativa y relaciones institucionales                                                  |
| A15 | Países Bajos | Investigador con maestría                             | Innovación alimentaria sostenible, agricultura celular, fermentación de precisión y conocimiento ecológico tradicional |

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Consideraciones éticas

Antes de cada entrevista, los participantes recibieron información sobre los objetivos del estudio, el uso previsto de la información, la grabación de la entrevista y el carácter voluntario de su participación. Todos los participantes otorgaron su consentimiento informado antes de iniciar la entrevista. La información fue tratada de manera confidencial y los datos se presentan de forma anonimizada. Dado el carácter cualitativo del estudio y la participación de informantes clave en calidad profesional, no se recopilaron datos sensibles ni información personal identificable más allá de la necesaria para contextualizar su perfil profesional.

## **4.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.6.1 Análisis exploratorio inicial**

Con el propósito de identificar los principales temas presentes en el discurso de los informantes clave, se elaboró una representación visual de la frecuencia léxica del corpus de entrevistas, entendida como la distribución y recurrencia de términos y expresiones a lo largo del conjunto total de entrevistas analizadas. Este análisis exploratorio permitió reconocer patrones iniciales del discurso y orientar la delimitación de los ejes temáticos que estructuran el análisis posterior.

La Figura 4 presenta una representación sintética de estos patrones, en la que destacan términos como “carne”, “productos”, “proteínas”, “alternativas”, “producción”, “vegetales”, “consumidor”, “empresas” y “mercado”. La centralidad de estos conceptos sugiere que el discurso se articula en torno a tres dimensiones interrelacionadas: (i) la base productiva y tecnológica de las alternativas proteicas, (ii) las estrategias empresariales y dinámicas de mercado, y (iii) los procesos de aceptación y comportamiento del consumidor.

Esta configuración coincide con la literatura sobre transiciones alimentarias, que destaca la interacción entre innovaciones tecnológicas, estructuras económicas y prácticas sociales en la transformación del sistema (Pay & Gianoli, 2024). Los patrones léxicos reflejan así múltiples niveles de análisis, en los que los nichos de innovación interactúan con estructuras dominantes y presiones externas. Asimismo, la presencia de términos vinculados con la regulación y las políticas públicas, como “políticas”, y con la sostenibilidad ambiental, como “agua”, “impacto” y “ambiental”, indica que el fenómeno trasciende la dimensión tecnológica y surge de la convergencia de factores institucionales, ecológicos y económicos. Este carácter multidimensional ha sido documentado en estudios sobre transiciones hacia sistemas alimentarios sostenibles, que señalan presiones simultáneas relacionadas con el cambio climático, la seguridad alimentaria y la creciente demanda de proteínas (Marinova & Bogueva, 2022b).



la interacción entre factores económicos, culturales, cognitivos e institucionales. Las decisiones alimentarias se encuentran mediadas por significados sociales, prácticas cotidianas y marcos culturales que favorecen la continuidad de los patrones de consumo dominantes y dificultan la incorporación de nuevas alternativas (Onwezen & Dagevos, 2024).

Entre las principales barreras señaladas se encuentran el precio y la accesibilidad. Cuando las proteínas alternativas presentan un costo superior al de los productos convencionales, su consumo tiende a concentrarse en segmentos con mayor capacidad adquisitiva o con motivaciones específicas relacionadas con la sostenibilidad, la salud o el bienestar animal. Esta situación restringe su difusión y limita la posibilidad de alcanzar economías de escala. Los costos elevados, las dificultades productivas, la percepción de artificialidad y las dudas sobre la seguridad y calidad de los productos continúan actuando de manera conjunta sobre la disposición de compra (Malila et al., 2024). Por tanto, la aceptación no está determinada exclusivamente por la capacidad económica del consumidor, sino también por el valor que atribuye a estas innovaciones frente a las opciones convencionales.

Desde la Perspectiva Multinivel, estas condiciones pueden interpretarse como mecanismos que contribuyen a la estabilidad del régimen dominante. Las rutinas de consumo, la disponibilidad de productos convencionales, las infraestructuras comerciales y las expectativas sobre precio, sabor y calidad refuerzan la posición de las proteínas de origen animal (Geels & Schot, 2010). Los nichos deben competir, en consecuencia, no solo mediante un mejor desempeño técnico o ambiental, sino también a través de la construcción de legitimidad cultural y confianza social.

La cultura alimentaria constituye otra fuente importante de inercia. Los informantes señalaron que el consumo de carne continúa vinculado con la identidad, la tradición, el estatus y determinadas prácticas familiares y sociales. Estas asociaciones reducen la disposición a reemplazarla, aun cuando exista conocimiento sobre los posibles beneficios ambientales de otras fuentes de

proteína. La transición alimentaria requiere, por ello, procesos de aprendizaje social, resignificación de prácticas y transformación gradual de los valores asociados con la alimentación, además de la disponibilidad de nuevas tecnologías (Grin et al., 2010).

Otro obstáculo relevante es la percepción de falta de naturalidad. Algunos consumidores consideran las proteínas alternativas como productos artificiales o excesivamente procesados, lo que genera dudas sobre su inocuidad, calidad y valor nutricional. Esta percepción adquiere mayor importancia en tecnologías alejadas de las prácticas alimentarias conocidas, como la carne cultivada. La naturalidad, el sabor, la seguridad y el procesamiento no son evaluados de manera independiente, sino como atributos relacionados que influyen conjuntamente en la valoración de los productos (Cornelissen & Piqueras-Fiszman, 2023).

Los resultados también muestran que la aceptación no es homogénea. Existen segmentos que mantienen una fuerte preferencia por la carne convencional, mientras que otros presentan mayor disposición a consumir alternativas asociadas con la sostenibilidad o el bienestar animal. Estas diferencias responden tanto a características sociodemográficas como a valores, hábitos, experiencias previas y percepciones sobre la tecnología. Por esta razón, la incorporación de proteínas alternativas ocurre de manera desigual y no puede explicarse mediante un perfil único de consumidor (Cornelissen & Piqueras-Fiszman, 2023).

Asimismo, el grado de aceptación varía entre las plataformas tecnológicas. Los productos de origen vegetal suelen generar menor resistencia debido a su mayor familiaridad y presencia en el mercado, mientras que la carne cultivada enfrenta mayores barreras relacionadas con el desconocimiento, la artificialidad percibida y la incertidumbre sobre sus procesos de producción. Esta diferencia muestra que la transición no avanza de manera uniforme, sino de acuerdo con el nivel de ruptura que cada innovación introduce en las prácticas y representaciones alimentarias existentes (Chia et al., 2024).

También se identifican diferencias entre grupos sociales. Los consumidores jóvenes y con mayor nivel educativo suelen mostrar más apertura hacia estas innovaciones, aunque esta disposición no garantiza necesariamente una modificación efectiva y sostenida de sus hábitos. Otros grupos conservan una vinculación más estrecha con las prácticas alimentarias tradicionales. En consecuencia, la adopción se encuentra segmentada por condiciones sociodemográficas, culturales y contextuales (Chia et al., 2024; Onwezen & Dagevos, 2024).

La información y la comunicación pueden contribuir a reducir la incertidumbre y fortalecer la confianza del consumidor, al influir en la manera en que se interpretan los beneficios, riesgos y características de las proteínas alternativas (Meadows, 2008). Sin embargo, la provisión de información no resulta suficiente para transformar hábitos profundamente arraigados. Las estrategias de legitimación deben acompañarse de mejoras en precio, sabor, accesibilidad, transparencia y disponibilidad, de modo que las alternativas puedan incorporarse a las prácticas cotidianas y no permanezcan limitadas a segmentos especializados.

Los resultados muestran que la aceptación del consumidor se construye mediante la interacción de condiciones económicas, culturales, tecnológicas e institucionales. La transición hacia proteínas alternativas implica tensiones entre innovación y tradición, así como entre viabilidad económica y legitimidad social. Como señalan Marinova y Bogueva (2022b), la transformación de los sistemas alimentarios requiere cambios no solo en las tecnologías productivas, sino también en los valores, percepciones y estructuras que orientan la producción y el consumo. La existencia de una demanda social sostenida constituye, por tanto, una condición necesaria para que los nichos de innovación amplíen su presencia y alcancen una mayor estabilidad dentro del sistema alimentario.

#### **4.7.2 Factores tecnológicos y de producción**

La evidencia muestra que las capacidades tecnológicas y productivas constituyen una de las principales condiciones que limitan la consolidación de las proteínas alternativas. El desafío no reside solamente en generar conocimiento científico, sino en trasladar los avances obtenidos en investigación y experimentación hacia procesos productivos eficientes, reproducibles y económicamente viables a escala industrial. Aunque el sector ha progresado en investigación y desarrollo, su expansión comercial continúa restringida por los costos, la disponibilidad de infraestructura especializada y la capacidad para responder a las exigencias del mercado (Wood et al., 2026).

La magnitud de estas dificultades varía entre las plataformas estudiadas. Los productos vegetales pueden aprovechar parcialmente infraestructuras y procesos ya utilizados por la industria alimentaria, mientras que la fermentación de precisión requiere instalaciones, equipamiento y capacidades específicas de bioprocesamiento. La carne cultivada presenta mayores exigencias técnicas debido a su dependencia de sistemas de cultivo celular y condiciones de producción altamente controladas. Estas diferencias expresan distintos grados de madurez tecnológica y distintas posibilidades de articulación con las capacidades productivas existentes (Bry-Chevalier, 2026).

En el caso de la carne cultivada, el escalamiento implica ampliar procesos de proliferación y diferenciación celular sin comprometer la eficiencia, la calidad ni la inocuidad del producto. Para ello se requieren medios de cultivo adecuados, líneas celulares estables, sistemas de biorreactores y, en productos estructurados, técnicas de ensamblaje tisular. A pesar de los avances alcanzados, la optimización de los insumos y de los sistemas productivos continúa limitando su viabilidad comercial en el corto plazo (Rasmussen et al., 2024). La dependencia de componentes biotecnológicos especializados y de procedimientos que aún no han sido completamente estandarizados incrementa la complejidad y los costos de producción (Datar & Betti, 2010).

El costo constituye una limitación transversal para el sector. La demanda de energía, los insumos especializados, el equipamiento y la complejidad de los procesos reducen la competitividad de algunas proteínas alternativas frente a los productos convencionales. Las mejoras en eficiencia no han permitido alcanzar de manera generalizada una paridad de costos, especialmente en las tecnologías que todavía operan a pequeña escala o en instalaciones experimentales (Good Food Institute, 2024). Esta situación restringe el acceso a mercados amplios y mantiene parte de la oferta concentrada en segmentos especializados.

Los resultados también evidencian desigualdades en la distribución de las capacidades tecnológicas y productivas. El conocimiento científico no puede transformarse en producción industrial sin instalaciones adecuadas, personal especializado, redes de proveedores, financiamiento y canales de comercialización. La falta de infraestructura compartida dificulta particularmente el desarrollo de empresas emergentes y de regiones con ecosistemas tecnológicos menos consolidados (Wood et al., 2026). Al mismo tiempo, la participación de grandes corporaciones puede facilitar el acceso a recursos e infraestructura, pero también reforzar la concentración y las asimetrías de poder dentro del sistema alimentario (Howard et al., 2021).

El desarrollo tecnológico representa, a su vez, una oportunidad para mejorar el desempeño productivo y la aceptación de los alimentos. Los avances en fermentación, ingredientes funcionales y tecnologías de procesamiento permiten intervenir en atributos como sabor, textura, composición nutricional y estabilidad. En consecuencia, la innovación no se orienta únicamente a aumentar la eficiencia, sino también a responder a las expectativas del consumidor y a las condiciones de competencia del mercado (Wang et al., 2024).

Estas dimensiones se encuentran estrechamente relacionadas con las condiciones económicas, regulatorias y sociales del sector. La estandarización de los procesos, la evaluación de la inocuidad y la definición de rutas regulatorias claras influyen en la posibilidad de trasladar una tecnología desde la etapa experimental hasta su comercialización. Esta relación resulta especialmente

relevante en los alimentos novedosos, cuyos procesos de aprobación pueden incidir en los tiempos, costos y riesgos asociados con el escalamiento (Malila et al., 2024).

Los resultados indican que la consolidación de las proteínas alternativas depende de cerrar la brecha entre innovación experimental, producción industrial y viabilidad comercial. Los avances científicos son necesarios, pero deben acompañarse de infraestructura, financiamiento, capacidades técnicas y mecanismos de articulación con actores del sistema alimentario. Esta articulación puede facilitar el acceso de los nichos a recursos productivos y canales de distribución ya establecidos, aunque también puede generar relaciones de dependencia. El escalamiento debe entenderse, por tanto, como un proceso sociotécnico y no exclusivamente como un problema de eficiencia tecnológica.

#### **4.7.3 Régimen dominante, empresas y dinámicas del sector**

Las entrevistas indican que el desarrollo de las proteínas alternativas no sigue una trayectoria de sustitución directa del régimen cárnico dominante. La relación observada se caracteriza por la coexistencia, las asimetrías competitivas y la interdependencia entre los nichos de innovación y los actores establecidos. Por esta razón, la transformación del sistema alimentario no depende exclusivamente del avance tecnológico, sino también de las relaciones de poder económico, productivo, empresarial e institucional que influyen en el acceso a recursos y en la orientación de las innovaciones.

Una de las principales condiciones identificadas es la persistencia de ventajas estructurales que favorecen al régimen dominante. Los actores establecidos disponen de infraestructura productiva, redes de distribución, capacidades financieras y relaciones institucionales desarrolladas durante largos periodos. También pueden ejercer una mayor influencia sobre la configuración de los mercados y los marcos regulatorios. Howard (2022) advierte que la concentración de capital e infraestructura condiciona la trayectoria de las innovaciones emergentes dentro del sistema alimentario. Pay y Gianoli (2024), por su parte,

muestran que las posibilidades de escalamiento de los nichos dependen de su interacción con estructuras institucionales y económicas ya consolidadas.

La transición se desarrolla, por tanto, dentro de un espacio competitivo cuyas reglas, prácticas e infraestructuras favorecen la continuidad del régimen. Las presiones relacionadas con la sostenibilidad y la seguridad alimentaria pueden impulsar ajustes, pero no eliminan las ventajas acumuladas por los actores dominantes. Las transformaciones tienden a producirse de manera gradual, mediante procesos de adaptación e incorporación selectiva de las innovaciones (Moritz et al., 2023). El régimen no permanece estático, sino que responde a las presiones externas integrando tecnologías o modelos de negocio compatibles con sus estructuras.

Los modelos empresariales de proteínas alternativas todavía se encuentran en proceso de consolidación. Su viabilidad depende de la capacidad para combinar innovación tecnológica, acceso al mercado y aceptación social. La confianza del consumidor se convierte así en un recurso estratégico para las empresas. Además de mejorar el sabor, la textura y el desempeño nutricional de los productos, estas deben atender las percepciones de artificialidad, riesgo y procesamiento excesivo. El enfoque de etiqueta limpia (*clean label*), orientado a simplificar las formulaciones y transparentar los ingredientes, representa una de las estrategias empleadas para fortalecer la legitimidad de los productos (Witte et al., 2021).

También se observan cambios en la forma en que algunas empresas presentan sus actividades. En lugar de definirse únicamente como fabricantes de sustitutos o imitaciones de la carne, ciertas compañías buscan posicionarse como productoras de proteínas. Este ajuste permite ampliar su identidad comercial, responder a las expectativas de los consumidores y reducir algunas tensiones vinculadas con el etiquetado y la comparación directa con los productos convencionales. El caso de Beyond Meat muestra cómo las estrategias empresariales se modifican ante las presiones del mercado, los cambios regulatorios y la evolución de la demanda (Beyond Meat, 2024).

La participación de grandes corporaciones y actores institucionales ocupa un lugar relevante en el desarrollo del sector. La relación entre los nichos y el régimen comprende mecanismos de colaboración como inversión, alianzas estratégicas, programas públicos de innovación y desarrollo compartido de infraestructura. El Good Food Institute (2024) documenta la importancia del financiamiento, las plataformas de innovación y el apoyo institucional para ampliar las capacidades productivas de las empresas. De manera similar, Pay y Gianoli (2024) destacan que los marcos regulatorios adaptativos y las condiciones de gobernanza pueden facilitar la integración de nuevas tecnologías en el sistema alimentario.

Las alianzas entre empresas emergentes, corporaciones consolidadas y cadenas de distribución permiten acceder a capital, instalaciones, conocimientos técnicos y canales de comercialización que serían difíciles de desarrollar de manera independiente. Empresas como Tyson Foods, Cargill, ADM y Nestlé han participado en el financiamiento o desarrollo de proyectos vinculados con proteínas alternativas, influyendo en la orientación y expansión de estas innovaciones (Howard, 2022). Wood et al. (2026) también señalan que la evolución del sector depende cada vez más de esquemas colaborativos que combinan inversión, infraestructura productiva y participación de distintos actores de la cadena de suministro.

Estas relaciones, sin embargo, no generan únicamente beneficios. La intervención de actores dominantes puede orientar las innovaciones hacia criterios de rentabilidad, compatibilidad con las infraestructuras existentes y reducción de riesgos financieros. Esta influencia puede disminuir la autonomía de las empresas emergentes y limitar el potencial transformador de las tecnologías. La articulación entre nichos y régimen produce, de esta manera, una combinación de cooperación, adaptación y dependencia estructural (Pay & Gianoli, 2024).

Las diferencias entre las trayectorias empresariales ilustran el carácter selectivo de este proceso. Believer Meats, pese a sus avances tecnológicos y regulatorios,

no consiguió sostener los costos asociados con el escalamiento de sus operaciones (Watson, 2025). Aleph Farms ha seguido una estrategia más gradual, apoyada en alianzas e inversión continua, aunque todavía enfrenta limitaciones para alcanzar una producción comercial amplia (Good Food Institute, 2024). Estos casos muestran que el desarrollo tecnológico y la aprobación regulatoria no garantizan la permanencia de una empresa cuando no están acompañados de financiamiento, infraestructura y condiciones de mercado favorables.

Los resultados permiten interpretar la transición hacia proteínas alternativas como una reconfiguración progresiva de las relaciones entre empresas, tecnologías y estructuras del sistema alimentario. El régimen dominante puede adaptarse e incorporar innovaciones sin modificar completamente sus fundamentos productivos y comerciales. Las empresas vinculadas con los nichos funcionan como espacios de experimentación, pero su desarrollo permanece condicionado por las reglas, los recursos y las relaciones de poder existentes.

Este hallazgo evidencia el carácter ambivalente de la articulación entre los nichos y los actores del régimen. La articulación con actores del régimen facilita el acceso a infraestructura, capital, capacidades productivas y canales de distribución, favoreciendo el escalamiento de los nichos. Al mismo tiempo, dichas alianzas pueden generar dependencia, concentración de poder y pérdida de autonomía. La articulación nicho–régimen actúa, por ello, como una condición que impulsa la expansión de las proteínas alternativas, pero también influye en la dirección y en el alcance de su potencial transformador.

#### **4.7.4 Regulación y políticas públicas**

El análisis de las entrevistas muestra que la regulación constituye una condición habilitante para el desarrollo de las proteínas alternativas, pero no garantiza por sí misma su consolidación. Su función comprende la definición de requisitos de seguridad e inocuidad, la autorización para ingresar al mercado y la construcción de confianza entre consumidores, inversionistas y otros actores del sistema

alimentario. Su efectividad depende, sin embargo, de la relación que mantiene con las capacidades productivas, la inversión, la infraestructura, la aceptación social y las condiciones de mercado.

La heterogeneidad de los marcos regulatorios genera diferencias importantes en las trayectorias de los nichos. Algunas regiones todavía se encuentran en una etapa inicial de definición normativa, mientras que otras han desarrollado procedimientos de evaluación, autorización y comercialización más estructurados. América Latina presenta avances parciales, como los instrumentos regulatorios y programas de investigación impulsados en Brasil. Estados Unidos, Canadá y Australia muestran una mayor articulación entre aprobación regulatoria, financiamiento público, desarrollo de infraestructura y estrategias de escalamiento tecnológico (Good Food Institute, 2026).

Los hallazgos de las entrevistas son congruentes con la evidencia documental disponible, la cual muestra que la regulación internacional no sigue una trayectoria uniforme. Las autorizaciones concedidas en ciertas jurisdicciones conviven con restricciones de etiquetado, prohibiciones territoriales y marcos normativos que aún se encuentran en construcción. Esta diversidad regulatoria influye en la localización de inversiones, proyectos de investigación, pruebas piloto y capacidades productivas, pero no explica por sí sola las diferencias en el desarrollo del sector (Bisht et al., 2025; Good Food Institute, 2026).

La regulación forma parte de configuraciones más amplias de gobernanza e innovación. En algunos países, los avances normativos se acompañan de inversión pública, infraestructura y programas orientados al escalamiento; en otros, la intervención gubernamental se limita a establecer procedimientos de aprobación y criterios de seguridad. Bisht et al. (2025) señalan que estas diferencias influyen en la velocidad, las restricciones y la orientación de las trayectorias tecnológicas. El Good Food Institute (2026) también muestra que las políticas de financiamiento e innovación pueden fortalecer las condiciones productivas del sector cuando se articulan con rutas regulatorias definidas.

La aprobación de un producto no asegura su viabilidad económica ni su permanencia en el mercado. Las empresas deben superar posteriormente dificultades relacionadas con los costos, la infraestructura, el financiamiento y la ampliación de la producción. El caso de algunas compañías de carne cultivada demuestra que la validación regulatoria y los avances tecnológicos pueden resultar insuficientes cuando no existen condiciones adecuadas para sostener la industrialización. Believer Meats, por ejemplo, cesó sus operaciones pese a haber alcanzado avances técnicos y regulatorios, debido a las dificultades económicas asociadas con el escalamiento (Watson, 2025).

La regulación también desempeña una función de legitimación. Las certificaciones, los requisitos de etiquetado, los criterios de inocuidad y la validación institucional pueden reducir la incertidumbre y fortalecer la percepción de seguridad de los productos novedosos (Hadi & Brightwell, 2021). Esta función resulta especialmente relevante para tecnologías que enfrentan dudas relacionadas con la artificialidad, el procesamiento o los posibles riesgos para la salud. Un marco normativo claro puede contribuir a generar confianza, aunque la aceptación final también depende del precio, el sabor, la familiaridad y los significados culturales atribuidos a cada producto.

Las políticas públicas amplían el alcance de la intervención gubernamental más allá de la autorización comercial. El financiamiento de la investigación, los incentivos económicos, la formación de capacidades técnicas y la inversión en infraestructura pueden reducir algunas de las desventajas que enfrentan los nichos frente al régimen dominante. Bisht et al. (2025) destacan que el fortalecimiento de las cadenas de valor y el apoyo a la innovación favorecen el escalamiento, especialmente cuando las empresas emergentes presentan restricciones de capital, equipamiento o conocimiento especializado.

Desde la Perspectiva Multinivel, estos resultados confirman que el cambio sociotécnico depende de la alineación entre distintas dimensiones y no de la modificación aislada de una regla o institución (Geels & Schot, 2010). Los marcos regulatorios pueden reducir las barreras de entrada y proporcionar certidumbre,

pero su efecto permanece condicionado por la capacidad de producir a escala, acceder a financiamiento, ingresar a los canales de distribución y construir legitimidad social.

La claridad regulatoria actúa como una condición habilitante e interdependiente, pero no determina de manera aislada el escalamiento y la consolidación de las proteínas alternativas. Su contribución depende de la articulación con el desarrollo tecnológico, la inversión, la infraestructura y las condiciones de aceptación y mercado. La regulación debe interpretarse, por tanto, como un componente de la gobernanza sociotécnica que orienta y facilita el desarrollo de los nichos, sin asegurar por sí misma el éxito de la transición.

#### **4.7.5 Oportunidades y riesgos**

##### **Oportunidades**

El análisis de este eje indica que las oportunidades para el desarrollo de las proteínas alternativas no proceden exclusivamente de la innovación tecnológica. Su expansión depende de la convergencia entre presiones ambientales, nuevas capacidades productivas, cambios en las preferencias de consumo y formas de apoyo institucional. La sostenibilidad constituye uno de los principales impulsores, debido a las preocupaciones relacionadas con el cambio climático, el uso intensivo de los recursos y la necesidad de diversificar las fuentes de proteína.

Desde la Perspectiva Multinivel, estas presiones corresponden al paisaje sociotécnico y pueden abrir espacios para el fortalecimiento de los nichos de innovación. Las proteínas alternativas ofrecen posibilidades para reducir determinados impactos ambientales, ampliar la oferta proteica y mejorar la eficiencia en el uso de recursos. Sin embargo, estos beneficios no son automáticos ni uniformes, pues varían según la plataforma tecnológica, la escala productiva, los insumos empleados y las fuentes de energía utilizadas (Bry-Chevalier, 2026).

Otra oportunidad se relaciona con la creación de capacidades científicas, productivas y empresariales. El desarrollo de productos vegetales avanzados, fermentación de precisión y carne cultivada puede impulsar nuevas cadenas de valor, atraer inversión en investigación y desarrollo, y generar empleos especializados. Wood et al. (2026) señalan que el crecimiento del sector no se limita al lanzamiento de nuevos alimentos, sino que también comprende la formación de infraestructura, conocimientos técnicos y modelos de colaboración entre empresas, universidades, centros de investigación e instituciones públicas.

Los cambios en las preferencias de ciertos grupos de consumidores también pueden ampliar el espacio de mercado de estas innovaciones. La asociación entre alimentación, salud, sostenibilidad y bienestar animal favorece una mayor disposición a conocer y probar proteínas alternativas, particularmente entre generaciones jóvenes. Esta apertura representa una oportunidad para normalizar su consumo, aunque su aprovechamiento depende de que los productos satisfagan criterios de precio, sabor, disponibilidad, confianza y calidad nutricional (Malila et al., 2024).

La colaboración público-privada puede contribuir a convertir estas oportunidades en capacidades productivas concretas. La combinación de políticas públicas, incentivos, inversión en investigación, infraestructura compartida y estrategias de comunicación permite reducir la incertidumbre y facilitar el escalamiento. Pay y Gianoli (2024) destacan que el desarrollo de los nichos no depende únicamente de las capacidades internas de las empresas, sino también de la existencia de entornos institucionales que favorezcan la innovación y su incorporación al sistema alimentario.

Los hallazgos permiten interpretar las oportunidades como el resultado de una alineación progresiva entre presiones del paisaje, capacidades de los nichos y ajustes institucionales del régimen. Esta alineación puede ampliar la presencia de las proteínas alternativas sin producir necesariamente una ruptura inmediata con el sistema dominante. Su principal potencial radica en favorecer la

diversificación de la producción y del consumo de proteínas mediante un proceso gradual de integración.

## **Riesgos**

Los riesgos identificados se concentran en cuatro dimensiones: i) la persistencia de prácticas socioculturales asociadas con el consumo de carne, ii) las limitaciones económicas y productivas, iii) la desconfianza del consumidor y iv) la distribución desigual de los costos y beneficios de la transición. Estas dimensiones pueden restringir la consolidación de los nichos o provocar que su desarrollo reproduzca problemas ya presentes en el sistema alimentario.

La inercia sociocultural no siempre se manifiesta mediante un rechazo abierto a las proteínas alternativas. Con frecuencia opera a través de hábitos, rutinas y significados que mantienen a la carne como componente central de la alimentación. La relación de su consumo con la identidad, la tradición y las prácticas familiares reduce la disposición a modificar las elecciones cotidianas, incluso entre personas que reconocen las posibles ventajas ambientales o de salud de otras fuentes proteicas (Wood et al., 2026).

Las restricciones económicas y productivas representan otro riesgo importante. Los costos elevados, la dependencia de infraestructura especializada y las dificultades para ampliar la producción generan desventajas frente a las proteínas convencionales. Estas últimas cuentan con economías de escala, cadenas de suministro, canales de distribución y mecanismos de apoyo desarrollados durante décadas. La diferencia en capacidades puede limitar la competitividad de los nichos y prolongar su dependencia del financiamiento externo (Good Food Institute, 2024).

La percepción de artificialidad también puede debilitar la legitimidad del sector. Los productos considerados altamente procesados o alejados de las prácticas alimentarias conocidas generan dudas sobre su inocuidad, calidad nutricional y efectos ambientales. La falta de información comprensible, el etiquetado poco

claro y la incertidumbre sobre las tecnologías utilizadas pueden reforzar la resistencia y dificultar una adopción amplia (Malila et al., 2024).

La desigualdad constituye un riesgo transversal. Los actores con mayor capacidad financiera y tecnológica se encuentran en mejores condiciones para acceder a inversión, infraestructura, propiedad intelectual y mercados. En cambio, los productores, las empresas emergentes con recursos limitados y los consumidores de menores ingresos pueden enfrentar mayores barreras para participar o beneficiarse de la transición. Mylan et al. (2023) muestran que las trayectorias del sector varían entre tecnologías y actores, mientras que Pay y Gianoli (2024) advierten que la ausencia de políticas inclusivas puede reproducir las asimetrías existentes.

Una transición tecnológicamente avanzada no necesariamente será socialmente incluyente. La expansión de las proteínas alternativas puede contribuir a la sostenibilidad, la innovación y la diversificación alimentaria, pero también favorecer la concentración empresarial, nuevas dependencias tecnológicas y un acceso desigual a los productos. La distribución de los beneficios dependerá de las políticas públicas, los modelos de propiedad, las condiciones de acceso a infraestructura y la capacidad de incorporar a actores con menores recursos.

Las oportunidades y los riesgos se desarrollan de manera simultánea. Las mismas alianzas que facilitan el acceso a capital e infraestructura pueden aumentar la dependencia de los actores dominantes; la innovación que mejora la eficiencia puede elevar las barreras tecnológicas de entrada; y la diversificación de productos puede permanecer restringida a segmentos con mayor capacidad adquisitiva. La trayectoria de las proteínas alternativas dependerá de cómo se gestionen estas tensiones mediante estrategias productivas, institucionales y sociales orientadas a ampliar el acceso y evitar la reproducción de desigualdades.

#### **4.7.6 Perspectiva sociotécnica y trayectoria de transición**

Los resultados indican que el desarrollo de las proteínas alternativas no se orienta hacia una sustitución inmediata del régimen cárnico dominante. La dirección observada corresponde a un proceso gradual de coexistencia, complementariedad y reconfiguración parcial del sistema alimentario. Su ritmo y alcance dependen de la interacción entre capacidades tecnológicas, condiciones económicas, marcos institucionales y procesos de legitimación sociocultural (Mylan et al., 2023).

Las plataformas analizadas tampoco siguen una trayectoria uniforme. Los productos vegetales presentan una mayor integración en los mercados y canales de distribución existentes, mientras que la fermentación de precisión y la carne cultivada requieren capacidades productivas, infraestructura y procedimientos regulatorios más especializados. Estas diferencias condicionan la velocidad con la que cada nicho puede ampliar su presencia y articularse con las estructuras del régimen. Mylan et al. (2023) señalan que las trayectorias de las proteínas alternativas varían según la tecnología, los actores participantes y las condiciones institucionales de cada región.

La evidencia permite interpretar la configuración actual como una trayectoria de reconfiguración parcial. La producción convencional conserva su centralidad, mientras que las proteínas alternativas se incorporan progresivamente como opciones complementarias. Moritz et al. (2023) describen dinámicas semejantes en las que las innovaciones alcanzan cierto grado de desarrollo, legitimidad e integración sin desplazar completamente al régimen establecido. Esta incorporación puede modificar algunos componentes del sistema alimentario, aunque todavía no transforma su estructura productiva y organizacional de manera profunda.

La relación entre nichos y régimen se caracteriza por procesos simultáneos de adaptación, colaboración y condicionamiento. Los actores establecidos pueden proporcionar inversión, infraestructura y acceso al mercado, mientras que las

empresas emergentes aportan tecnologías, productos y modelos de negocio. Pay y Gianoli (2024) muestran que la consolidación de las innovaciones depende de la articulación entre inversión, regulación y gobernanza, lo que favorece dinámicas de integración más que procesos de sustitución directa.

La continuidad de esta trayectoria dependerá de la alineación entre desarrollo tecnológico, financiamiento, infraestructura productiva, marcos regulatorios y legitimidad social. Los avances en regulación, inversión pública e infraestructura pueden facilitar la incorporación de las proteínas alternativas, aunque sus efectos varían entre regiones y plataformas tecnológicas (Good Food Institute, 2024). La ausencia o debilidad de alguno de estos elementos puede desacelerar el proceso y mantener a las innovaciones en segmentos limitados del mercado.

Los actores empresariales desempeñan un papel ambivalente. Las grandes corporaciones pueden acelerar el escalamiento mediante capital, instalaciones y canales de distribución, pero también concentrar poder e influir en la orientación de las innovaciones. Las cadenas de comercio minorista y la industria alimentaria contribuyen a normalizar los productos al incorporarlos en espacios cotidianos de compra y consumo. Esta integración amplía su visibilidad, aunque también puede sujetar su desarrollo a los criterios comerciales y productivos del régimen dominante.

A largo plazo pueden identificarse dos direcciones analíticas, sin asumir que constituyan predicciones definitivas. La primera corresponde a una integración progresiva, favorecida por la colaboración entre actores, la reducción de costos, el avance tecnológico y el fortalecimiento de la legitimidad social. Bajo esta trayectoria, las proteínas alternativas ampliarían su participación dentro del sistema alimentario y generarían ajustes graduales en las formas de producción, comercialización y consumo.

La segunda dirección corresponde a una transición fragmentada y más lenta. Las restricciones tecnológicas, las resistencias socioculturales, la concentración empresarial y la ausencia de políticas coordinadas podrían mantener una elevada

dependencia del régimen dominante. En este caso, las proteínas alternativas permanecerían concentradas en determinadas tecnologías, regiones o segmentos de consumidores. Ambas direcciones son compatibles con las trayectorias de transición identificadas por Moritz et al. (2023), que abarcan desde la adaptación incremental hasta procesos de cambio más amplios cuando existe una alineación favorable entre los distintos niveles sociotécnicos.

Los hallazgos respaldan la hipótesis de que la evolución de las proteínas alternativas no corresponde a un proceso de sustitución directa. La trayectoria observada se caracteriza por la diversificación, la coexistencia y la reconfiguración parcial, condicionadas por la alineación de capacidades tecnológicas y productivas, condiciones de mercado, regulación y legitimidad sociocultural. El desarrollo futuro de los nichos dependerá de su capacidad para integrarse y escalar, así como de los cambios que puedan generar en las estructuras y prácticas del régimen alimentario dominante.

#### **4.8 Síntesis comparativa de la transición sociotécnica**

Con el fin de sintetizar los principales hallazgos del análisis cualitativo realizado con ATLAS.ti, la Figura 5 sintetiza los principales hallazgos del análisis cualitativo mediante una representación conceptual de la relación entre el régimen cárnico dominante y los nichos de innovación en proteínas alternativas. El esquema organiza los resultados de acuerdo con la Perspectiva Multinivel e integra las presiones del paisaje sociotécnico, los mecanismos que sostienen al régimen y las condiciones que influyen en el desarrollo de los nichos. Debido a su carácter conceptual, el tamaño de los círculos y el área de intersección no representan magnitudes cuantitativas ni relaciones proporcionales.

En el paisaje sociotécnico, el cambio climático, la presión sobre la disponibilidad de agua y suelo y el crecimiento de la demanda global de proteína generan tensiones sobre el sistema alimentario. Estas presiones favorecen la búsqueda de fuentes alternativas, pero no producen automáticamente una transformación estructural. El régimen cárnico conserva su estabilidad mediante infraestructura

consolidada, dominio de mercado y arraigo cultural, elementos que refuerzan las prácticas productivas y de consumo existentes.

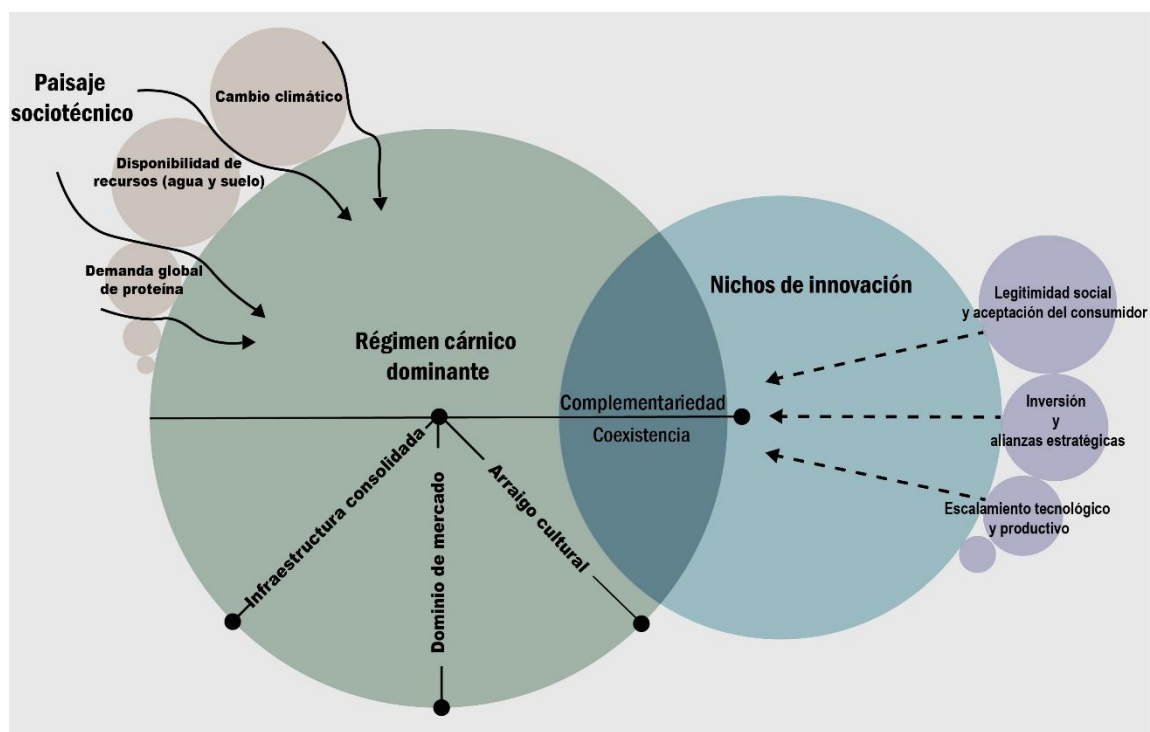


Figura 5. Interacción sociotécnica entre el régimen cárnico dominante y los nichos de innovación en proteínas alternativas

Fuente: Elaboración propia.

Los nichos de innovación tampoco funcionan como fuerzas externas capaces de desplazar directamente al régimen. Su crecimiento depende de la articulación de tres condiciones identificadas en las entrevistas: el escalamiento tecnológico y productivo, la inversión y las alianzas estratégicas, y la legitimidad social asociada con la aceptación del consumidor. La debilidad de cualquiera de estos componentes puede limitar la capacidad de las innovaciones para acceder al mercado y alcanzar una mayor estabilidad.

La regulación y las políticas públicas intervienen transversalmente en esta relación. Aunque no aparecen representadas como un elemento independiente en la figura, influyen en el acceso al mercado, la movilización de inversiones, el desarrollo de infraestructura y la construcción de legitimidad. Su efecto depende

de su articulación con las capacidades tecnológicas, productivas y sociales de los nichos, por lo que no deben interpretarse como una condición aislada.

El área de intersección representa las dinámicas de coexistencia y complementariedad. Los nichos utilizan recursos, infraestructuras y canales de distribución vinculados con el régimen, mientras que los actores establecidos incorporan tecnologías, productos y modelos de negocio procedentes de los espacios de innovación. Esta interacción favorece una reconfiguración parcial: las proteínas alternativas amplían su presencia sin reemplazar completamente las estructuras convencionales de producción y consumo.

El alcance de esta reconfiguración dependerá de la capacidad de los nichos para fortalecer sus procesos productivos, acceder a financiamiento, integrarse en los mercados y construir legitimidad sociocultural. Un aumento de estas capacidades podría ampliar su participación dentro del sistema alimentario; su ausencia mantendría las innovaciones en segmentos limitados y con una elevada dependencia de las estructuras dominantes. La coexistencia representada en la figura no constituye un resultado estático, sino una relación que puede modificarse conforme cambien las condiciones tecnológicas, económicas, regulatorias y culturales.

Los productos híbridos ilustran una vía concreta de complementariedad. Las formulaciones que combinan carne y componentes vegetales pueden facilitar una reducción gradual del consumo de proteína animal sin exigir que el consumidor abandone atributos como sabor, conveniencia y familiaridad. Grasso et al. (2022) muestran que estos productos pueden resultar atractivos para consumidores interesados en reducir su consumo de carne. Kaplan & McClements (2025) señalan, además, que la combinación de distintas fuentes de proteína permite mejorar características sensoriales, nutricionales, económicas y de escalabilidad. Estas formulaciones ocupan una posición intermedia y muestran que la transición puede avanzar mediante procesos de hibridación, no solo mediante sustitución.

El Cuadro 4 complementa la representación conceptual al comparar las oportunidades y los riesgos identificados en cinco dimensiones: producción, consumo, mercado, regulación, y cultura y sociedad. Mientras la Figura 5 muestra las relaciones entre los niveles sociotécnicos, el cuadro permite observar las condiciones que pueden favorecer o restringir la consolidación del sector. Ambas representaciones evidencian que una misma dinámica puede producir efectos opuestos: las alianzas facilitan recursos, pero pueden aumentar la dependencia; la innovación amplía las capacidades, pero puede elevar las barreras de entrada; y la diversificación favorece nuevas opciones, aunque su acceso puede permanecer restringido.

La síntesis muestra que la transición hacia proteínas alternativas se desarrolla mediante una interacción continua entre presiones externas, estructuras establecidas y capacidades emergentes. La coexistencia y la complementariedad constituyen las formas predominantes de articulación observadas, mientras que la reconfiguración del sistema permanece parcial y condicionada. La trayectoria futura dependerá de cómo evolucionen las relaciones entre innovación tecnológica, inversión, regulación, mercado y legitimidad sociocultural.

Cuadro 4. Oportunidades vs. Riesgos en el desarrollo de proteínas alternativas.

| Dimensión  | Oportunidades destacadas                                                                                                                                                                                 | Riesgos o barreras identificadas                                                                                                                                                                    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Producción | Avances en biotecnología (carne cultivada, fermentación de precisión) y desarrollo de productos híbridos como vía intermedia de diversificación; potencial de generación de empleo especializado en I+D. | Limitaciones de escalabilidad; altos costos de producción; falta de infraestructura en regiones emergentes; ausencia de protocolos estandarizados que dificultan la transición a escala industrial. |
| Consumo    | Creciente interés en generaciones jóvenes; percepción de beneficios nutricionales y ambientales; estrategias de información que fortalecen la legitimidad.                                               | Persistencia de percepciones de artificialidad y desconfianza; precios elevados frente a proteína convencional; estigmatización de alimentos altamente procesados.                                  |

|                    |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mercado            | Desarrollo de nuevos nichos de valor; alianzas estratégicas entre startups, corporaciones y sector público; diversificación de productos y canales de distribución. | Competencia desigual frente a grandes corporaciones; acceso limitado a subsidios; riesgo de cooptación o absorción de innovaciones; concentración de mercado que limita la autonomía de los nichos. |
| Regulación         | Posibilidad de marcos normativos adaptativos; incentivos fiscales y apoyo a la innovación; integración en políticas públicas de salud y sostenibilidad.             | Ausencia de marcos regulatorios claros en múltiples contextos; lentitud en procesos de aprobación; desigualdad entre regiones; influencia del régimen dominante en la definición normativa.         |
| Cultura y sociedad | Potencial de transición hacia dietas más sostenibles; adopción institucional (escuelas, hospitales); mayor conciencia ambiental y de salud.                         | Resistencia cultural en contextos tradicionales; falta de educación alimentaria; acceso desigual a información confiable; persistencia de patrones de consumo arraigados.                           |

---

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.9 Contribución del estudio**

El principal aporte conceptual de este artículo consiste en aplicar la Perspectiva Multinivel mediante un esquema analítico que relaciona dimensiones que suelen estudiarse por separado en la literatura sobre proteínas alternativas. La integración de tecnología, producción, mercado, regulación, estrategias empresariales y cultura permite examinar las conexiones entre paisaje, régimen y nichos sin asumir previamente una trayectoria específica de cambio.

La contribución empírica radica en incorporar las perspectivas de quince informantes clave de seis países, pertenecientes a los ámbitos académico, científico-tecnológico y empresarial. Esta diversidad permite contrastar experiencias procedentes de distintos entornos productivos e institucionales y ampliar el análisis más allá de un único país, plataforma tecnológica o grupo de actores.

En el plano metodológico, el estudio operacionaliza la Perspectiva Multinivel mediante una estrategia de codificación deductiva e inductiva. Las categorías teóricas se combinaron con patrones emergentes de las entrevistas para construir ejes analíticos y una representación conceptual de las relaciones entre los niveles sociotécnicos. Este procedimiento ofrece una ruta que puede utilizarse en futuras investigaciones comparativas sobre transiciones alimentarias.

La aportación práctica consiste en proporcionar un marco para identificar ámbitos de intervención y posibles tensiones en el desarrollo del sector. Este marco puede orientar a responsables de políticas públicas, empresas, centros de investigación y organizaciones interesadas en evaluar decisiones relacionadas con infraestructura, financiamiento, regulación, acceso al mercado y participación social. Su utilidad reside en mostrar que las estrategias deben considerar las relaciones entre estos ámbitos y no tratarlos como problemas independientes.

#### **4.10 Conclusión**

Los resultados permiten responder que la articulación entre los nichos de innovación en proteínas alternativas y el régimen alimentario dominante está condicionada por factores tecnológicos, productivos, económicos, regulatorios y socioculturales que pueden facilitar o restringir su desarrollo. La transición observada no corresponde a una sustitución directa de las proteínas convencionales, sino a un proceso gradual de diversificación, coexistencia, complementariedad y reconfiguración parcial del sistema alimentario.

Las presiones del paisaje sociotécnico, entre ellas el cambio climático, la sostenibilidad y el crecimiento de la demanda mundial de proteína, favorecen la búsqueda de nuevas fuentes alimentarias. Sin embargo, estas presiones no transforman por sí mismas el régimen dominante. Su estabilidad se sustenta en infraestructura consolidada, economías de escala, redes de distribución, poder empresarial, marcos institucionales y prácticas culturales vinculadas con el consumo de productos de origen animal.

Los nichos de innovación avanzan de manera desigual, en correspondencia con

lo señalado por Mylan et al. (2023) respecto a las trayectorias diferenciadas entre tecnologías y actores. Los distintos niveles de madurez, capacidad productiva, acceso a financiamiento y aceptación explican por qué algunas plataformas logran una mayor integración en el mercado, mientras que otras permanecen en etapas experimentales o de comercialización limitada. Más que desplazar al régimen, las proteínas alternativas operan actualmente como mecanismos de diversificación del sistema alimentario.

El desarrollo de los nichos depende de la articulación entre cuatro condiciones principales: capacidades tecnológicas y productivas; inversión y alianzas estratégicas; regulación y políticas públicas; y legitimidad sociocultural y aceptación del consumidor. La debilidad de cualquiera de estas dimensiones puede limitar el escalamiento y mantener las innovaciones en segmentos especializados. Los costos elevados, la falta de infraestructura, la fragmentación regulatoria, la percepción de artificialidad y la inercia de las prácticas alimentarias constituyen las principales restricciones identificadas.

Las alianzas con actores del régimen pueden facilitar el acceso a capital, instalaciones, conocimientos técnicos y canales de comercialización. No obstante, también pueden aumentar la dependencia de las empresas emergentes, concentrar el poder económico y condicionar la orientación de las innovaciones. La articulación nicho–régimen presenta, por ello, un carácter ambivalente: favorece la expansión de las proteínas alternativas, pero puede reducir su autonomía y su capacidad para modificar las estructuras existentes.

Las proteínas alternativas operan actualmente como mecanismos de diversificación del sistema alimentario. Su evolución dependerá de la capacidad de los nichos para ampliar la producción, reducir costos, acceder a mercados y construir legitimidad, así como de la disposición de las instituciones y de los actores establecidos para integrar estas innovaciones. La trayectoria resultante no será uniforme, pues variará entre plataformas tecnológicas, regiones y grupos sociales.

Las investigaciones posteriores podrían profundizar en la agencia de los actores, las relaciones de poder y las formas de gobernanza que orientan la transición. La agenda de investigación sobre transiciones sociotécnicas ha señalado la necesidad de examinar con mayor detalle el papel de la política, las empresas, la cultura y las prácticas cotidianas en los procesos de cambio (Köhler et al., 2019). También será pertinente estudiar los espacios intermedios donde los actores de los nichos y del régimen colaboran, compiten o negocian la dirección de las innovaciones (Elsner et al., 2023).

#### 4.11 Literatura citada

- Archibald, M. M., Ambagtsheer, R. C., Casey, M. G., & Lawless, M. (2019). Using Zoom videoconferencing for qualitative data collection: Perceptions and experiences of researchers and participants. *International Journal of Qualitative Methods*, 18, 1–8. <https://doi.org/10.1177/1609406919874596>
- Beyond Meat, Inc. (2024). Form 10-K: Annual report for the fiscal year ended December 31, 2024. <https://investors.beyondmeat.com/financial-information/annual-reports/>
- Bisht, A., Murugan, G., Hussain, M., & Abdi, G. (2025). Current advancements in alternative protein sources: Plant-based, cultured meat, and insect proteins for a sustainable future. *Food Bioscience*, 66, 107708. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107708>
- Brinkmann, S., & Kvale, S. (2015). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Bry-Chevalier, T. (2026). Comparing meat alternatives for a sustainable food system. *npj Science of Food*, 10(1), 119. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00694-3>
- Chia, A., Shou, Y., Wong, N. M. Y., Cameron-Smith, D., Sim, X., Van Dam, R. M., & Chong, M. F. F. (2024). Complexity of consumer acceptance to alternative protein foods in a multiethnic Asian population: A comparison of plant-based meat alternatives, cultured meat, and insect-based products. *Food Quality and Preference*, 114, 105102. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105102>
- Cornelissen, K., & Piqueras-Fiszman, B. (2023). Consumers' perception of cultured meat relative to other meat alternatives and meat itself: A segmentation study. *Journal of Food Science*, 88(1), 366–378. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16372>
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Datar, I., & Betti, M. (2010). Possibilities for an in vitro meat production system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.10.007>
- Elsner, F., Herzig, C., & Strassner, C. (2023). Agri-food systems in sustainability transition: A systematic literature review on recent developments on the use of the multi-level perspective. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1207476. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1207476>
- Geels, F. W., & Schot, J. (2010). *The dynamics of transitions: A socio-technical*

- perspective. En J. Grin, J. Rotmans, & J. Schot (Eds.), *Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change* (pp. 18–28). Routledge.
- Good Food Institute. (2024). 2024 state of alternative proteins report. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2025/04/2024-state-of-alternative-proteins-report.pdf>
- Good Food Institute. (2026). State of global policy: Public investment in protein diversification. Recuperado el 12 de julio de 2026, de <https://gfi.org/resource/state-of-global-policy/>
- Grasso, S., Asiola, D., & Smith, R. (2022). Consumer co-creation of hybrid meat products: A cross-country European survey. *Food Quality and Preference*, 100, 104586. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104586>
- Grin, J., Rotmans, J., & Schot, J. (2010). *Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change*. Routledge.
- Hadi, J., & Brightwell, G. (2021). Safety of alternative proteins: Technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein. *Foods*, 10(6), 1226. <https://doi.org/10.3390/foods10061226>
- Hilborn, R., Banobi, J., Hall, S. J., Pucylowski, T., & Walsworth, T. E. (2018). The environmental cost of animal source foods. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(6), 329–335. <https://doi.org/10.1002/fee.1822>
- Howard, P. (2022). The politics of protein: Examining claims about livestock, fish, “alternative proteins” and sustainability. IPES-Food. [https://www.ipes-food.org/\\_img/upload/files/PoliticsOfProtein.pdf](https://www.ipes-food.org/_img/upload/files/PoliticsOfProtein.pdf)
- Howard, P. H., Ajena, F., Yamaoka, M., & Clarke, A. (2021). “Protein” industry convergence and its implications for resilient and equitable food systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 684181. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.684181>
- Kaplan, D. L., & McClements, D. J. (2025). Hybrid alternative protein-based foods: Designing a healthier and more sustainable food supply. *Frontiers in Science*, 3, 1599300. <https://doi.org/10.3389/fsci.2025.1599300>
- Köhler, J., Geels, F. W., Kern, F., Markard, J., Onsongo, E., Wieczorek, A., Alkemade, F., Avelino, F., Bergek, A., Boons, F., Fünfschilling, L., Hess, D., Holtz, G., Hyysalo, S., Jenkins, K., Kivimaa, P., Martiskainen, M., McMeekin, A., Mühlemeier, M. S., . . . Wells, P. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.004>

- Malila, Y., Owolabi, I. O., Chotanaphuti, T., Sakdibhornssup, N., Elliott, C. T., Visessanguan, W., Karoonuthaisiri, N., & Petchkongkaew, A. (2024). Current challenges of alternative proteins as future foods. *npj Science of Food*, 8(1), 53. <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00291-w>
- Marinova, D., & Bogueva, D. (2022a). Alternative proteins. En D. Bogueva, D. Marinova, & T. Raphaely (Eds.), *Food in a planetary emergency* (pp. 121–144). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-7707-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-16-7707-6_7)
- Marinova, D., & Bogueva, D. (2022b). Sustainability transitions in food production. En D. Bogueva, D. Marinova, & T. Raphaely (Eds.), *Food in a planetary emergency* (pp. 93–114). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-7707-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-16-7707-6_6)
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer* (D. Wright, Ed.). Chelsea Green Publishing.
- Moritz, J., McPartlin, M. L. L., Tuomisto, H. L., & Rynänen, T. (2023). A multi-level perspective of potential transition pathways towards cultured meat: Finnish and German political stakeholder perceptions. *Research Policy*, 52(9), 104866. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104866>
- Mylan, J., Andrews, J., & Maye, D. (2023). The big business of sustainable food production and consumption: Exploring the transition to alternative proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(47), e2207782120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2207782120>
- Onwezen, M. C., & Dagevos, H. (2024). A meta-review of consumer behaviour studies on meat reduction and alternative protein acceptance. *Food Quality and Preference*, 114, 105067. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.105067>
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). SAGE Publications.
- Pay, C., & Gianoli, A. (2024). Securing the future: Analysing the protein transition in Singapore. *Cities*, 150, 105072. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105072>
- Rasmussen, M. K., Gold, J., Kaiser, M. W., Moritz, J., Rätty, N., Rønning, S. B., Rynänen, T., Skrivergaard, S., Ström, A., Therkildsen, M., Tuomisto, H. L., & Young, J. F. (2024). Critical review of cultivated meat from a Nordic perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 144, 104336. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104336>
- Wang, Y., Zhao, J., Jiang, L., Zhang, L., Raghavan, V., & Wang, J. (2024). A comprehensive review on novel synthetic foods: Potential risk factors, detection strategies, and processing technologies. *Comprehensive*

Reviews in Food Science and Food Safety, 23(4), e13371.  
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13371>

- Watson, E. (2025, 8 de enero). Breaking: Believer Meats ceases operations, but setback does not mean cultivated meat sector is doomed, insists AMPS. AgFunderNews. <https://agfundernews.com/breaking-believer-meats-ceases-operations-but-setback-does-not-mean-cultivated-meat-sector-is-doomed-insists-amps>
- Witte, B., Obloj, P., Sedef Koktenturk, B. M., Brigl, M., Rogg, J., Schulze, U., Walker, D., von Koeller, E., Dehnert, N., & Grosse-Holz, F. (2021). Food for thought: The protein transformation. Boston Consulting Group & Blue Horizon Corporation.
- Wood, A., Consavage Stanley, K., Daly, J., Grieger, K., Aimutis, W. R., Shirwaiker, R. A., & Wilson, N. L. W. (2026). Trends, challenges, and opportunities for the United States alternative meat and seafood sector: Stakeholder-informed perspectives. npj Science of Food, 10(1), 133. <https://doi.org/10.1038/s41538-026-00841-4>

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES**

Los resultados de esta investigación muestran que la transición hacia proteínas alternativas no puede entenderse como un proceso de sustitución tecnológica directa del régimen dominante de proteínas convencionales, sino como una transición sociotécnica compleja, caracterizada por avances desiguales, trayectorias fragmentadas y fuertes dependencias institucionales, culturales y económicas. Si bien los nichos de innovación han demostrado viabilidad técnica en distintos grados, su incorporación al régimen alimentario depende menos de la prueba de concepto que de la capacidad de integrarse a estructuras existentes de producción, regulación, distribución y legitimidad social.

En esta misma dirección, Mylan et al. (2023) señalan que la transición hacia proteínas alternativas no se ha configurado como un desplazamiento lineal del sistema dominante, sino como un proceso desigual en el que distintas innovaciones avanzan con ritmos diferenciados de maduración, difusión y legitimación. Sus hallazgos refuerzan la idea de que el cambio en curso se caracteriza por una reconfiguración parcial del régimen, acompañada de una creciente participación de actores corporativos, lo que coincide con la evidencia presentada en esta investigación en relación con dinámicas de integración, coexistencia y complementariedad.

Desde la Perspectiva Multinivel (MLP), los resultados confirman que las presiones del paisaje (cambio climático, sostenibilidad, crecimiento poblacional y tensiones sobre los recursos) son claras y persistentes. Sin embargo, dichas presiones no se traducen automáticamente en una transformación del régimen, ya que este mantiene una estabilidad estructural basada en infraestructura consolidada, poder económico, marcos regulatorios vigentes y una fuerte legitimidad cultural asociada al consumo de proteína animal. En este contexto,

los nichos de proteínas alternativas avanzan de manera selectiva y condicionada, lo que explica por qué la transición observada es gradual, heterogénea y territorialmente diferenciada.

La evidencia empírica y documental analizada converge en señalar que, en el escenario actual, las proteínas alternativas operan principalmente como mecanismos de diversificación y complementariedad, más que como sustitutos del régimen. Este hallazgo se refuerza incluso en contextos donde existen marcos regulatorios favorables, como lo muestra el caso de empresas de carne cultivada que, aun contando con aprobación normativa, no han logrado consolidarse comercialmente debido a limitaciones en costos, escalamiento, aceptación del consumidor y viabilidad económica. Estos casos ilustran que la regulación, aunque necesaria, no es suficiente por sí sola para garantizar la transición.

Uno de los resultados centrales de la investigación es la identificación de la regulación como una condición habilitante relevante dentro del proceso de transición, aunque insuficiente por sí sola para explicar el desarrollo o consolidación de los nichos de innovación. Las diferencias regulatorias contribuyen a explicar por qué algunos países concentran inversión, innovación y pruebas piloto, mientras que otros permanecen rezagados. Sin embargo, la evidencia muestra que la existencia de marcos normativos favorables no garantiza el éxito ni el escalamiento del sector.

La legitimidad institucional, expresada en normas claras, etiquetado, criterios de seguridad alimentaria y reconocimiento legal de nuevos productos, constituye un elemento importante para reducir la incertidumbre y facilitar el desarrollo de estas innovaciones, pero su efectividad depende de su articulación con otras dimensiones del sistema, como las capacidades tecnológicas, las condiciones de mercado y los procesos de aceptación social. Este hallazgo es consistente con la literatura reciente que advierte que la fragmentación normativa y la ausencia de estándares internacionales limitan tanto la inversión como la confianza del

consumidor, aunque no explican por sí solas la dinámica de la transición (Malila et al., 2024; Siddiqui et al., 2022).

Asimismo, la investigación demuestra que la cultura alimentaria y la percepción de naturalidad desempeñan un papel determinante en la adopción de proteínas alternativas. Más allá del precio o del desempeño tecnológico, la aceptación está mediada por identidades, tradiciones culinarias, símbolos sociales y narrativas culturales profundamente arraigadas. En varios contextos, la carne continúa asociándose con estatus, masculinidad y normalidad, mientras que las alternativas son percibidas como artificiales o ajenas a la cultura alimentaria local. Esta resistencia cultural persiste incluso entre generaciones jóvenes con mayor conciencia ambiental, lo que refuerza la idea de que la transición no es automática ni inevitable, sino socialmente negociada (Marinova & Bogueva, 2022).

En términos estratégicos, los resultados sugieren que la integración con actores del régimen (retail, grandes corporaciones alimentarias, cadenas de distribución y sistemas de certificación) constituye una vía empíricamente plausible para que los nichos escalen y se normalicen. Las alianzas permiten reducir riesgos financieros, acceder a infraestructura existente y construir legitimidad. No obstante, esta integración también introduce tensiones relacionadas con la concentración de poder, la distribución de beneficios y los posibles impactos sobre productores tradicionales, lo que subraya que la transición implica ganadores, perdedores y conflictos distributivos.

Este resultado coincide con lo señalado por Mylan et al. (2023), quienes identifican una intensificación del involucramiento corporativo en los nichos de proteínas alternativas como parte de un proceso más amplio de reorientación industrial. Desde esta perspectiva, la participación de grandes empresas no implica necesariamente una transformación profunda del régimen, pero sí constituye una señal relevante de ajuste estratégico y de apertura parcial hacia nuevas trayectorias tecnológicas, comerciales y discursivas dentro del sistema alimentario.

La evidencia analizada respalda la conclusión de que los nichos de innovación en proteínas alternativas no configuran un escenario de sustitución del régimen alimentario dominante, sino que operan principalmente como mecanismos de diversificación y complementariedad. Más que avanzar hacia una transición definida, estas innovaciones se insertan de manera parcial y selectiva en el régimen existente, dando lugar a coexistencias, hibridaciones y segmentaciones. El cambio observado no responde a una trayectoria lineal ni necesariamente orientada al reemplazo de la proteína animal, sino a una reconfiguración contingente del régimen, condicionada por decisiones políticas, marcos regulatorios, dinámicas culturales y capacidades tecnológicas que varían entre regiones y grupos sociales.

## **CAPÍTULO 6. APORTES DE LA TESIS Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN**

A partir de los hallazgos de este estudio, se identifican líneas futuras de investigación que convergen con las señaladas por la literatura reciente, pero que además constituyen un aporte específico de esta tesis al campo de estudio de las transiciones sociotécnicas aplicadas a los sistemas alimentarios.

En primer lugar, esta tesis aporta un marco integrador basado en la MLP para analizar las proteínas alternativas no como soluciones aisladas, sino como nichos insertos en un régimen alimentario complejo. Este enfoque permite superar visiones tecnocéntricas y ofrece una lectura más realista sobre los límites y posibilidades de la transición, contribuyendo a un debate más matizado sobre el futuro de las proteínas.

En segundo lugar, los resultados sugieren la necesidad de profundizar en evaluaciones integrales de impacto, particularmente en categorías donde persiste alta incertidumbre. A partir de los hallazgos de este estudio, se identifican líneas futuras que convergen con las señaladas por Malila et al. (2024), quienes destacan la necesidad de evaluaciones completas de ciclo de vida, así como de estudios de seguridad, salud y efectos nutricionales a largo plazo, especialmente en el caso de proteínas altamente procesadas y carne cultivada.

En tercer lugar, esta tesis subraya la importancia de avanzar hacia investigaciones que analicen la aceptación en contextos reales, incorporando hábitos, prácticas cotidianas y cambios sostenidos en el tiempo. En este sentido, los hallazgos convergen con Siddiqui et al. (2022), quienes señalan que las intervenciones basadas únicamente en información son insuficientes y que se

requieren enfoques combinados que integren familiaridad, normas sociales, encuadres culturales y entornos alimentarios.

Finalmente, la tesis aporta evidencia para replantear el debate normativo y de política pública, enfatizando que la transición hacia proteínas alternativas requiere una coordinación estrecha entre regulación, innovación y legitimidad social. Por ello, se abre una agenda de investigación orientada a analizar cómo distintos diseños regulatorios pueden facilitar procesos de reconfiguración del régimen alimentario dominante sin profundizar desigualdades ni generar efectos adversos sobre los sistemas productivos existentes.

Este punto resulta particularmente relevante en contextos como México, donde la gobernanza de tecnologías alimentarias emergentes ha estado marcada por controversias en torno a la biotecnología agrícola. Los decretos federales en materia de glifosato y maíz genéticamente modificado reflejan la existencia de una alta sensibilidad social y política frente a innovaciones percibidas como “no naturales”, así como un énfasis precautorio en la regulación de los alimentos (Diario Oficial de la Federación, 2023).

Este antecedente sugiere que los nichos de innovación en proteínas alternativas podrían enfrentar barreras similares de legitimidad social y aceptación pública si no se acompañan de marcos regulatorios claros, capacidades institucionales de evaluación y estrategias de comunicación basadas en evidencia.

A partir de ello, el análisis comparado de marcos normativos y de procesos de construcción de legitimidad se perfila como una línea prioritaria de investigación para comprender la viabilidad de la transición proteica en países de América Latina.

La evidencia generada en esta tesis permite comprender la transición hacia las proteínas alternativas como un proceso sociotécnico complejo y gradual, ofreciendo bases analíticas para orientar futuras investigaciones y profundizar en sus implicaciones dentro del sistema alimentario.

En este marco, surge una línea de reflexión adicional que merece ser explorada con mayor profundidad: la posible reconfiguración del acceso a distintos tipos de proteína en función del poder adquisitivo. Bajo ciertos escenarios, es plausible que algunas proteínas de origen animal, particularmente aquellas con mayores costos ambientales o productivos, se vuelvan progresivamente menos accesibles para amplios sectores de la población, mientras que otras fuentes continúen disponibles para segmentos intermedios. A la par, las proteínas alternativas podrían desempeñar un papel relevante como opciones más accesibles, lo que abre interrogantes sobre la posible segmentación socioeconómica del consumo alimentario y sus implicaciones en términos de equidad, nutrición y justicia alimentaria.

Estas consideraciones refuerzan la importancia de analizar la transición proteica no como un proceso lineal de sustitución, sino como una reconfiguración compleja del sistema alimentario, cuyas trayectorias estarán condicionadas por factores tecnológicos, regulatorios y socioculturales en distintos contextos.

## 6.1 LITERATURA CITADA

- Diario Oficial de la Federación. (2023). Decreto por el que se establecen diversas acciones en materia de glifosato y maíz genéticamente modificado. <https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/decretos-que-establecen-diversas-acciones-en-materia-de-glifosato-y-maiz-geneticamente-modificado>
- Malila, Y., Owolabi, I. O., Chotanaphuti, T., Sakdibhornssup, N., Elliott, C. T., Visessanguan, W., Karoonuthaisiri, N., & Petchkongkaew, A. (2024). Current challenges of alternative proteins as future foods. *Npj Science of Food*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00291-w>
- Marinova, D., & Bogueva, D. (2022). *Food in a planetary emergency*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-7707-6>
- Mylan, J., Andrews, J., & Maye, D. (2023). The big business of sustainable food production and consumption: Exploring the transition to alternative proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(47), e2207782120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2207782120>
- Siddiqui, S. A., Bahmid, N. A., Karim, I., Mehany, T., Gvozdenko, A. A., Blinov, A. V., Nagdalian, A. A., Arsyad, M., & Lorenzo, J. M. (2022). Cultured meat: Processing, packaging, shelf life, and consumer acceptance. *LWT*, 172(July), 114192. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114192>