

Impulsores y barreras en biotecnologías que incorporan fauna salvaje a la transición agroalimentaria

Drivers and Barriers in Biotechnologies Incorporating Wild Fauna into the Agri-Food Transition

 Juan Carlos Imio ^a

 Fulgencio Lisón ^b

 Francisca Fonseca Prieto ^a

^a Universidad de La Frontera, Chile.

^b Universidad de Murcia, España.

Cómo citar: Imio, J. C., Lisón, F., & Fonseca Prieto, F. Impulsores y barreras en biotecnologías que incorporan fauna salvaje a la transición agroalimentaria. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (16), <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202502.A004>



Resumen: La emergencia civilizatoria por transitar hacia un sistema agroalimentario sostenible se encuentra promoviendo el desarrollo de métodos y tecnologías agrícolas que permitan sustituir los insumos energéticos externos de origen químico. En esta investigación, se identifican los principales impulsores y barreras percibidas por los grupos de interés entrevistados para este estudio sobre el BATsignal, un paquete biotecnológico que incorpora los servicios ecosistémicos de murciélagos a la operatividad del sistema agroalimentario. Se emplea el enfoque teórico de las transiciones sociotécnicas a la sostenibilidad, a través de la perspectiva multinivel, para abordar la complejidad de esta innovación agrícola radical. El diseño de la investigación es un estudio de caso cualitativo, con una muestra de 75 participantes cuyas percepciones y experiencias fueron recopiladas en entrevistas semiestructuradas y grupos focales. Los resultados revelaron que la mayoría de los grupos de interés (propietarios, trabajadores, profesionales y científicos en asuntos agrícolas, así como miembros de la sociedad civil) aceptan la incorporación del BATsignal a la producción de cultivos, en base a los múltiples beneficios socioculturales, económicos, ambientales y sanitarios que los entrevistados

perciben que tendría la sustitución de ciertos insumos agroquímicos por los servicios ecosistémicos de los quirópteros. Sin embargo, la asociación mediática global de los mamíferos voladores con el brote inicial de la pandemia por coronavirus (COVID-19), dificultaría el avance del BATsignal desde el paisaje sociotécnico. Finalmente, consideramos que las innovaciones sostenibles que capitalicen la actividad biológica de animales clasificados como salvajes, tienen oportunidades en la transición agroalimentaria, siempre que consigan desarraigarse de las prácticas y expectativas agroindustriales del régimen sociotécnico dominante.

Palabras clave: Transiciones sostenibles. Sistema agroalimentario. Perspectiva multinivel. Fauna salvaje. Murciélagos.

Abstract: The civilizational urgency to transition towards a sustainable agri-food system is promoting the development of agricultural methods and technologies that replace external chemical-based energy inputs. This research identifies the main drivers and perceived barriers among stakeholders regarding BATsignal, a biotechnological package that integrates bat ecosystem services into the operational framework of the agri-food system. The study employs the theoretical framework of socio-technical transitions to sustainability, using the Multi-Level Perspective (MLP) to address the complexity of this radical agricultural innovation. The research follows a qualitative case study design with a sample of 75 participants whose perceptions and experiences were gathered through semi-structured interviews and focus groups. The results revealed that the majority of stakeholders (farm owners, workers, professionals, agricultural scientists, and civil society members) support the incorporation of BATsignal into crop production. This acceptance is based on the multiple socio-cultural, economic, environmental, and health benefits perceived by the interviewees regarding the substitution of certain agrochemical inputs with bat-provided ecosystem services. However, the global media association of bats with the initial outbreak of the COVID-19 pandemic poses a challenge to the advancement of BATsignal from the socio-technical landscape. Finally, we argue that sustainable innovations that capitalize on the biological activity of wild-classified animals have opportunities within the agri-food transition, provided they detach from the practices and expectations of the dominant agro-industrial socio-technical regime.

Keywords: Sustainable transitions. Agri-Food system. Multi-Level perspective. Wild fauna. Bats.

1. Introducción

La transición hacia un sistema agroalimentario sostenible es un imperativo estructural para enfrentar los desafíos sociales y ambientales contemporáneos (Firbank et al., 2018; Morrissey et al., 2014). Desde el enfoque sociotécnico, se sostiene que la transición agroalimentaria implica un proceso de transformación que involucra cambios

coevolutivos en las esferas política, institucional, científica, tecnológica, productiva y de consumo de los sistemas agrícolas y alimentarios dominantes, los cuales actualmente operan bajo el del régimen agroindustrial a escala global (Borsellino et al., 2020).

Atendiendo a este proceso histórico, se están desarrollando diversas innovaciones orientadas a potenciar la sostenibilidad del sistema a lo largo de la cadena agroalimentaria (Tilman & Clark, 2015; Duru & Therond, 2015; Rundgren, 2016). Dentro de estos esfuerzos, se experimenta tanto tecnológica como socialmente con la inclusión explícita de los servicios ecosistémicos proporcionados por animales considerados «salvajes» en la producción de cultivos agrícolas (Kross et al., 2018). En el análisis de estas innovaciones disruptivas, la perspectiva multinivel (MLP, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como un marco conceptual fundamental en los estudios sobre la transición agroalimentaria (Rip & Kemp, 1998; Geels, 2002; El Bilali, 2019).

La MLP comprende los procesos transicionales como una reconfiguración estructural profunda de un régimen sociotécnico a otro, a través de la interacción sistémica y coevolutiva de tres componentes: nicho, régimen y paisaje sociotécnico. Los nichos (nivel micro) son espacios protegidos donde se desarrollan las innovaciones radicales. Los regímenes sociotécnicos (nivel meso) representan las prácticas y reglas que estabilizan los sistemas vigentes. El paisaje sociotécnico (nivel macro) es el entorno donde se desarrollan fenómenos exógenos a los nichos y regímenes, como transformaciones culturales, dinámicas demográficas, modificaciones políticas, entre otros (Geels & Schot, 2007; Geels, 2011).

Concretamente, la heurística de esta teoría postula que las innovaciones de nicho son consideradas semillas de cambio capaces de desafiar el *modus operandi* del régimen sociotécnico vigente. A medida que los cambios en el paisaje sociotécnico ejercen presión sobre el régimen, se abren ventanas de oportunidad que permiten que las innovaciones de nicho desplacen las rutinas y reglas del régimen dominante. Sin embargo, en la configuración de los regímenes sociotécnicos operan distintos mecanismos de bloqueo y trayectorias de dependencia que pueden inhibir el potencial transformador de innovaciones pioneras (Smith et al., 2010).

En el proceso de transformación del régimen agroalimentario, una amplia literatura académica ha diagnosticado que este sistema se encuentra atrapado y clausurado por mecanismos de bloqueo y autorreforzamiento de tipo agroindustrial (Geels, 2011; Meynard et al., 2014; Stassart & Jamar, 2012). Estos mecanismos incluyen incentivos y expectativas económicas, redes comerciales, regulaciones normativas, tecnologías y conocimientos que sostienen la reproducción del régimen agroindustrial (Hinrichs, 2014; Levidow, 2015; Klerkx & Rose, 2020).

Este escenario dificulta o incluso coapta el avance de los nichos radicales, como los promovidos por los métodos orgánicos o agroecológicos, dado que estas innovaciones no solo enfrentan barreras técnicas, sino también obstáculos institucionales, cognitivos y

culturales que cooptan o neutralizan sus potencialidades transformadoras (Bui et al., 2016; Ingram, 2018; Konefal, 2015; Levidow et al., 2014; Meynard et al., 2018; Padel et al., 2020; Pant, 2016; Weituschat et al., 2022).

Por tanto, es relevante comprender los elementos tangibles (infraestructuras, financiamiento, regulaciones) e intangibles (valores, expectativas, saberes) que median en la incorporación de las innovaciones sostenibles por parte de los involucrados en la transición agroalimentaria (Hermans et al., 2019; Markard et al., 2012). Desde esta perspectiva, examinamos como caso empírico el proyecto «BATsignal»: un dispositivo biotecnológico que estimula el control de plagas mediante la atracción de murciélagos insectívoros a través de estímulos de ultrasonido, con el propósito de reducir la dependencia de plaguicidas y, con ello, contribuir al tránsito hacia una agricultura sustentable.

El objetivo de este estudio es identificar los principales factores impulsores y barreras percibidas por los grupos de interés respecto de la incorporación del BATsignal al sistema agroalimentario. Específicamente, se busca conocer la percepción de los grupos de interés sobre la idea de incorporar de manera manifiesta la actividad biológica de los murciélagos a la producción de cultivos agrícolas. El aporte de esta investigación es de doble consideración: primero, ofrecer evidencia empírica sobre una innovación radical poco explorada en los estudios sobre transición agroalimentaria; segundo, contribuir a comprender la relación entre los humanos y los mamíferos voladores.

2. Materiales y métodos

2.1 Caso de estudio

El BATsignal es una iniciativa biotecnológica desarrollada por la Universidad de La Frontera (Chile) y financiada por el Fondo de Adaptación al Cambio Climático a través de la agricultura sustentable (2018-2021), de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA Chile), dependiente del Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile. El BATsignal es un sistema de control biológico de plagas que, mediante el empleo de estímulos de ultrasonido, incrementa la actividad de murciélagos insectívoros con el propósito de reducir el uso de plaguicidas y, de este modo, contribuir al tránsito hacia una agricultura sostenible frente al cambio climático. En su formulación operativa, el paquete tecnológico consiste en una serie de señuelos de ultrasonido que replican los sonidos de los quirópteros para acercarlos a las áreas de cultivo y, de esta manera, aprovechar los servicios ecosistémicos proporcionados por estos mamíferos voladores.

2.2 Recolección y muestra de datos

La recopilación de información se realizó a través de una serie de entrevistas semiestructuradas y grupos focales. Los participantes fueron propietarios, trabajadores, profesionales agrícolas, científicos y miembros de la sociedad civil, dedicados

principalmente a la agricultura orgánica y ecológica, quienes fueron entrevistados entre junio de 2019 y junio 2020 (Tablas 1 y 2). La mayoría del material empírico se obtuvo por medio de encuentros cara a cara entre entrevistador y participantes (65%). Sin embargo, parte de las entrevistas se realizaron de forma virtual debido a la emergencia sanitaria derivada del COVID-19. Esto permitió contar con la opinión de expertos pertenecientes a Uruguay y España, y explorar la potencial adopción de esta innovación a escala global.

A los participantes del estudio se les formularon preguntas heurísticas sobre los murciélagos y el paquete tecnológico, con el propósito de permitirles expresarse de forma libre y espontánea sobre estas temáticas. Inicialmente, se empleó un muestreo por conveniencia, en el cual los investigadores del estudio propusieron una serie de potenciales interesados en el BATsignal. Posteriormente, se amplió la muestra por medio de la técnica de bola de nieve, alcanzando una participación de 75 individuos.

Tabla 1. Caracterización de la muestra

País de origen	N.º
Chile	71
España	3
Uruguay	1
Sexo	
Hombre	38
Mujer	37
Nivel educacional	
Sin estudios	1
Básica incompleta	6
Básica completa	6
Media incompleta	11
Media completa	11
Técnico superior incompleta	1
Técnico superior completa	5
Universitaria incompleta	2
Universitario completo	13
Postgrado	19
Relación con la producción agrícola	
Propietario	21
Administrador	4
Trabajador agrícola	38
Sin dato	3
Método de producción agrícola	
Convencional	5
Orgánicos	30
Ecológicos	8
Mixtos	6
Sin dato	26
Tamaño del predio en que se desempeña (hectáreas)	
½ - 50	37
51-99	0
100 o más	8
Sin dato	30

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Caracterización de las profesiones de los expertos

Profesión	N.º
Ingeniero agrónomo	8
Biólogo	5
Veterinario	4
Ingeniero civil eléctrico	3
Ingeniero en recursos naturales	2
Médico	1
Sociólogo	1

Fuente: elaboración propia.

2.3 Análisis de datos

Se solicitó el consentimiento informado por escrito a todos los participantes antes de la entrevista. Los datos cualitativos totalizaron 955 minutos de grabación, con entrevistas que duraron entre 9:45 y 61:29 minutos. Para garantizar la confidencialidad de los participantes, sus nombres fueron codificados en función de las variables sexo, profesión, oficio, edad, modo de producción o superficie de terreno, según correspondiera a cada caso. Las entrevistas semiestructuradas fueron grabadas en audio y consecutivamente transcritas. Además, se registraron notas de campo escritas durante toda la interacción. Finalmente, todo el material recopilado fue transcrito íntegramente en 288 páginas.

Una vez generada la base de datos, se aplicó un análisis temático, técnica interpretativa que permite identificar, agrupar y cruzar las categorías emergentes de los datos cualitativos, en temas o patrones consistentes con el objeto de estudio (Braun & Clarke, 2006). Dadas estas características, se consideró adecuado utilizar el análisis temático para indagar y comparar los facilitadores y barreras expresados por los grupos de interés con respecto al BATsignal. Luego de varios análisis de codificación inductiva y deductiva, las categorías fueron seleccionadas por su relevancia empírica y coherencia temática con el objeto de investigación.

3. Resultados

3.1 Nicho sociotécnico

A nivel de nicho sociotécnico, el principal factor impulsor identificado por los grupos de interés es la integración explícita de los servicios ecosistémicos proporcionados por los murciélagos a la funcionalidad del sistema agroalimentario. De manera transversal, los participantes consideraron que reemplazar ciertos insumos agroquímicos por la metabolización de la actividad biológica de los murciélagos, potenciada por el BATsignal, podría generar beneficios económicos, socioculturales, sanitarios y medioambientales. En este sentido, los entrevistados destacaron que el BATsignal podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la inocuidad alimentaria, favorecer la salud humana y fomentar la conservación de los quirópteros, entre otros beneficios.

Desde la perspectiva de los propietarios extensionistas, profesionales y científicos vinculados al ámbito agrícola, el incentivo más significativo radica en la posibilidad de obtener certificaciones que acrediten el cumplimiento de los estándares de sustentabilidad de los cultivos. Dichas certificaciones facilitan el acceso a los mercados verdes de los países desarrollados, lo cual incrementa la rentabilidad económica de los exportadores frutícolas y fomenta los incentivos para adoptar el paquete tecnológico.

El incentivo económico o de oportunidad de vender a mercados que son más caros, que todo lo que es exportación ahora te está exigiendo que las producciones sean más amigables con el medioambiente, si tú tienes una visión exportadora, claramente va a ser muy llamativo este tipo de iniciativa (Ingeniera agrónoma, entre 36-45 años, Chile).

Otro factor económico identificado por los participantes es el potencial ahorro asociado a la implementación del BATsignal. Según los entrevistados, esta innovación tecnológica permitiría sustituir el uso de pesticidas, herbicidas y abonos sintéticos por los servicios ecosistémicos proporcionados por los murciélagos, tanto para el control de insectos como para la fertilización orgánica de los cultivos. La ausencia de agroquímicos en la producción agrícola no solo reduciría costos, sino que también agregaría valor a los productos agrícolas, al mejorar la calidad e inocuidad de los alimentos.

Desde una perspectiva sanitaria, los propietarios, trabajadores y profesionales agrícolas valoraron la posibilidad de evitar la exposición directa (durante la aplicación) e indirecta (a través del consumo) de los humanos a los efectos nocivos de los agroquímicos comúnmente utilizados en la agricultura. En este sentido, la incorporación de los murciélagos como agentes biológicos en los entornos productivos fue percibida como una estrategia favorable para mejorar la salud ocupacional y la calidad de vida tanto de quienes trabajan en el campo como de los consumidores.

Por otra parte, los propietarios minoristas, profesionales y científicos agrícolas advirtieron que la adopción de este paquete tecnológico exige fomentar condiciones ecológicas y sociales adecuadas que garanticen la permanencia y estabilidad de las colonias de murciélagos en los predios agrícolas. En este ámbito, destacaron que la integración del BATsignal a las faenas agrícolas podría contribuir a la conservación de los quirópteros y los recursos biofísicos de los agrosistemas.

Un servicio de control de plagas a través de murciélagos nativos, propios de la zona, que además promueve la conservación de especies en riesgo. En estas situaciones, ambas partes salen beneficiadas: el agro y la conservación de nuestra especie (Ingeniera agrónoma, 36-45 años, Chile).

Sobre la base de los impactos positivos identificados en el sistema agroalimentario, los propietarios, profesionales y trabajadores agrícolas consideraron que esta innovación representa una herramienta pertinente para el desarrollo de una agricultura más

sustentable. Un propietario extensionista dedicado a la exportación frutícola sostuvo que, por su naturaleza innovadora, no invasiva y ambientalmente sustentable, el BATsignal tiene un futuro promisorio en la agricultura.

Estas tecnologías son el futuro, sin dudas, porque no estás destruyendo tu entorno; simplemente estás aprovechando la interacción de un par de especies de mamíferos [murciélagos]. No es invasiva, es extraordinariamente específica. Ese sonido que produce tu equipo [BATsignal] está diseñado exclusivamente para ese tipo, esa familia de depredadores, y nada más (Propietario extensionista, método orgánico, 55 años o más, Chile).

No obstante, algunos de los profesionales agrícolas y científicos manifestaron una serie de controversias que el BATsignal debería enfrentar durante su fase experimental. Los expertos concentraron sus cuestionamientos en los potenciales efectos adversos que los estímulos bioacústicos podrían ocasionar en el comportamiento de los murciélagos, especialmente durante los periodos de apareamiento o parto. Asimismo, enfatizaron la necesidad de contar con estudios específicos que permitan descartar o mitigar eventuales riesgos para la ecología de los mamíferos voladores.

En síntesis, este nicho sociotécnico cuenta con un respaldo de los participantes del estudio. Sin embargo, la promoción y consolidación de esta innovación sostenible dependerá de múltiples factores del paisaje sociotécnico, en particular de aquellos concernientes con el componente animal de esta tecnología y las fisuras estructurales del régimen agroalimentario dominante.

3.2 Paisaje sociotécnico

En el nivel de paisaje sociotécnico, los discursos de los grupos de interés reflejaron que la presión más significativa sobre el régimen agroalimentario emerge de la creciente demanda global de alimentos cultivados sin agroquímicos.

Para los propietarios extensionistas, profesionales y científicos en asuntos agrícolas, los cambios culturales están transformando las preferencias alimenticias de los consumidores. Esta tendencia podría constituirse en un factor decisivo para la adopción del BATsignal. Por un lado, los productores agrícolas podrían encontrar en este paquete tecnológico una herramienta que facilite el tránsito hacia sistemas de cultivo sustentables. Por otro, los entrevistados destacaron que los consumidores de productos sostenibles tienden a ser más reflexivos y conscientes de los impactos ambientales y sanitarios asociados a los modelos productivos. Por tanto, la evaluación de la actividad biológica de los quirópteros en los cultivos podría ser positiva en este segmento poblacional, a pesar de la vinculación mediática de los murciélagos con el brote inicial de COVID-19 en Wuhan, China.

El conocimiento de los grupos de interés sobre los servicios ecosistémicos proporcionados por los quirópteros constituye un factor clave para la promoción del BATsignal. Aunque con diferencias en la profundidad de sus referencias, los entrevistados del mundo agrícola demostraron familiaridad con las funciones ecológicas que desempeñan estos mamíferos voladores, especialmente en el control biológico de insectos, polinización y fertilización natural de cultivos. Los medios de comunicación, la cultura popular, la experiencia empírica y los centros de educación rural y superior fueron señalados como las principales fuentes de información sobre estos animales.

No obstante, en los discursos de los grupos de interés también se identificaron barreras socioculturales de tipo perceptivo, cognitivo y actitudinal en la relación con los murciélagos, las cuales podrían dificultar la integración del BATsignal. Diversos participantes asociaron negativamente a los quirópteros con la transmisión de enfermedades zoonóticas, particularmente la rabia, lo que genera emociones de miedo, sensaciones de asco y valoraciones estéticas de fealdad. Debido a esta preponderante vinculación sociocultural con las enfermedades zoonóticas, los trabajadores agrícolas con menor nivel de especialización manifestaron sus aprensiones respecto a laborar en predios donde se implemente el BATsignal, por temor a sufrir un ataque o alguna enfermedad como rabia, ébola o malaria.

Para los propietarios, profesionales y trabajadores agrícolas, los riesgos sanitarios atribuidos a los murciélagos constituyen la principal causa de otra dificultad sustantiva para el BATsignal: el reforzamiento de actitudes negativistas hacia los mamíferos voladores. Según los entrevistados, existe el riesgo de que se produzcan agresiones tanto hacia los murciélagos como hacia los artificios tecnológicos, motivadas por percepciones de temor o estigmatización sociocultural.

Entre las acciones reportadas por los participantes en contra de los murciélagos, ya sea como prácticas propias u observadas, se encuentran ataques letales como la incineración de espacios naturales, el envenenamiento químico y el derribo con objetos contundentes. También mencionaron prácticas no letales, como la manipulación lúdica, la comprobación de creencias populares —como la supuesta capacidad de estos mamíferos de fumar— y la exclusión de estos animales de determinadas infraestructuras mediante el uso de arsénico, azufre o repelentes químicos.

En relación con los potenciales riesgos que el BATsignal podría representar para el bienestar de los murciélagos, algunos científicos advirtieron sobre los peligros que enfrentan los quirópteros al transitar por áreas agrícolas con alta concentración de pesticidas en la biosfera, o al intentar establecerse en predios con baja biodiversidad, lo cual dificultaría su adaptación ecológica. Por ello, los expertos consideraron que el BATsignal es una tecnología más adecuada para los sistemas agrícolas ecológicos u orgánicos.

Esto [BATsignal] debería aplicarse a iniciativas agroecológicas y orgánicas. No es compatible el uso de técnicas de control biológico con control químico, porque estarías llevando a los murciélagos prácticamente a la muerte, y no solo debido a los agroquímicos, sino también por la calidad del hábitat al que los estás atrayendo (Veterinaria, entre 36 y 45 años, Chile).

Finalmente, algunos propietarios minoristas, trabajadores y profesionales agrícolas expresaron sus reservas a la manipulación bioacústica de los murciélagos, argumentando que podría alterar su comportamiento natural. En esta resistencia subyacen reparos éticos y morales frente a la posible adopción de esta innovación disruptiva. Por este motivo, ciertos profesionales y trabajadores agrícolas plantearon que sería más pertinente incorporar a los murciélagos en los sistemas agrícolas mediante un rediseño ecológico del paisaje predial, en vez de emplear los estímulos que propone el BATsignal.

3.3 Régimen sociotécnico

3.3.1 Prácticas y tecnologías

El BATsignal se posiciona como una innovación con potencial de inserción en un contexto de transformación del régimen agroalimentario, caracterizado por el agotamiento de las prácticas agroquímicas asociadas a la agricultura intensiva. En particular, se identifica una ventana de oportunidad en el tránsito desde los métodos de producción agroindustrial —intensivos en insumos químicos y de alta demanda energética— hacia enfoques que priorizan el equilibrio ecológico y el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos locales. En este contexto, los participantes del mundo agrícola coincidieron en que las tecnologías agroquímicas tienden a volverse contaminantes e ineficientes con el tiempo, por lo que consideran necesario implementar alternativas basadas en recursos biofísicos del entorno, en lugar de depender de los insumos sintéticos.

Sin embargo, a pesar de estos anhelos de cambio, en los discursos de los entrevistados involucrados en la producción de cultivos se evidenciaron mecanismos de bloqueo heredados del modelo agroindustrial. De modo general, los propietarios, administradores y profesionales agrícolas esperan que el BATsignal permita dirigir la actividad depredadora de los mamíferos alados hacia insectos específicos que afectan los cultivos. Desde esta lógica instrumental, algunos administradores y trabajadores agrícolas sugirieron programar los estímulos bioacústicos para atraer o dispersar a los quirópteros en determinados momentos, evitando así posibles alteraciones laborales o riesgos para su conservación.

Por mi parte, está bien. Igual podemos controlar la plaga de ratones y, después, se supone que [los murciélagos] deberían salir. Luego, habría que retirar el dispositivo para que los murciélagos se vayan (Trabajador, método orgánico, entre 18 y 25 años, Chile).

El rendimiento esperado de los servicios ecosistémicos de los murciélagos fue identificado como otra fuente de incertidumbre. En este aspecto, los propietarios y profesionales agrícolas expresaron sus dudas sobre la eficiencia del BATsignal en el control biológico de plagas, en comparación con las tecnologías agroquímicas promovidas por el régimen agroalimentario dominante. Esta percepción evidencia una tensión fundamental: el principio del paquete tecnológico se basa en estimular relaciones ecológicas de tipo depredador-presa, lo que implica mantener cierta población de insectos para garantizar la sostenibilidad del depredador; en contraste, el modelo agroquímico opera bajo la lógica de erradicación total de las plagas.

3.3.2 Cultura

La propuesta del BATsignal, basada en el uso de estímulos bioacústicos para atraer murciélagos insectívoros como estrategia de control de plagas, entra en conflicto con la cultura del régimen agroindustrial. En este modelo, los procesos de germinación, crecimiento y cuidados de los cultivos son manejados, principalmente, mediante la aplicación directa de insumos agroquímicos.

Sin embargo, un factor cultural que podría favorecer al BATsignal es que el uso de murciélagos como herramienta para el control biológico es una técnica de cultivo que registra antecedentes históricos y contemporáneos a escala global. En este contexto, un grupo de recolectores entrevistados señalaron que, en ciertos predios del sur de Chile, se incorporaron quirópteros a la producción de frutos orgánicos mediante «casitas» como refugio para estos animales. Los participantes explicaron que fueron capacitados en la función ecológica de los mamíferos voladores y los resguardos sanitarios necesarios al interactuar con estos animales.

El cambio en la percepción y valoración social de los murciélagos por parte de los grupos de interés es el factor cultural más determinante para el BATsignal. Este fenómeno sociocultural ocurre debido a la proyección de los posibles beneficios que traería la capitalización ecológica y económica de la actividad biológica de estos animales a la agricultura. En este sentido, se observa que, a pesar de los mitos y emociones negativas asociadas a los quirópteros, los entrevistados manifestaron una transformación actitudinal tras comprender el valor ecosistémico de estos mamíferos voladores.

Hay que capacitar, concientizar y luego aplicarlo, porque, por desconocimiento, de inmediato vamos a decir que no, pero cuando uno conoce los beneficios de los murciélagos, cambia la forma de pensar (Propietaria minorista, método orgánico, entre 46 y 55 años, Chile).

La principal barrera en la esfera cultural es la exigencia de validación económica de los servicios ecosistémicos de los murciélagos ofrecida por el BATsignal. En general, se espera contar con información cuantitativa sobre la cantidad, especificidad, efectividad y rentabilidad del control biológico de insectos plaga realizado por los quirópteros. Los

entrevistados consideraron que estos datos son fundamentales para la evaluación económica de la tecnología, dado que los propietarios y administradores agrícolas basan sus decisiones de inversión en el retorno financiero.

Uno puede hablarles a los productores sobre los beneficios de los murciélagos, pero si no se les habla en su idioma, el idioma económico, demostrando cuánto van a ganar por tener más murciélagos en sus cultivos, será difícil que consideren implementar estos dispositivos (Biólogo, entre 26 y 35 años, Chile).

Según los entrevistados del ámbito científico, es técnicamente posible identificar las especies de insectos devorados por los murciélagos mediante análisis fecal. No obstante, reconocen que no es factible contar con una cuantificación periódica de la cantidad de invertebrados consumidos. Esta limitación representa un obstáculo importante para estimar con precisión la rentabilidad económica de los servicios ecosistémicos prestados por los quirópteros.

3.3.3 Relaciones de mercado

El BATsignal es una tecnología que tiene como uno de sus factores impulsores el posible acceso a los mercados sustentables a escala global. Sin embargo, el subrégimen de mercado agroalimentario presenta mecanismos de bloqueo que pueden afectar la aceptación social de esta tecnología, particularmente a través de normas y estándares de calidad aplicables a los cultivos agrícolas. En este ámbito, los administradores prediales dedicados a la producción de frutos de exportación orgánica consideraron que ciertas regulaciones agroalimentarias, como las normas de control de excretas animales, podrían sancionar la producción de los cultivos que entren en contacto con el guano de los murciélagos.

Asimismo, las preferencias de los consumidores de productos alimenticios cultivados con métodos agroindustriales también podrían representar un obstáculo. Según los entrevistados, existe la percepción de que los consumidores convencionales no valoren la producción sustentable ofrecida por el BATsignal. Se considera que este tipo de consumidores centran sus preferencias en el costo y la apariencia estética de los cultivos, sin prestar atención a la carga de químicos involucrados en el proceso de producción de los alimentos. Además, los profesionales plantearon que este segmento de consumidores podría mostrar reticencia hacia la participación de los murciélagos en la producción de los cultivos, por miedo a una supuesta transmisión de alguna enfermedad zoonótica a través de los alimentos.

3.3.4 Conocimiento científico

El subrégimen de conocimiento científico, que sostiene las prácticas, tecnologías, normas y métricas de evaluación del régimen agroalimentario dominante, continúa amparado en los patrones agroquímicos de la Revolución Verde (1960-1970). Sin embargo, la creciente insustentabilidad de los modos de producción agroindustrial está impulsando cambios sustanciales en la formación e investigación agrícola, lo que favorece el desarrollo de tecnologías que potencien la sustentabilidad.

En efecto, los entrevistados del ámbito científico y académico afirmaron que los contenidos curriculares de los programas de formación agrícola están evolucionando hacia enfoques que promuevan la biodiversidad de los agrosistemas y fomenten métodos alternativos al modelo agroindustrial. Por ello, consideraron que los futuros profesionales poseerán los conocimientos necesarios para comprender e impulsar la adopción de tecnologías como el BATsignal.

Los científicos especializados en los murciélagos enfatizaron que los estudios sobre la contribución de los mamíferos voladores a la agricultura son aún incipientes. No obstante, explicaron que se han conformado grupos de expertos a escala global para investigar, conservar y transferir conocimiento sobre los quirópteros. En este ámbito, los entrevistados consideran que el progreso en el estudio de esta especie puede constituir un impulsor para la adopción del BATsignal, ya que se requiere experimentación para construir modelos estadísticos que permitan cuantificar, con precisión, los servicios ecosistémicos de murciélagos en los cultivos agrícolas.

Se pueden realizar estos acercamientos [cuantitativos]: conociendo cuántos huevos pone un ejemplar [murciélago], es posible estimar cuántos estaría extrayendo del sistema. Además, mediante métodos experimentales, se puede determinar cuánto pueden consumir y cuántas polillas pueden ingerir por hora o por minuto, aunque esto dependerá de la disponibilidad de alimento en el sistema [agrícola] (Biólogo, entre 36 y 45 años, Chile).

A pesar de estos avances, las décadas de predominio de los cánones agroindustriales han generado barreras para la incorporación del BATsignal. Por ejemplo, los académicos y científicos entrevistados plantearon que una proporción significativa de profesionales y técnicos agrícolas carece de conocimientos suficientes sobre los servicios ecosistémicos de los murciélagos y las condiciones ecológicas necesarias para implementar esta tecnología. Estas falencias formativas fueron confirmadas por la mayoría de los profesionales que participaron del estudio.

Otra posible dificultad que el BATsignal deberá sortear es la transferencia del paquete tecnológico. Según los académicos y profesionales agrícolas, la propuesta requiere de una transferencia de conocimiento horizontal e integral que dialogue dialécticamente con los saberes ecológicos locales, lo cual contrasta con la cesión vertical típica de las tecnologías

agroindustriales, donde la información sobre la aplicación de los insumos químicos se limita a folletos o manuales.

3.3.5 Político e institucional

De acuerdo con los propietarios, profesionales y científicos agrícolas, el subrégimen político e institucional se encuentra en un proceso de asimilación y promoción de nuevos marcos normativos orientados a la sustentabilidad agrícola, los cuales resultan proclives para el BATsignal, dado que estos incluyen los servicios ecosistémicos de los murciélagos a escala global. Al respecto, el propietario de una empresa europea de control de insectos expresó que ha experimentado un aumento exponencial en las solicitudes de distintos municipios españoles para instalar «cajas nido», con la intención de apoyar la colonización de espacios por parte de los quirópteros y, de este modo, contribuir al control de mosquitos estacionales mediante soluciones ecológicas.

La gente quiere probar el uso de murciélagos porque en estos municipios la presión por el mosquito estacional es muy alta. Por ello, buscan soluciones innovadoras y no agresivas, y actualmente están apostando bastante por esta alternativa (Propietario de empresa de control de plagas, entre 36 y 45 años, España).

En este contexto, los profesionales del Ministerio de Agricultura de Chile informaron que están difundiendo conocimientos sobre la contribución ecosistémica de los murciélagos a la sociedad civil, a través de seminarios, charlas comunitarias y cursos abiertos, con el propósito de fomentar la valoración y conservación de estos animales. Según explicaron, el reconocimiento institucional de estos mamíferos voladores como agentes de control biológico ha tenido una recepción positiva por parte del público.

Cuando les explico a la población que la mayoría de los murciélagos en Chile son insectívoros y contribuyen al control de plagas agrícolas, especialmente de zancudos, se muestran fascinados. Y cuando les mencionamos que pueden cazar hasta mil zancudos por noche o más, su asombro es aún mayor (Profesional del Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], entre 28 y 35 años, Chile).

Por último, los expertos en conservación de murciélagos señalaron que una posible barrera para el BATsignal son las normativas de protección de especies en peligro de extinción. En algunos países, podrían existir leyes o movimientos políticos que restringen o cuestionan la atracción bioacústica de quirópteros, particularmente si se percibe que estas prácticas interfieren con los comportamientos naturales de especies vulnerables o hábitats críticos.

4. Discusión

Los resultados indican que los grupos de interés muestran una disposición favorable hacia la incorporación del BATsignal a la operatividad del sistema agroalimentario. Esta aceptación se fundamenta en los beneficios económicos, ecológicos, sanitarios y socioculturales que genera la sustitución de los insumos agroquímicos por los servicios ecosistémicos de los murciélagos en la producción de cultivos agrícolas.

Nuestros hallazgos revelaron que el factor más influyente en la adopción del paquete tecnológico es la posibilidad de obtener certificaciones de sustentabilidad, las cuales habilitan el acceso a los mercados verdes de los países desarrollados. Este resultado concuerda con las investigaciones de Béné et al. (2019), Borsellino et al. (2020), Galli y Brunori (2011), Klerkx y Rose (2020), Loconto (2016) y Olagunju et al. (2025), quienes coinciden en que la alta rentabilidad económica de los mercados sustentables es un incentivo clave para que los agricultores inviertan en innovaciones sustentables, especialmente cuando potencian la biodiversidad de las áreas de cultivo (Vermunt et al., 2022). En este caso, el sistema desarrollado es complementario a otros sistemas de atracción en el control de plagas, como la instalación de cajas para anidamiento de aves y murciélagos, hoteles de insectos, difusores de feromonas o adecuación paisajística (Cistrone et al., 2025; García et al., 2020).

Los beneficios económicos, ecológicos y sanitarios derivados de la capitalización de la actividad biológica de los quirópteros contribuyen a resignificar positivamente la percepción social de estos mamíferos voladores. Este fenómeno social, categorizado por Keller (1984) como una actitud utilitarista hacia la naturaleza, favorece la superación de las barreras socioculturales que asocian a los murciélagos con enfermedades zoonóticas, mitos y creencias populares (Boso et al., 2021; Giagnocavo et al., 2022; Kross et al., 2018; Musila et al., 2018). No obstante, la asociación mediática inicial de los murciélagos con el brote pandémico de COVID-19 podría intensificar el rechazo hacia estos animales (Meli et al., 2024; Sasse & Gramza, 2020). De allí que estos avances requieran de una gestión de la conservación sólida y deliberada, que favorezca una convergencia socioecológica integral entre agentes humanos y no humanos en la transformación del sistema agroalimentario (Contesse, 2021).

El actual régimen agroalimentario experimenta presiones exógenas y endógenas que suscitan transformaciones en los distintos subregímenes sociotécnicos favorables a los nichos verdes. En este contexto, los cambios observados en los subregímenes científico y político e institucional evidencian el debilitamiento progresivo del paradigma agroindustrial como barrera estructural frente a la promoción de métodos y conocimientos agrícolas sustentables (Meynard et al., 2014; Ingram, 2018).

Esto se manifiesta en las actualizaciones de los contenidos formativos de los futuros profesionales agrícolas y en la capacitación de los funcionarios públicos para fomentar métodos de producción orgánicos y agroecológicos. Según López-García et al. (2019) y

Olagunju et al. (2025), la formación técnica de estos actores les permite configurarse como «actores híbridos», desempeñando roles clave como agentes de innovación (Galli & Brunori, 2011) o promotores de anclaje institucional (Elzen et al., 2012; Hermans et al., 2019), lo que favorece el escalamiento de los nichos verdes en el sistema agroalimentario.

A pesar del escenario favorable para el BATsignal, la investigación también identificó una serie de barreras estructurales que provienen de la esencia del régimen agroalimentario. El principal mecanismo de bloqueo son las expectativas de rendimiento y funcionalidad del paquete tecnológico. En términos generales, los posibles usuarios esperan que el BATsignal controle, dirija y cuantifique los servicios ecosistémicos de los murciélagos. Estas demandas de manipulación y medición de la actividad biológica de los mamíferos voladores en los cultivos reflejan la extensión de las prácticas agroindustriales arraigadas en la producción agrícola durante la Revolución Verde (Bui et al., 2016; Meynard et al., 2018; Vermunt et al., 2022; Weituschat et al., 2022).

Al respecto, los propietarios y profesionales agrícolas supeditan su decisión de invertir en el BATsignal en función de la rentabilidad económica que logre en relación con la efectividad y rentabilidad de los insumos agroquímicos. Estos resultados confirman que uno de los mecanismos de bloqueo que impide el avance de las innovaciones agrícolas no sintéticas son los estándares materiales y cognitivos asociados al alto rendimiento del modelo agroindustrial (Meynard et al., 2018). Por ello, la superación de estas barreras exige no solo transformaciones tecnológicas, sino también cambios en las expectativas cognitivas, institucionales y culturales de los actores del sistema agroalimentario (Weituschat et al., 2022).

5. Conclusión

Este estudio identificó que resulta factible la incorporación explícita de los servicios ecosistémicos de los murciélagos en la producción de cultivos del sistema agroalimentario, mediante el paquete tecnológico BATsignal. Los hallazgos resaltan la necesidad epistemológica, normativa y tecnológica de examinar o diseñar innovaciones agrícolas desde una perspectiva socio-tecno-ecológica (Andersson et al., 2024), la cual permita articular las dimensiones materiales, simbólicas e institucionales que configuran las transiciones sustentables. En futuras investigaciones, se recomienda explorar el posible empleo de otros animales considerados como «salvajes» en contextos agrícolas, evaluando tanto su viabilidad ecológica como sus posibilidades de integración en regímenes sustentables. Tales investigaciones podrían continuar ampliando la comprensión de la relación entre los agentes humanos y no humanos involucrados en el desarrollo de métodos e innovaciones que contribuyan a la estructuración de un sistema agroalimentario sustentable.

Referencias

- Andersson, J.; Lennerfors, T. T. & Fornstedt, H. (2024). Towards a socio-techno-ecological approach to sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 51, 100846.
- Béné, C.; Oosterveer, P.; Lamotte, L.; Brouwer, I. D.; De Haan, S.; Prager, S. D. ... & Khoury, C. K. (2019). When food systems meet sustainability—Current narratives and implications for actions. *World development*, 113, 116-130.
- Borsellino, V.; Schimmenti, E. & El Bilali, H. (2020). Agri-food markets towards sustainable patterns. *Sustainability*, 12(6), 2193.
- Boso, À.; Álvarez, B.; Pérez, B.; Imio, J. C.; Altamirano, A. & Lisón, F. (2021). Understanding human attitudes towards bats and the role of information and aesthetics to boost a positive response as a conservation tool. *Animal Conservation*, 24(6), 937-945.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Bui, S.; Cardona, A.; Lamine, C. & Cerf, M. (2016). Sustainability transitions: Insights on processes of niche-regime interaction and regime reconfiguration in agri-food systems. *Journal of Rural Studies*, 48, 92-103.
- Cistrone, L.; Schofield, H. & Russo, D. (2025). Ground cover promotes enhanced bat activity in high-value insular vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 389, 109698.
- Contesse, M.; Duncan, J.; Legun, K. & Klerkx, L. (2021). Unravelling non-human agency in sustainability transitions. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120634.
- Duru, M. & Therond, O. (2015). Designing agroecological transitions; A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1237-1257.
- El Bilali, H. (2019). The multi-level perspective in research on sustainability transitions in agriculture and food systems: A systematic review. *Agriculture*, 9(4), 74.
- Elzen, B.; Van Mierlo, B. & Leeuwis, C. (2012). Anchoring of innovations: Assessing Dutch efforts to harvest energy from glasshouses. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 5, 1-18.
- Firbank, L. G.; Attwood, S.; Eory, V.; Gadanakis, Y.; Lynch, J. M.; Sonnino, R. & Takahashi, T. (2018). Grand challenges in sustainable intensification and ecosystem services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2-7.
- Galli, F. & Brunori, G. (2011). Knowledge brokerage to promote sustainable food consumption and production: linking scientists, policymakers and civil society organizations. *Foodlinks Community*.
- Garcia, K.; Olimpi, E. M.; Karp, D. S. & Gonthier, D. J. (2020). The Good, the Bad, and the Risky: Can Birds Be Incorporated as Biological Control Agents into Integrated Pest Management Programs? *Journal Integrated Pest Management*, 11(1), 11.
- Geels, F. W. & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399-417.
- Geels, F. W. (2002). *Understanding the dynamics of technological transitions. A co-evolutionary and socio-technical analysis* [Doctoral dissertation]. University of Twente Repository.
- Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 24-40.
- Giagnocavo, C.; de Cara-García, M.; González, M.; Juan, M.; Marín-Guirao, J. I.; Mehrabi, S. ... & Crisol-Martínez, E. (2022). Reconnecting farmers with nature through agroecological transitions: interacting niches and experimentation and the role of agricultural knowledge and innovation systems. *Agriculture*, 12(2), 137.
- Hermans, F.; Geerling-Eiff, F.; Potters, J. & Klerkx, L. (2019). Public-private partnerships as systemic agricultural innovation policy instruments—Assessing their contribution to innovation system function dynamics. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 88, 76-95.
- Hinrichs, C. C. (2014). Transitions to sustainability: a change in thinking about food systems change? *Agriculture and human values*, 31(1), 143-155.

- Ingram, J. (2018). Agricultural transition: Niche and regime knowledge systems' boundary dynamics. *Environmental innovation and societal transitions*, 26, 117-135.
- Kellert, S. R. (1984). American attitudes toward and knowledge of animals: An update. In *Advances in animal welfare science 1984* (pp. 177-213). Springer Netherlands.
- Klerkx, L. & Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, 24, 100347.
- Konefal, J. (2015). Governing sustainability transitions: Multi-stakeholder initiatives and regime change in United States agriculture. *Sustainability*, 7(1), 612-633.
- Kross, S. M.; Ingram, K. P.; Long, R. F. & Niles, M. T. (2018). Farmer perceptions and behaviors related to wildlife and on-farm conservation actions. *Conservation Letters*, 11, e12364.
- Levidow, L. (2015). European transitions towards a corporate-environmental food regime: Agroecological incorporation or contestation? *Journal of Rural Studies*, 40, 76-89.
- Levidow, L.; Pimbert, M. & Vanloqueren, G. (2014). Agroecological research: conforming-or transforming the dominant agro-food regime? *Agroecology and sustainable food systems*, 38(10), 1127-1155.
- Loconto, A. (2016). The role of knowledge in transitions to sustainable food systems. In A. Meybeck & S. Redfern (Eds.), *Knowledge and information for sustainable food systems* (pp. 203-216). FAO.
- López-García, D.; Calvet-Mir, L.; Di Masso, M. & Espluga, J. (2019). Multi-actor networks and innovation niches: university training for local Agroecological Dynamization. *Agriculture and Human Values*, 36(3), 567-579.
- Markard, J.; Raven, R. & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research policy*, 41(6), 955-967.
- Meli, P.; Imio, J. C. & Lisón, F. (2024). Tradeoffs in people's perceptions about ecosystem services and disservices related to bats: Implications for managing agroecosystems and conserving bats. *Ecosystem Services*, 66, 101609.
- Meynard, J. M.; Charrier, F.; Le Bail, M.; Magrini, M. B.; Charlier, A. & Messéan, A. (2018). Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(5), 1-13.
- Meynard, J. M.; Messéan, A.; Charlier, A.; Charrier, F.; Fares, M.; Le Bail, M.; Magrini, M. B.; Savini, I. & Rechauchère, O., (2014). *La diversification des cultures. Lever les obstacles agronomiques et économiques*. Editions QUAE.
- Morrissey, J. E.; Miroso, M. & Abbott, M. (2014). Identifying transition capacity for agri-food regimes: application of the multi-level perspective for strategic mapping. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 16(2), 281-301.
- Musila, S.; Prokop, P. & Gichuki, N. (2018). Knowledge and perceptions of, and attitudes to, bats by people living around Arabuko-Sokoke Forest, Malindi-Kenya. *Anthrozoös*, 31, 247-262.
- Olagunju, K. O.; Angioloni, S. & Canavari, M. (2025). Niche Markets for Sustainable Agri-food Systems: A Systematic Review. *Heliyon*.
- Padel, S., Levidow, L., & Pearce, B. (2020). UK farmers' transition pathways towards agroecological farm redesign: evaluating explanatory models. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(2), 139-163.
- Pant, L. P. (2016). Paradox of mainstreaming agroecology for regional and rural food security in developing countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 111, 305-316.
- Rip, A. & Kemp, R. (1998). Technological change. In *Human choice and Climate Change: Vol. II, resources and technology* (pp. 327-399). Battelle Press.
- Rundgren, G. (2016). Food: From commodity to commons. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 29(1), 103-121.
- Sasse, D. B. & Gramza, A.R. (2020). Influence of the COVID-19 pandemic on public attitudes toward bats in Arkansas and implications for bat management. *Human Dimensions of Wildlife*, 25(2)1-4.
- Smith, A.; Voß, J. P. & Grin, J. (2010). Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy*, 39(4), 435-448.

Stassart, P. M., & Jamar, D. (2012). Agriculture biologique et verrouillage des systèmes de connaissances: Conventionalisation des filières agroalimentaire bio. *Carrefours de l'Innovation Agronomique*, 4, 313-328.

Tilman, D. & Clark, M. (2015). Food, agriculture & the environment: can we feed the world & save the earth? *Daedalus*, 144(4), 8-23.

Vermunt, D. A.; Wojtynia, N.; Hekkert, M. P.; Van Dijk, J.; Verburg, R.; Verweij, P. A. ... & Runhaar, H. (2022). Five mechanisms blocking the transition towards 'nature-inclusive' agriculture: A systemic analysis of Dutch dairy farming. *Agricultural systems*, 195, 103280.

Weituschat, C. S.; Pascucci, S.; Materia, V. C.; Tamas, P.; de Jong, R. & Trienekens, J. (2022). Goal frames and sustainability transitions: how cognitive lock-ins can impede crop diversification. *Sustainability Science*, 17(6), 2203-2219.

Declaración de posibles conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Rol en la investigación según la clasificación (CRediT):

- **Juan Carlos Imio**
Investigación, análisis formal, escritura-borrador original, redacción-revisión y edición.
- **Fulgencio Lisón**
Adquisición de fondos, administración del proyecto, redacción-revisión y edición.
- **Francisca Fonseca Prieto**
Redacción-revisión y edición.

Juan Carlos Imio

Máster en Sociología por la Universidad de Barcelona, España. Sus principales líneas de investigación son sociología de la ciencia, estudios de ciencia, tecnología y sociedad, transiciones sociotécnicas y sociología ambiental.

Correo: juancarlos.imio.sociologo@gmail.com

Fulgencio Lisón

Dr. en Biología, por la Universidad de Murcia, España. Académico del Departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia, España. Especialista en el área de la Ecología y Conservación de Fauna Silvestre.

Correo: lison@um.es

Francisca Fonseca-Prieto

Dra. en Sociología. Académica del Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de La Frontera de Chile. Especialista en el área de la sociología ambiental, transiciones ecológicas y energéticas, ecología política. Presidenta de la Red de Sociología de las Universidades Chilenas SocioRed y miembro de la Directiva de la Asociación Latinoamericana de Sociología 2024-2026.

Correo: francisca.fonseca@ufrontera.cl

Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente.

N° 16 julio – diciembre 2025. E-ISSN: 2709 – 3689

Cómo citar: Imio, J. C., Lisón, F., & Fonseca Prieto, F. Impulsores y barreras en biotecnologías que incorporan fauna salvaje a la transición agroalimentaria. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (16), <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202502.A004>
