

**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS**

Serie Evaluación de Impacto N° 4
Boletín INIA N° 461
ISSN 0717 – 4829



Liderando la agrociencia para un futuro sostenible

**Evaluación de impacto del uso de
hongos entomopatógenos para el
control de cabrito de la frambuesa
(*Aegorhinus superciliosus*) en berries
en la macrozona centro-sur del país**

Los estudios de Evaluación de Impacto del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) corresponden a una sucesión de publicaciones que hacen referencia a la valoración de tecnologías validadas, adaptadas o liberadas por INIA, transferidas al sector agropecuario de Chile. Su propósito es entregar evidencia del trabajo desarrollado por este Instituto y el aporte al sector agropecuario nacional, por medio de la ejecución de proyectos de investigación, desarrollo e innovación en diferentes macrozonas del país.

Investigadoras que colaboraron en este estudio:

María Esperanza Sepúlveda S.
Ingeniera Agrónoma, Magíster en Ciencias de la Agronomía
Profesional Área Negocios Tecnológicos, INIA

Carmen Gloria Morales A.
Ingeniera Agrónoma, Magíster en Horticultura
Extensionista INIA

Autora:

María Carolina de la Fuente G.
Ingeniera Agrónoma, Magíster en Economía Agraria
Encargada Área de Evaluación de Impacto, Unidad de Planificación, Seguimiento y Evaluación (UPSE), INIA

Editoras:

Marta Alfaro V.
Ingeniera Agrónoma, Ph.D.
Subdirectora Nacional de I+D+i, INIA

Maruja Cortés B.
Ingeniera Agrónoma, Dra. Economía, Magíster Desarrollo Rural
Jefa Área Nacional de Extensión y Formación de Capacidades, INIA

Editora periodística:

María Andrea Romero G.
Periodista, Analista de Comunicaciones INIA

Cita bibliográfica:

De la Fuente, M. 2022. Evaluación de impacto del uso de hongos entomopatógenos para el control de cabrito de la frambuesa (*Aegorhinus superciliosus*) en berries en la macrozona centro-sur del país. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Boletín INIA N° 461. 34 p. Serie Evaluación de Impacto N° 4. ISSN 0717-4829.

Boletín INIA N° 461
Serie Evaluación de Impacto N° 4
ISSN 0717 – 4829

© 2022. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
Fidel Oteiza 1956, pisos 11, 12 y 15, Providencia, Santiago, Chile.
Tel.: +56 22577 1000. E-mail: carolina.delafuente@inia.cl

Permitida su reproducción parcial citando fuente y autora. Prohibida la reproducción total sin autorización del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

Diseño y diagramación:

Elisa Pérez | www.elisamalicia.cl

Santiago, Chile, 2021

Agradecimientos

Agradecemos a los productores, productoras y asesores técnicos de las regiones del Maule, Ñuble, Los Lagos y de Los Ríos que amablemente participaron en el estudio. Su colaboración fue esencial para la obtención de los resultados aquí expuestos.

A los investigadores y extensionista de INIA, a la Unidad de Planificación, Seguimiento y Evaluación (UPSE) por su disposición.

Finalmente, a la Biblioteca Central de INIA por su colaboración.

Resumen Ejecutivo

La producción mundial de arándanos fue de 1,5 millones de toneladas en 2019, con un rendimiento promedio de 9,4 t ha⁻¹. Los principales productores son Estados Unidos, Canadá, Chile y Perú, con un total de 1,3 millones de toneladas (FAOSTAT, 2021).

En 2019 se exportaron 558 mil toneladas por un valor de 3.020 millones de dólares, posicionando a Perú y Chile como los principales proveedores de arándanos a nivel mundial, con más de 236 mil toneladas, participando Chile con el 47 % del volumen (FAOSTAT, 2021).

Por otro lado, la producción mundial de frambuesa fue de 590.000 toneladas en 2017, incrementándose un 90 % en 10 años (Red Agrícola, 2019). Los principales productores son Polonia, Serbia, Estados Unidos, México y Chile (Agencia Agraria de Noticias, 2016). Chile produjo 38.340 toneladas, equivalentes al 6,4 % de la producción mundial, en una superficie promedio de 3.187 hectáreas localizadas en las regiones del Maule y Ñuble (ODEPA, 2020). Sus mercados de destino son la agroindustria (61 %) (ODEPA-CIREN, 2019) y la exportación (19 %), especialmente a Estados Unidos.

El posicionamiento de Chile como el mayor exportador de arándanos a nivel mundial y el creciente mercado de exportación de frambuesa, requieren de la entrega de productos de alta calidad y con un riguroso cuidado sanitario que permita cubrir los desafíos y exigencias de los mercados de destino. Uno de estos desafíos es el control exigido en plagas de importancia económica, como es el cabrito de la frambuesa (*Aegorhinus superciliosus*), cuyo combate químico ha demostrado ser altamente ineficiente, debido al hábito de desarrollo de esta especie.

Este estudio tuvo por objetivo determinar el impacto ambiental (EIQ) del cambio de estrategia de control (insecticida por aplicación del hongo entomopatógeno o HEP, *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430) de la plaga *Aegorhinus superciliosus*, en productores de frambuesas de las regiones del Maule, Los Lagos y de Los Ríos, y de productores de arándano de las regiones de Ñuble y de Los Lagos, junto con determinar su impacto económico, ambiental y socio-territorial. El método consideró la construcción de la teoría del cambio y la determinación del impacto, por medio de encuestas realizadas a informantes clave, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia.

La aplicación de HEP, *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430, es una alternativa que permite disminuir el impacto ambiental de la aplicación de pesticidas. Se estimó que el cambio de estrategia (aplicación de pesticidas versus aplicación de HEP) generaría una disminución del impacto ambiental (EIQ) de entre 1,7 y 72,5 en la Agricultura Familiar y de entre 161 a 184 en mediano y gran agricultor.

El trabajo efectuado por INIA y el uso de HEP para el control de cabrito de la frambuesa fue valorado con un impacto ambiental altamente positivo, contribuyendo principalmente a la agricultura agroecológica. El impacto socio-territorial fue el segundo más valorado, incidiendo en el aumento del ingreso de las familias, en especial, de la Agricultura Familiar. El impacto económico fue también reconocido con un impacto positivo medio por los asesores técnicos del territorio.

Índice

ANTECEDENTES	4
MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN ESTE ANÁLISIS	7
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN	12
Insumos	12
Actividades	13
Productos	14
CONCLUSIONES	28
REFERENCIAS	29
ANEXOS	32
ANEXO 1: Definición de eslabones de la cadena de resultados	32
ANEXO 2: Escala ordinal del impacto generado por la tecnología en el ámbito económico, ambiental, político y socio-territorial	33
ANEXO 3: Calificaciones de relevancia del subindicador	33
ANEXO 4: Entrevista semi-estructurada	34

Antecedentes

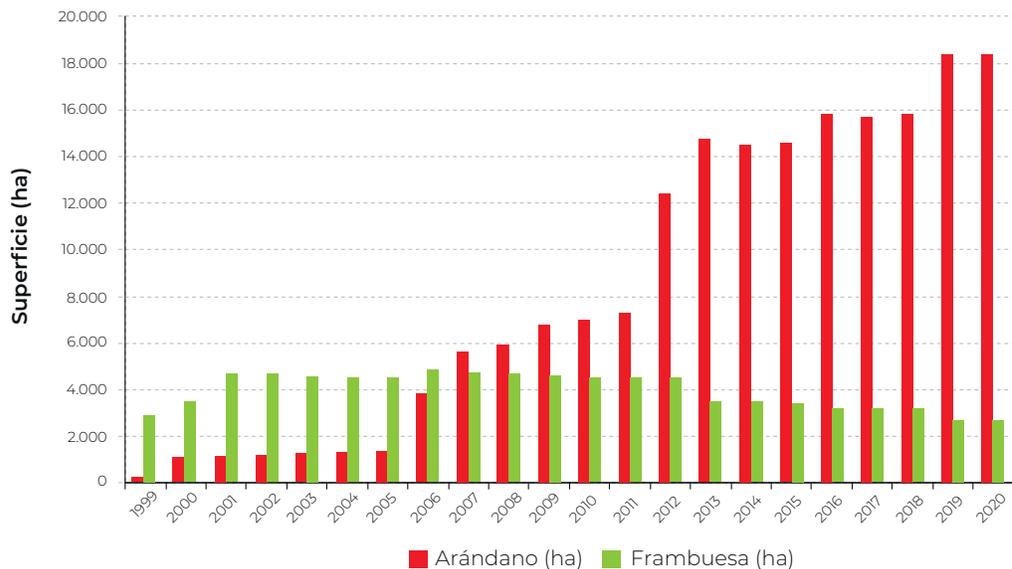
La producción mundial de arándanos fue de 1,5 millones de toneladas en 2019, con un rendimiento promedio de 9,4 t ha⁻¹. Los principales productores son Estados Unidos, Canadá, Chile y Perú con un total de 1,3 millones de toneladas (FAOSTAT, 2021).

Las importaciones son lideradas por Estados Unidos con 252 mil toneladas en 2019, seguido por Países Bajos con 77 mil toneladas y Canadá con 63 mil (FAOSTAT, 2021). Su consumo es mayoritariamente fresco, debido a sus atributos antioxidantes, concentración de vitamina C y fibra.

Con relación a las exportaciones, 558 mil toneladas fueron comercializadas en 2019 por un valor de 3.020 millones de dólares, posicionando a Perú y Chile como los principales proveedores de arándanos a nivel mundial con más de 236 mil toneladas, participando Chile con el 47 % del volumen (FAOSTAT, 2021).

En Chile, la superficie cultivada creció un 15 % anual en los últimos 20 años (Figura 1), pasando desde 258 hectáreas a fines de la década de los 90 a más de 18.000 hectáreas en 2020, concentrándose el 77 % de ellas en la zona centro sur y sur del país: regiones del Maule (32 %), Ñuble (22 %), La Araucanía (12 %) y Biobío (11 %) (Figura 1).

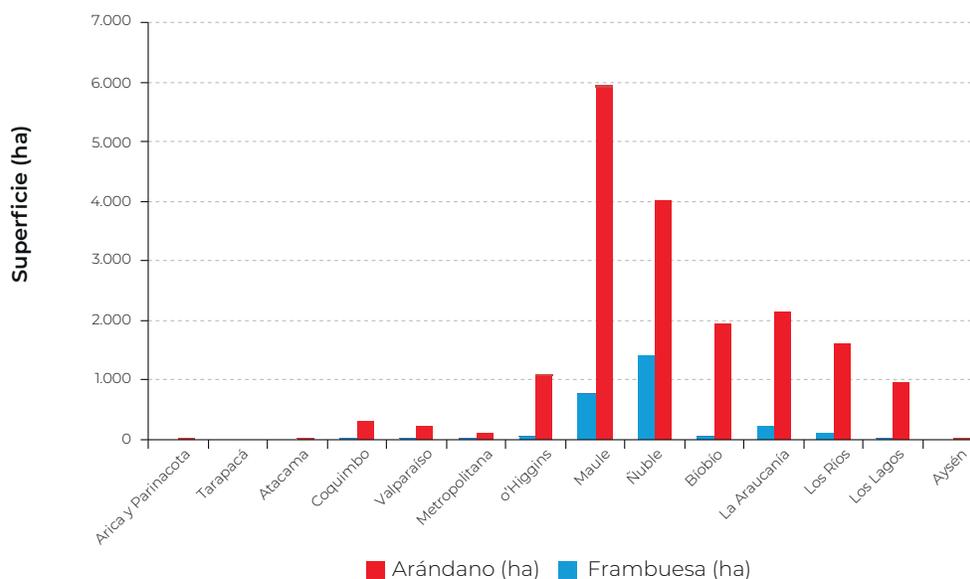
Figura 1. Evolución de la superficie cultivada con arándano y frambuesa (ha) a nivel nacional.



Por otro lado, la producción mundial de frambuesa fue de 590.000 toneladas en 2017, incrementándose un 90 % en 10 años (Red Agrícola, 2019). Los principales productores son Polonia, Serbia, Estados Unidos, México y Chile (Agencia Agraria de Noticias, 2016).

Chile cultivó 4.016 ± 754 hectáreas promedio de frambuesa durante los últimos 20 años (Figura 1) con una disminución anual de 1 %. Su producción se concentra en las regiones de Maule (29 %) y Ñuble (53 %), con el 82 % de la superficie nacional (Figura 2). Sus mercados de destino son la agroindustria (61 %) (ODEPA-CIREN, 2019) para congelados y jugos concentrados, y la exportación (19 %), especialmente a Estados Unidos.

Figura 2. Superficie regional (ha) cultivada con arándano y frambuesa.



Fuente: elaboración propia con base en información de ODEPA (2021).

El mercado de la frambuesa se proyecta creciente, sustentado en consumidores más informados y demandantes de productos con características funcionales y saludables (Red Agrícola, 2019).

El posicionamiento de Chile como el mayor exportador de arándanos a nivel mundial y el creciente mercado de exportación de frambuesa, requieren de la entrega de productos de alta calidad y con un riguroso cuidado sanitario, que permita cubrir los desafíos y exigencias de los mercados de destino. Uno de estos desafíos es el control exigido en plagas de importancia económica, como el cabrito de la frambuesa (*Aegorhinus superciliosus*), cuyo combate químico ha demostrado ser altamente ineficiente, debido a su hábito de crecimiento.

La plaga del cabrito de la frambuesa afecta a frutales de la zona centro sur y sur de Chile (Quintana *et al.*, 2011). En su estado larval construye galerías que sella con aserrín, aislándola y protegiéndola de controles tradicionales (FIA, 2004). Su alimentación es a

nivel de cuello y raíces de la planta, lo que puede provocar la muerte de esta (Parra *et al.*, 2009) o disminuir su producción (Rivera, 2010). Su control químico es complejo, debido a su hábito de crecimiento subterráneo (France *et al.*, 2000; FIA, 2011), por tanto, los esfuerzos se focalizaban en los adultos que provocan daño en brotes, follaje y frutos (Parra *et al.*, 2009). Sin embargo, el efecto residual y período de carencia de los pesticidas aplicados en la floración y cosecha de los frutos (Parra *et al.*, 2009; Quintana *et al.*, 2011) pueden provocar problemas en productos destinados a la exportación. Otro aspecto a considerar es el potencial daño directo al ecosistema, por el efecto nocivo de los pesticidas en abejas polinizadoras (Parra *et al.*, 2009), en aves y peces, debido a su amplio espectro de acción.

Las pérdidas por ataque de cabrito de la frambuesa se dimensionaron entre 10 % y 40 % de la producción, según información de productores y asesores técnicos encuestados.

Desde fines de la década de los 80 se identificó la importancia económica de la plaga, y fue a mediados de los 90 que el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) la incluyó en la norma para los criaderos, viveros y depósitos de plantas para expender plantas libres de ella. Posteriormente fue considerada por la Unión Europea como organismo nocivo (Parra *et al.*, 2009), generando rechazos en los mercados de exportación por ser considerada una plaga cuarentenaria.

El estudio tuvo por objetivo determinar el impacto ambiental (EIQ) del cambio de estrategia de control de la plaga *Aegorhinus superciliosus* desde un insecticida tradicional a la aplicación del hongo entomopatógeno (HEP), *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430, en productores de frambuesas de la región del Maule, Los Lagos y de Los Ríos, y de productores de arándano de la región de Ñuble y de Los Lagos, junto con determinar su impacto económico, ambiental y socio-territorial.

Materiales y métodos

El primer paso consistió en la elaboración de la teoría del cambio que describe la lógica causal de cómo y por qué se lograron los resultados deseados o previstos inicialmente, proporcionando el detalle de cómo insumos, actividades y productos generados por los distintos proyectos ejecutados, produjeron los resultados esperados (Getler *et al.*, 2017). Esta teoría se describe por medio de la cadena de resultados, método que ha sido utilizado por diferentes organizaciones de I+D+i (Colinet *et al.*, 2014; CSIRO, 2015; De la Fuente, 2019; Chams *et al.*, 2020). Su elaboración precisó de la revisión de documentos y de bases de datos internas, que permitieron identificar los proyectos de I+D+i de INIA vinculados al control biológico, sus costos y los insumos, actividades y productos generados (Anexo 1).

El segundo paso consistió en recoger información cuantitativa y cualitativa, a través de un instrumento elaborado en la plataforma de formularios de Google, para asesores técnicos de las regiones del Maule, Los Lagos y Los Ríos, para productores de las regiones de Ñuble y Los Lagos, y para investigadores de INIA. El muestreo realizado fue no probabilístico por conveniencia, es decir, personas accesibles que aceptaron ser parte del estudio (Otzen *et al.*, 2017). Se encuestó a un total de 9 personas, durante los meses de enero, marzo, agosto y septiembre de 2021.

Los asesores técnicos son profesionales del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), a cargo del Programa de Desarrollo Local (PRODESAL), del Programa de Desarrollo Territorial Indígena (PDTI), y un asesor independiente, quienes asesoran a un total de 424 productores provenientes de las comunas de Colbún, Lanco, Osorno, Los Lagos y Puyehue.

La encuesta para asesores constó de preguntas abiertas, cerradas, dicotómicas, de percepción y de identificación del encuestado, divididas en tres partes. La primera recogió información sobre la cantidad de agricultores asesorados, la identificación del frutal en producción (arándano o frambuesa) y localización de los agricultores (región y comuna). La segunda recolectó información acerca de las pérdidas en producción y en plantas, por ataque de cabrito de la frambuesa. La tercera reunió información acerca de los pesticidas utilizados para controlar la plaga, la dosis y el número de aplicaciones, más la identificación de otros tipos de control realizados.

La encuesta a productores incluyó preguntas abiertas, cerradas, dicotómicas, de percepción y de identificación del encuestado, dividiéndose en cuatro partes. La primera tipificó a los productores con base en la Ley Orgánica de INDAP (Agricultura Familiar) y la Ley 20.412 (medianos agricultores), considerando a todos los demás como grandes productores. La encuesta colectó información relevante acerca de los años de experiencia en el cultivo y de su frutal en producción (frambuesa o arándano). La segunda dimensionó las pérdidas por ataque de cabrito de la frambuesa en términos productivos (cosecha) y de plantas. La tercera identificó los pesticidas que utilizó para su control, el número de aplicaciones, los meses y dosis de aplicación y otros tipos de control realizados. La cuarta parte recogió información específica y

relevante sobre el uso de hongos entomopatógenos (HEP) para control de cabrito de la frambuesa.

Todas las encuestas –productores, asesores técnicos e investigadores de INIA– recogieron indicadores de impacto económico, ambiental y socio-territorial (Chams, Guesmi, & Gil, 2020) evaluados según su magnitud en una escala ordinal entre -7 a 7, donde -7 correspondió a un impacto altamente negativo y 7 a un impacto altamente positivo en el ámbito (Anexo 2). Si el encuestado consideraba que no hubo impacto seleccionaba cero. Cada ámbito de impacto se dividió en subindicadores con el propósito de profundizar en sus efectos directos y determinar la importancia relativa de cada uno de ellos. La escala de evaluación de estos subindicadores fue de 0 a 7, donde 0 significa sin importancia y 7, alta importancia (Anexo 3). Finalmente, un cuestionario para identificar al encuestado.

El método de evaluación consideró, además, la realización de una entrevista semiestructurada (BID, 2011) a los asesores técnicos del INDAP y a los investigadores de INIA (Anexo 4) con la intención de complementar la información recogida. Las entrevistas fueron realizadas por videoconferencia a seis personas, que expresaron su opinión bajo un ambiente de conversación, pero dirigida al propósito.

El estudio precisó de la depuración de la información y posterior análisis, a través de estadística descriptiva y por medio de gráficos y cuadros explicativos, utilizando planillas de cálculo Excel y SPSS.

ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

La estimación del impacto ambiental se determinó por medio del Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ por su sigla en inglés) de pesticidas, desarrollado por Kovach *et al.* (1992). Este coeficiente determina el efecto del uso de pesticidas en la agricultura, sobre la base de la toxicidad del ingrediente activo, por medio de tres componentes: trabajador agrícola, consumidor y el riesgo ecológico (biótica no humana) (Kovach *et al.*, 1992; Colcha, 2009; Carrizo *et al.*, 2015; Chamorro y Sarandón, 2017). El impacto ambiental a nivel de campo se determinó por medio de la ecuación reportada por Carrizo *et al.* (2015):

$$EIQ_{campo} = EIQ_{ia} * [ia] * D * N^{\circ}$$

EIQ_{ia} : toxicidad del ingrediente activo del pesticida obtenido de “A method to measure the environmental impact of pesticides” (2021).

$[ia]$: concentración del ingrediente activo del pesticida (%).

D : dosis aplicada (kilogramos o litros/ha).

N° : número de aplicaciones.

El nivel de impacto (para humanos y el ambiente) del ingrediente activo del pesticida se clasificó según el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Clasificación EIQ del ingrediente activo de los pesticidas aplicados por agricultores para control de cabrito de la frambuesa.

Clasificación	Nivel de Impacto
Bajo	$0 \leq \text{ELQ} \leq 20$
Medio	$21 \leq \text{ELQ} \leq 40$
Alto	$\text{EIQ} \geq 41$

Fuente: Agboyi (2015).

La clasificación toxicológica se obtuvo del SAG (2000), que norma las etiquetas de los pesticidas para uso agrícola con base en la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Cuadro 2). El criterio de clasificación se establece de acuerdo a la “toxicidad dérmica y oral del compuesto que es capaz de matar al 50 % (DL 50) de una población de ratas” (Agboyi *et al.*, 2015).

Cuadro 2. Clasificación toxicológica de los pesticidas de uso agrícola (prueba en ratas).

Clasificación (OMS)	Color de la banda	DL 50 aguda mg/kg de plaguicida formulado			
		Por vía oral		Por vía cutánea	
		Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Ia: Sumamente peligroso	Rojo	5 o más	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Ib: Muy peligroso	Rojo	más de 5 hasta 50	más de 20 hasta 200	más de 10 hasta 100	más de 40 hasta 400
II: Moderadamente peligroso	Amarillo	más de 5 hasta 500	más de 200 hasta 2.000	más de 100 hasta 1.000	más de 400 hasta 4.000
III: Poco peligroso	Azul	más de 500 hasta 2.000	más de 2.000 hasta 3.000	más de 1.000	más de 4.000
IV: Productos que normalmente no producen peligro	Verde	más de 2.000	más de 3.000		

Términos “sólido” y “líquido” se refieren al estado físico del plaguicida formulado que está siendo clasificado.

Las fuentes de información se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Fuentes de información para estimación EIQ.

Ítem	Fuente
EIQ ingrediente activo	Kovach <i>et al.</i> (1992)
Concentración ingrediente activo	Etiqueta plaguicida
Dosis aplicada (kg o l/ha)	Etiqueta - Asistentes / productor
Número de aplicaciones	Etiqueta - Asistentes

PROYECTOS

Desde mediados de la década de los 90, investigadores de INIA han colectado más de 800 cepas de Hongos Entomopatógenos (HEP) BioINIA®, es decir, hongos que provocan enfermedades en insectos, permitiendo su control para evitar pérdidas económicas en los cultivos (Devotto *et al.*, 2000; Sepúlveda, 2019). Es una alternativa sustentable, debido a su especificidad e inocuidad con el medio ambiente y con los trabajadores del sector rural que los utilizan (Devotto *et al.*, 2000; Gerding *et al.*, 2002; Parra *et al.*, 2009), permitiendo sustituir o complementar con los pesticidas químicos (Sepúlveda, 2019).

El HEP *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430 es uno de los microorganismos investigados por INIA desde 1996 (France *et al.*, 2000), época en que se inició la producción de arándano en Chile, con un relevante crecimiento de la industria que se vio afectada, junto con la producción de frambuesas, por la plaga nativa *Aegorhinus superciliosus*. Su amplia distribución desde la región del Maule a Los Lagos (Cisternas *et al.*, 2000), la poca efectividad y especificidad del control químico, debido a su hábito de crecimiento, la colecta manual de adultos sin resultados importantes, y la presión de agricultores por la pérdidas de plantaciones y de cosecha, hizo de la búsqueda de nuevas alternativas de control un objetivo estratégico que debía ser cubierto por la I+D+i. En este contexto, los investigadores de INIA deciden explorar, con la colaboración de productores de Osorno, el control biológico de la plaga a través de los HEP *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430.

Los HEP infectan al insecto a través de su boca, espiráculos, ano o integumento, que por acción enzimática disminuyen su cutícula, provocando que en su interior se produzcan una serie de toxinas que afectan su movilidad, impiden su alimentación y reproducción, causando finalmente su muerte (Devotto *et al.*, 2000; Parra, 2009; Sepúlveda, 2019).

La obtención de hongos para el control de diferentes plagas que afectan a la agricultura nacional, requirió de la ejecución de proyectos de I+D+i que permitieran identificar, conocer y estudiar minuciosamente a estos microorganismos (Gerding *et al.*, 2002). La investigación se desarrolló a través de seis proyectos ejecutados por INIA, financiados con recursos propios o por medio de la postulación a fuentes de financiamiento externas como la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) e INNOVA-CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Proyectos ejecutados por INIA orientados al estudio de Hongos Entomopatógenos (HEP) para control de plagas y enfermedades de importancia económica en arándano y frambuesa.

N°	Título	Fuente	Inicio	Término
1	Desarrollo de hongos entomopatógenos a nivel experimental para control químico limitado	INIA	2003	2019
2	<i>Conserving and using entomopathogenic fungi and nematodes within Chile</i>	Contrato internacional	2006	2009
3	Desarrollo de nuevos programas de manejo fitosanitario para frutales de exportación, tendientes a reducir el uso de pesticidas	INIA	2010	2013
4	Formulaciones comerciales de entomopatógenos para el control del cabrito <i>Aegorhinus nodipennis</i> en huertos de arándano comercial	INNOVA CORFO	2012	2016
5	Control de plagas en berries mediante técnicas avanzadas de formulación, por medio de microencapsulación de hongos entomopatógenos	FIA	2017	2019
6	Registro de bioplaguicida en base a hongos entomopatógenos	INIA	2019	2020

Resultados de la evaluación

INSUMOS

El primer eslabón de la cadena de resultados determinó una inversión de más de 587 millones de pesos en la obtención de hongos entomopatógenos para control de cabrito de la frambuesa. Un 82 % de ellos fueron cubiertos por INIA (Cuadro 5).

Cuadro 5. Costos de los proyectos relacionados con control de cabrito de la frambuesa con hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430 (\$ a octubre 2021).

Año	FIA	INNOVA CORFO	Contratos privados Internacionales	INIA	Total general
2003				\$3.500.248	\$3.500.248
2004				\$12.885.416	\$12.885.416
2005				\$25.155.878	\$25.155.878
2006			\$10.013.863	\$33.417.175	\$43.431.039
2007			\$22.715.795	\$32.241.834	\$54.957.629
2008			\$10.139.777	\$28.076.940	\$38.216.717
2009			\$3.296.500	\$12.992.641	\$16.289.140
2010				\$15.178.141	\$15.178.141
2011				\$26.363.175	\$26.363.175
2012		\$785.525		\$36.204.281	\$36.989.806
2013		\$12.263.879		\$34.170.525	\$46.434.404
2014		\$15.208.986		\$34.209.425	\$49.418.411
2015		\$10.363.087		\$37.541.126	\$47.904.213
2016		\$8.521.523		\$38.488.331	\$47.009.854
2017	\$1.466.715			\$39.561.656	\$41.028.371
2018	\$8.011.465			\$34.777.222	\$42.788.687
2019	\$2.991.903			\$37.253.189	\$40.245.092
Total general	\$12.470.083	\$47.143.000	\$46.165.935	\$482.017.203	\$587.796.221

Junto con lo anterior, la ejecución de diferentes actividades de difusión y extensión relacionadas con los hongos entomopatógenos, requirieron de la participación de investigadores de INIA especialistas en control biológico, en entomología, en fitopatología, en ecología, extensión, entre otras, conformando un equipo de trabajo de más de 20 profesionales de la institución.

ACTIVIDADES

Los recursos humanos y financieros (insumos), permitieron la realización de 41 actividades de difusión: 19 charlas en cursos y seminarios, 19 charlas técnicas, una charla en GTT y dos exposiciones en día de campo y feria (Cuadro 6). Los tópicos tratados incluyeron control biológico, profundizando en la utilización de HEP para el control de plagas (Cuadro 7).

Cuadro 6. Actividades de difusión relacionadas con control biológico (2007-2020).

Tipo de actividad	Total
Charla en curso y seminario	19
Charla técnica y conferencia	19
Charla en GTT	1
Exposición en día de campo y feria	2
Total	41

Cuadro 7. Tópicos tratados en las actividades de difusión (2007-2020).

Tópicos	Total
Control biológico	11
Hongos entomopatógenos	26
El potencial de los bioinsumos desarrollados en Chile	1
Microorganismos benéficos	2
Hongos y nemátodos nativos de Chile	1
Total general	41

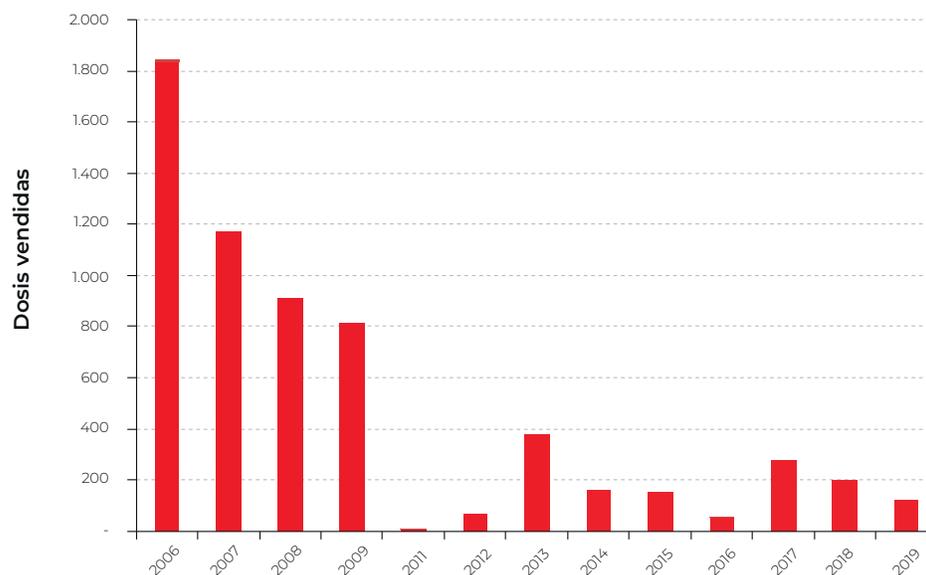
Adicionalmente, se realizaron 12 presentaciones en congresos y simposios y un póster donde investigadores de INIA expusieron sobre control biológico y los avances de la I+D+i de INIA respecto de recolección, conservación, caracterización y usos de HEP en el control de plagas.

Cabe señalar la difusión realizada sobre aplicaciones de hongos entomopatógenos para control de cabrito de la frambuesa a agricultores de la región del Maule, asesorados por un técnico de INDAP del Programa de Desarrollo Territorial Indígena (PDTI) afectados por la plaga (75 a 81 productores de 116 atendidos).

PRODUCTOS

Los proyectos de I+D+i ejecutados por INIA permitieron identificar al hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430 como un controlador biológico eficiente para la plaga denominada “cabrito de la frambuesa” (*Aegorhinus superciliosus*) que afectaba a los berries de la zona centro sur y sur del país, constatando su especificidad, efectividad e inocuidad con el medio ambiente. Hasta 2019 se vendieron más de 6 mil dosis del hongo (Figura 3). La disminución en las ventas se debe a la entrada de nuevos competidores que atomizaron la compra del producto.

Figura 3. Dosis de HEP *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430 vendidas por INIA para control de *Aegorhinus superciliosus*.



Publicaciones

Se publicaron en total siete artículos sobre control biológico, abarcando temáticas tales como uso de enfermedades en insectos para control de plagas, patogenicidad y caracterización de hongos entomopatógenos, identificación de plagas en el cultivo de arándano (*Aerogorhinus nopennis* y *Aerogorhinus superciliosus*) y el efecto de diferentes fungicidas utilizados para control de enfermedades en frutales menores sobre distintas cepas de hongos entomopatógenos, entre ellas la cepa Qu-M430 (Cuadro 8). Los títulos de estas publicaciones se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 8. Publicaciones referentes a control biológico y uso de hongos entomopatógenos (2000-2019).

Categoría	Total
Artículo científico Agricultura Técnica	3
Artículo divulgativo en revista externa	1
Artículo divulgativo en Tierra Adentro	1
Capítulo en libro INIA	1
Informativo INIA	1
Total	7

Cuadro 9. Títulos de las publicaciones referentes a control biológico y al uso de hongos entomopatógenos para el control de plagas.

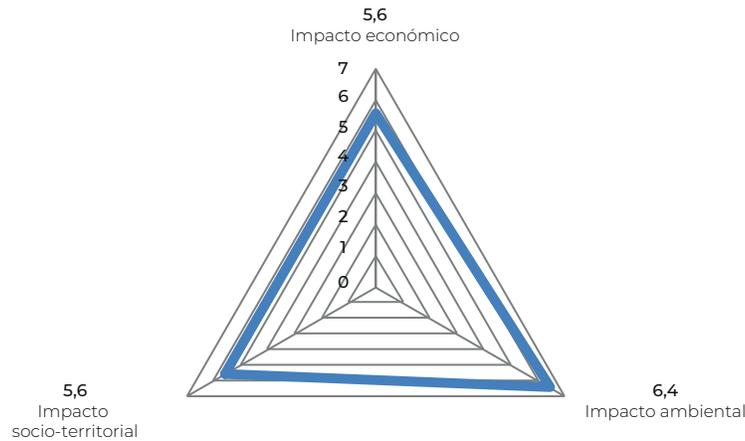
Título	Año
Patogenicidad de una colección de cepas nativas de <i>Metarhizium</i> spp y <i>Beauveria</i> spp. en <i>Aerogorhinus superciliosus</i> , <i>Asynonychus cervinus</i> y <i>Otiorhynchus sulcatus</i>	2000
Uso de enfermedades de insectos para el control de plagas	2008
<i>Effects of fungicides on the development of the entomopathogenic fungus Metarhizium anisopliae var. Anisopliae</i>	2010
Hongos entomopatógenos, una herramienta para el control de plagas	2012
Cabritos asociados al arándano	2015
<i>Molecular, morphological and pathogenic characterization of six strains of Metarhizium spp (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of Aerogorhinus superciliosus (Coleoptera: Curculionidae)</i>	2015
<i>Crossing frontiers: endophytic entomopathogenic fungi for biological control of plant diseases</i>	2019

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Asesores técnicos e investigadores de INIA

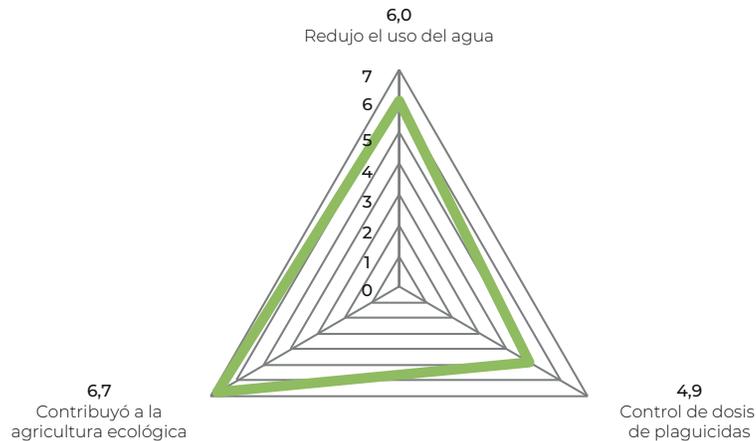
La contribución de los diferentes proyectos de I+D+i ejecutados por INIA en berries y los hongos entomopatógenos que permitieron controlar el cabrito de la frambuesa (*Aegorhinus superciliosus*) fueron valorados con un impacto positivo alto en términos ambientales. El promedio fue 6,4. Los impactos socio-territorial y económico fueron valorados con un impacto positivo medio (Figura 4).

Figura 4. Impacto económico, socio-territorial y ambiental de la I+D+i de INIA.



En los subindicadores ambientales, la puntuación casi perfecta (6,7) fue para la contribución de INIA a la agricultura ecológica valorada con una alta importancia, seguida de la reducción en el uso del agua (Figura 5). En el caso del control de la dosis de pesticidas, los asesores técnicos la valoraron con una importancia media baja, mientras que los investigadores de INIA con una alta importancia.

Figura 5. Subindicadores de impacto ambiental.



En el ámbito socio-territorial todos los encuestados destacaron el aumento en el ingreso de las familias como el más relevante (Figura 6), siendo los investigadores de INIA los que más lo valoran en términos relativos (Figura 7).

Figura 6. Subindicadores de impacto socio-territorial.

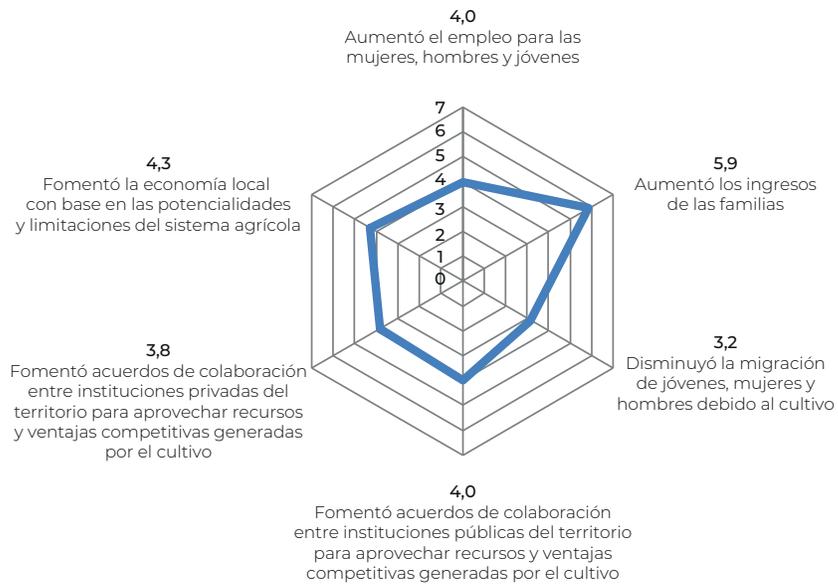
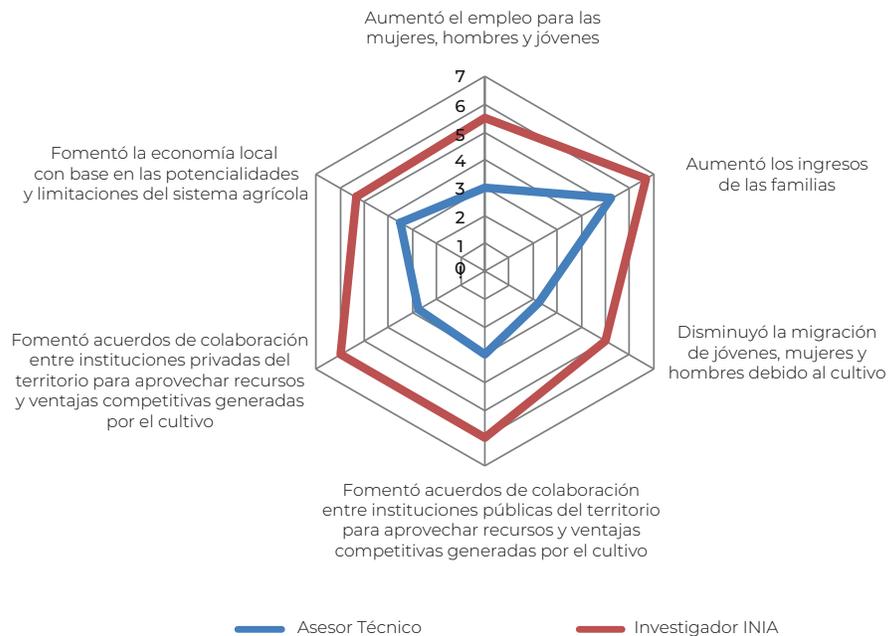


Figura 7. Valoración de subindicadores de impacto ambiental.



En los subindicadores de impacto económico se destaca con una importancia alta el incremento en el rendimiento, seguido de la disminución de los costos de producción y la generación de nuevas oportunidades de negocio (Figura 8), debido a que evita residuo en la fruta.

Cabe destacar que el indicador de impacto económico y sus subindicadores fueron los que alcanzaron mayor consenso entre los encuestados (Figura 9).

Figura 8. Factores de impacto económico por proyectos de I+D+i de INIA para cultivo de berries y por la entrega de HEP para control de cabrito de la frambuesa.

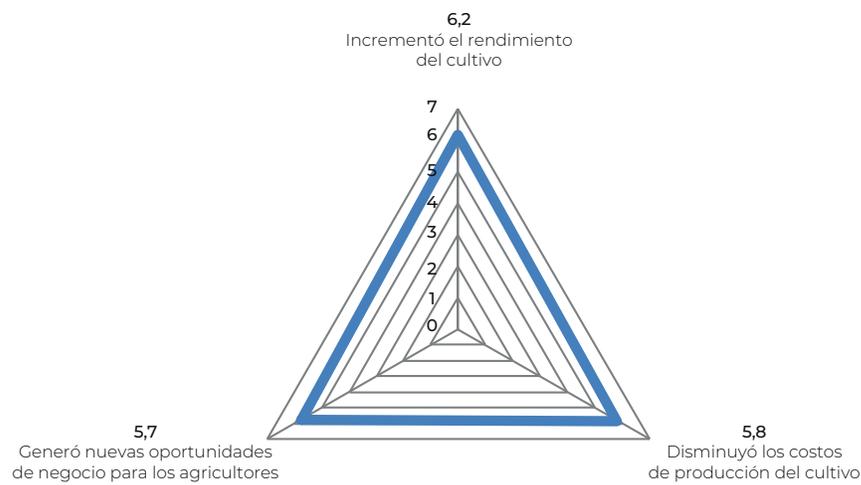
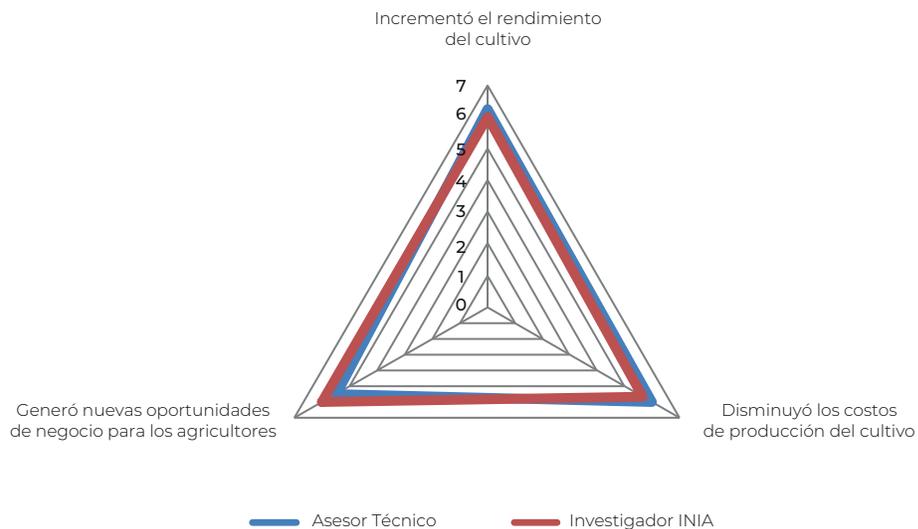


Figura 9. Importancia de los subindicadores de impacto económico.



Otros efectos positivos destacados del INIA fueron la generación de información, la cercanía, vínculo y comunicación con la Agricultura Familiar, mencionando como ejemplo las capacitaciones, el nodo de berries y los GTT de frambueseros. La institución genera confianza: “es nombrada por los agricultores”, “siempre cuando van, aprenden algo nuevo” y “les gustan las actividades”.

Los asesores técnicos mencionaron conocer el trabajo desarrollado por INIA, a través de actividades de difusión realizadas en la institución como charlas y días de campo, por la página web y por la realización de la práctica profesional que permitió mantener el contacto. También por la participación en la creación del Centro Tecnológico de Control Biológico.

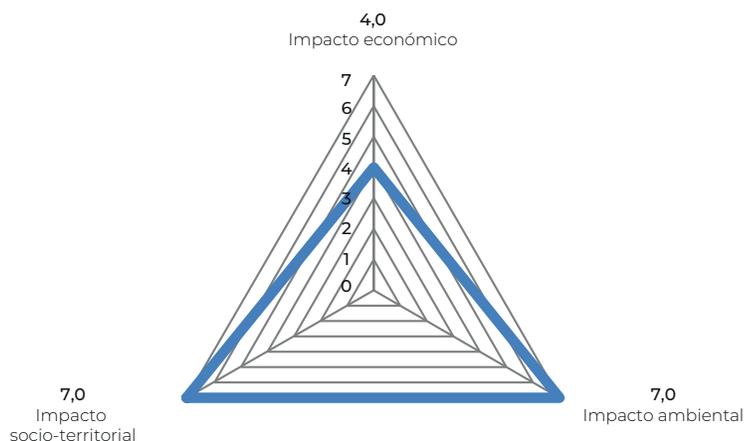
Impacto económico, ambiental y socio-territorial según agricultores (mediano y gran productor)

El mediano productor tiene 40 años de edad, con estudios técnicos completos y 12 años de experiencia en el cultivo de berries. Su principal ocupación es la agricultura, que desarrolla en la región de Ñuble.

El agricultor grande tiene 51 años de edad, con estudios técnicos completos y 30 años de experiencia en el cultivo de berries. Su principal ocupación es la agricultura, que desarrolla en la región de Los Lagos.

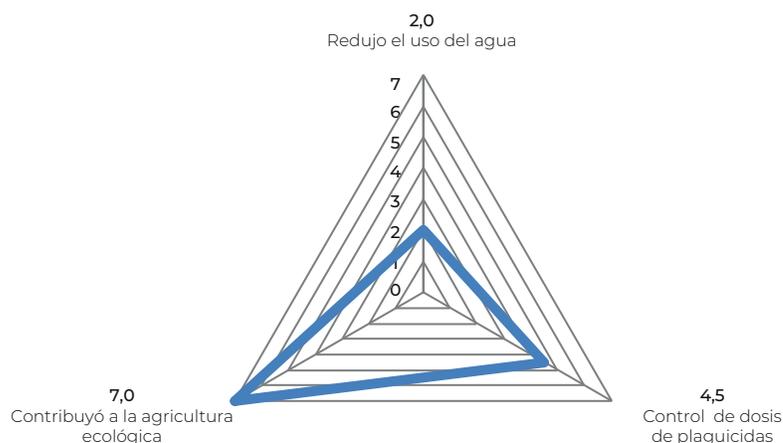
El uso de HEP INIA fue valorado con un impacto positivo alto (7) en términos ambientales y socio-territorial, por los agricultores encuestados (Figura 10).

Figura 10. Impacto económico, socio-territorial y ambiental de la I+D+i de INIA.



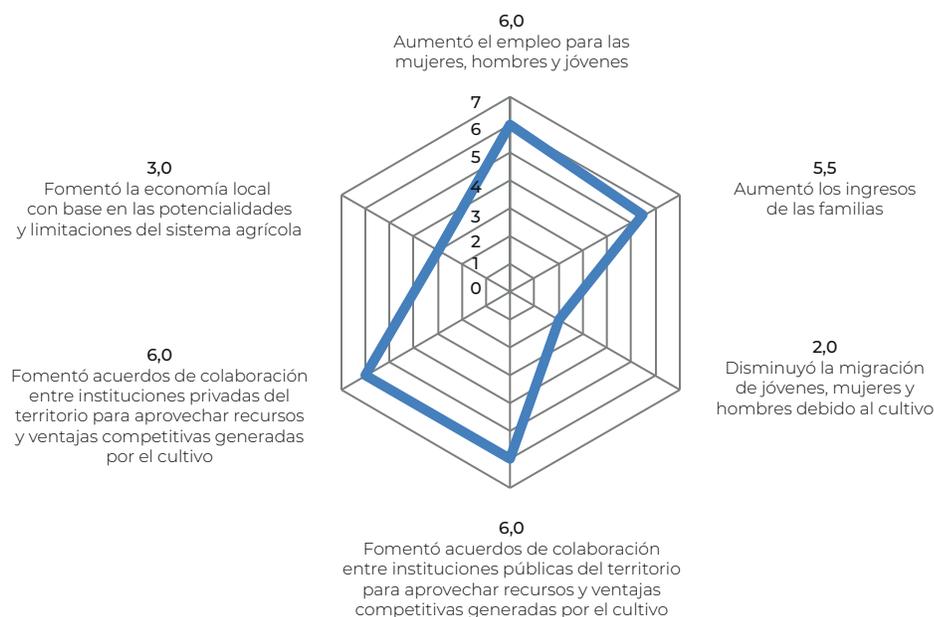
En impacto ambiental, el subindicador más relevante en términos relativos fue la contribución de INIA a la agricultura ecológica, seguido del control de dosis de pesticidas con una importancia media (Figura 11).

Figura 11. Subindicadores de impacto ambiental.



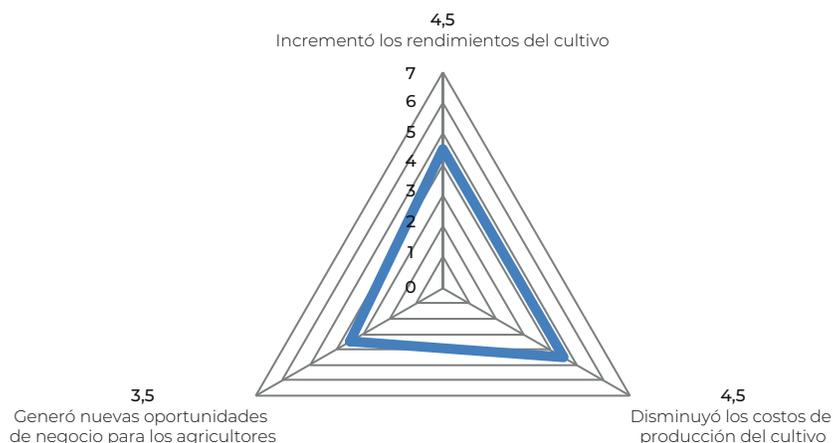
En el caso de subindicadores socio-territoriales, ambos productores valoraron el aumento en el ingreso de las familias con una importancia media alta (Figura 12). Los demás indicadores fueron catalogados como “no aplica” por el 50 % de ellos.

Figura 12. Subindicadores de impacto socio-territorial.



Todos los subindicadores económicos fueron valorados con una importancia media a media baja por el mediano y gran agricultor (Figura 13).

Figura 13. Subindicadores de impacto económico.



Estimación de pérdidas por ataque de cabrito de la frambuesa e impacto ambiental (EIQ) de la estrategia de control químico

Ambos productores de arándano sufrieron un 30 % de pérdidas en su producción por ataque de cabrito de la frambuesa, valuadas en \$6,1 millones promedio (Cuadro 10). En el caso de las plantas, las pérdidas fueron de 650 plantas ha⁻¹, en promedio, que se traducen en \$1,4 millones de pérdidas (Cuadro 11). Cabe señalar, que el ataque de cabrito de la frambuesa es “invisible”, debido a que ocurre bajo el suelo y en galerías construidas por las larvas, por tanto, no se tiene percepción del daño inmediato hasta que el ataque es irreversible y severo¹.

Cuadro 10. Pérdidas de producción a cosecha por ataque de cabrito de la frambuesa y su valorización económica.

Mediano / gran agricultor	Producción sin ataque (kg/ha)	Porcentaje pérdida de producción (%)	Precio (\$/kg)	Valor de las pérdidas en producción (\$/ha)
Promedio	11.000	30 %	\$1.850	\$6.105.000

Fuente: Precio de venta ODEPA (2021).

¹ (Morales, 2021, comunicación personal).

Cuadro 11. Pérdidas en plantas por ataque de cabrito de la frambuesa y su valorización económica.

Mediano / gran agricultor	Pérdidas de plantas (plantas/ha)	Precio planta (\$/planta)	Valor de las pérdidas (\$/ha)
Promedio	650	\$2.150	\$1.397.500

Fuente: precio de la planta de arándano asesor técnico.

Para el control de cabrito de la frambuesa se utilizan insecticidas Clorpirifós, Fosmet y Cadusafós, realizando aplicaciones durante invierno o primavera-verano, incluyendo otras formas de control como trampas, mallas y colecta manual. La colecta manual es una práctica que se realiza de manera periódica en adultos (insectos), cuando la presión de la plaga es baja (Parra, 2009), por tanto, no en el ciclo de mayor severidad de daño (larva).

El EIQ (ia) fue superior a 20 e inferior a 40 en ambos productos, por tanto, su nivel de impacto en los trabajadores agrícolas, los consumidores y el riesgo ecológico es medio y con un grado de toxicidad poco peligroso (Cuadro 12).

Cuadro 12. Nivel de impacto de los pesticidas aplicados según ingrediente activo.

Ingrediente activo	EIQ (ia)	Nivel de Impacto	Clasificación OMS (grado de toxicidad)	Color etiqueta
Clorpirifós	26,85 ^a	Medio	III: Poco peligroso	Azul
Fosmet	32,82 ^a	Medio	III: Poco peligroso	Azul

a: Nivel de impacto: (i) bajo ($0 \leq \text{EIQ} \leq 20$), (ii) medio ($21 \leq \text{EIQ} \leq 40$) y (iii) alto ($\text{EIQ} \geq 41$) (Agboyi *et al.*, 2015).

El impacto ambiental (EIQ de campo²) de cada estrategia de aplicación, determinó que Fosmet es el de mayor riesgo ambiental, debido a la alta valoración del ingrediente activo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Estimación EIQ de campo según estrategia de control de cabrito de la frambuesa.

Ingrediente activo	Concentración	EIQ (ia)	Nº aplicaciones	Dosis	EIQ campo
Clorpirifós	75 %	26,9	4	2 (l/ha)	161
Fosmet	70 %	32,8	4	2 (kg/ha)	184

² Pesticida Rugby sin información EIQ del ingrediente activo en (Kovach *et al.* 1992). Actualización junio 2021.

Adopción de hongos entomopatógenos INIA para control de cabrito de la frambuesa

El uso de HEP para control de cabrito de la frambuesa comenzó entre 2000 y 2009, efectuando aplicaciones por un promedio de 10 años, en una superficie de 19 hectáreas (Cuadro 14) y con un costo promedio de \$50.000.

Cuadro 14. Año en que comenzó a utilizar HEP para control de cabrito de la frambuesa, superficie aplicación (ha) y costos HEP por superficie (\$/ha).

Tipo de productor (mediano y gran agricultor)	Año comenzó a usar	Años de aplicación	Superficie de aplicación (ha)	Costos HEP (\$/ha)
Agricultor 1	2009	12	13	\$40.000
Agricultor 2	2000	8	25	\$60.000
Promedio		10	19	\$50.000

Ante la pregunta *¿su rendimiento aumentó al cambiar de pesticidas químicos a HEP de INIA?* mencionaron no percibir un incremento. La explicación entregada por uno de los productores, y coincidente con extensionista INIA³, fue que las aplicaciones del hongo son una mejora a largo plazo, que requiere constancia, disminuyendo la presión de la plaga. Es un cambio cultural de la producción agrícola –por ejemplo, no aplicar fungicidas para no matar al hongo, aplicar bioestimulantes y nitrógeno, establecer corredores biológicos-, porque el uso de controladores biológicos requiere que se cumplan ciertas temporadas, ciertos ciclos de intervención, la realización de monitoreos frecuentes que permitan identificar al insecto y a la larva, siguiendo las instrucciones y la propuesta de manejo integral que incluye la recuperación de la planta, el manejo del riego, del follaje y la poda, entre otros (Morales, 2021, comunicación personal).

La disminución del daño la perciben en plantas no infestadas (preventivo) o en un 20 % menos de ataque, que se traduce en \$279.500/ha, en promedio (Cuadro 15). Los cambios se observan recién al tercer año, con una disminución de 30 % a 40 % de la presión de la plaga.

Cuadro 15. Valorización de las plantas recuperadas por aplicación de HEP para control de cabrito de la frambuesa.

Pérdidas de plantas (plantas/ha)	Precio planta (\$/pl)	Porcentaje de disminución de las pérdidas (%)	Ganancias por disminución de pérdidas de plantas
650	\$2.150	20 %	\$279.500

³ (Morales, 2021, comunicación personal).

En relación con la continuidad de uso de HEP de INIA para control de cabrito de la frambuesa, solo uno de los encuestados dejó de utilizarlos.

Estimación de pérdidas por ataque de cabrito de la frambuesa e impacto ambiental (EIQ) de la estrategia de control químico - Agricultura Familiar

Los asesores técnicos de la Agricultura Familiar señalaron pérdidas de entre 10 a 40 % de la producción por ataque de cabrito de la frambuesa, valuadas entre \$1.035.600/ha y \$4.142.400/ha (Cuadro 16a). En el caso de las plantas, las pérdidas fueron de entre \$3.240 y \$182.304 (Cuadro 16a, 16b y 16c).

Cuadro 16a. Valorización de las pérdidas en producción por ataque de cabrito de la frambuesa y su valorización económica (2016-2020).

Tipo de productor	Producción sin ataque (kg/ha)	Porcentaje de pérdida producción (%)	Precio (\$kg)	Valor pérdidas en producción (\$/ha)
Agricultura Familiar	10.356	10 %	\$1.000	\$1.035.600
Agricultura Familiar	10.356	25 %	\$1.000	\$2.589.000
Agricultura Familiar	10.356	40 %	\$1.000	\$4.142.400
Promedio	10.356	21 %	\$1.000	\$2.200.650

Fuente: Precio de venta temporada 20/21, INDAP.

Cuadro 16b. Valorización de las pérdidas de plantas por ataque de cabrito de la frambuesa y su valorización económica (2016-2020).

N° promedio de plantas atacadas por cabrito de la frambuesa	Precio por planta de frambuesa (\$ sin IVA)	Valor pérdidas (plantas/ha)
15	216	\$3.240

Fuente: Precio de la planta de frambuesa asesor técnico.

Cuadro 16c. Pérdidas promedio en plantas por ataque de cabrito de la frambuesa y su valorización económica (2016-2020).

N° promedio de plantas atacadas por cabrito de la frambuesa	Precio por planta de frambuesa (\$ sin IVA)	Valor pérdidas (plantas/ha)
844	216	\$182.304

Fuente: Precio de venta de la planta de frambuesa, asesor técnico.

Para el control de cabrito de la frambuesa, se utilizan distintos agroquímicos tales como Clorpirifós, Carbarilo, Fosmet, Bifentrina y Lambdacihalotrina. La gran mayoría se encuentra en un nivel de impacto medio. En el caso de Bifentrina y Lambdacihalotrina poseen un nivel de impacto alto (EIQ superior a 41) (Cuadro 17).

Cuadro 17. Nivel de impacto de los pesticidas aplicados según ingrediente activo.

Ingrediente activo ^a	EIQ(ia)	Nivel de impacto	Clasificación OMS (grado de toxicidad)	Color etiqueta
Clorpirifós	26,85	Medio	III: Poco peligroso	Azul
Carbarilo	22,73	Medio	II: Moderadamente peligroso	Amarillo
Bifentrina	44,35	Alto	II: Moderadamente peligroso	Amarillo
Lambdacihalotrina	44,14	Alto	III: Poco peligroso	Azul
Fosmet	32,82	Medio	II: Moderadamente peligroso	Amarillo

a: Nivel de impacto: (i) bajo ($0 \leq \text{EIQ} \leq 20$), (ii) medio ($21 \leq \text{EIQ} \leq 40$) y (iii) alto ($\text{EIQ} \geq 41$) (Agboyi *et al.*, 2015).

El impacto ambiental (EIQ de campo) de las diferentes estrategias se muestra en el cuadro siguiente. El mayor de ellos lo presenta Clorpirifós, debido a la alta concentración de su ingrediente activo (75 %), seguido por Carbarilo (Cuadros 18a y 18b).

Cuadro 18a. Estimación de impacto ambiental (EIQ) por aplicaciones de agroquímicos para control de cabrito de la frambuesa en berries-frambuesas.

Ingrediente activo	Concentración	EIQ(ia)	Nº Aplicaciones	Dosis (l/ha)	EIQ total
Clorpirifós	75 %	26,9	3	1,2	72,5
Carbarilo	48 %	22,7	3	1,2	39,3
Bifentrina	10 %	44,4	3	0,2	2,7
Lambdacihalotrina	5 %	44,2	3	0,25	1,7

Cuadro 18b. Estimación de impacto ambiental (EIQ) por aplicaciones de agroquímicos para control de cabrito de la frambuesa en berries-frambuesas.

Ingrediente activo	Concentración	EIQ(ia)	Nº Aplicaciones	Dosis (kg/ha)	EIQ total
Fosmet	70 %	32,8	3	0,2	14

El cambio significó una nueva forma de enfrentar la plaga, dejando de usar los pesticidas químicos, reduciendo, por tanto, el impacto ambiental de estos. Las ventajas de la nueva estrategia, según los asesores técnicos entrevistados, fueron la efectividad y especificidad del HEP “disminuyendo el ataque considerablemente”, luego de “2 a 3 veces notaron la diferencia”, “dejando de lado el insecticida”, siendo un producto “seguro para productores que no usan Equipos de Protección Personal” y para el medioambiente. Además, dentro de los efectos positivos de su adopción mencionaron “la mejor recepción en el mercado, son productos más sanos y de fácil comercialización”, “beneficiando a los agricultores que se levantaban en la noche a sacar al cabrito de sus predios”.

CADENA DE RESULTADOS

La cadena de resultados muestra cada uno de los insumos, actividades y productos generados por INIA para difundir los resultados de la I+D+i, que permitió la obtención del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430, para el control de cabrito de la frambuesa y los impactos de su adopción (Figura 14).

Figura 14. Cadena de resultados hongos entomopatógenos.

Insumos (INPUTS)	Actividades	Productos	Mediano Plazo	Impacto (largo plazo)
<p>Investigadores de INIA especialistas en:</p> <p>(1) Control biológico (plagas y enfermedades)</p> <p>(2) Entomología</p> <p>(3) Fitopatología</p> <p>(4) Ecología</p> <p>(5) Riego y sanidad</p> <p>(6) Maquinaria agrícola / labranza de suelos</p> <p>(7) Extensión</p> <p>Fuentes de financiamiento de proyectos:</p> <p>(1) FIA</p> <p>(2) INNOVA - CORFO</p> <p>(3) Contratos privados internacionales</p> <p>(4) INIA</p> <p>\$587.769.221</p>	<p>41 actividades de difusión:</p> <p>19 Charlas en cursos y seminarios</p> <p>19 Charlas técnicas</p> <p>3 exposiciones en GTT, día de campo y feria</p> <p>Tópicos tratados:</p> <p>- Control biológico con profundización en hongos entomopatógenos para diferentes plagas</p> <p>12 presentaciones en congresos y simposios</p> <p>1 Póster sobre control biológico</p>	<p>7 artículos referentes a:</p> <p>Control biológico, identificación de plagas en el cultivo de arándano y efectos de fungicidas utilizados para control de enfermedades en frutales menores sobre distintas cepas de hongos entomopatógenos</p> <p>6.164 dosis vendidas</p>	<p>- Disminución pérdida de plantas (20 %) por ataque de cabrito de la frambuesa</p> <p>- Adopción de 20 agricultores en la región de Los Ríos y 78 en la comuna de Colbún</p> <p>- Disminución de aplicaciones de plaguicidas</p>	<p>Impacto Ambiental</p> <p>Altamente positivo</p> <p>Contribuyó a la agricultura ecológica</p> <p>Impacto socio-territorial</p> <p>Aumentó ingreso de las familias</p> <p>Productos más inocuos</p> <p>Efectividad y especificidad en el control de plaga</p>

Conclusiones

- La aplicación de hongos entomopatógenos, *Metarhizium anisopliae* cepa Qu-M430, es una alternativa que permite disminuir el impacto ambiental de la aplicación de pesticidas. Se estimó que el cambio de estrategia (aplicación de pesticidas versus aplicación de HEP) generaría una disminución del impacto ambiental (EIQ) de entre 1,7 y 72,5 en la Agricultura Familiar y de entre 161 a 184 en mediano y gran agricultor.
- El trabajo realizado por INIA y la difusión de HEP para el control de cabrito de la frambuesa fueron valorados con un impacto altamente positivo en términos ambientales, siendo importante la contribución de INIA a la agricultura agroecológica.
- El impacto socio-territorial fue el segundo mejor valorado, con impacto positivo medio entre asesores e investigadores de INIA, y con un impacto positivo alto entre los productores (medianos y grandes), destacando la contribución del INIA en el aumento del ingreso de las familias. En tanto, la valoración de impacto económico fue medio por parte de los asesores técnicos del territorio.
- Los productores valoran a los HEP como parte de una estrategia de control preventiva, debido a que reduce el ataque en plantas no infestadas. Los beneficios de su adopción se observan a partir del tercer año de aplicación.
- El uso de HEP como estrategia para control del cabrito de la frambuesa redujo la presión de los pesticidas en el ambiente y, con ello, el impacto generado en trabajadores, consumidores y el ecosistema.
- La aplicación de HEP es efectiva en el control de la plaga del cabrito de la frambuesa, debido a que actúa en el estado más difícil de dominar (larva), sin embargo, requiere constancia y una visión de largo plazo, debiendo implementarse como un cambio cultural de la producción agrícola, que cumpla con las condiciones y los ciclos naturales del control biológico y motivando una perspectiva integral de producción, que permita su óptimo desarrollo y resultado. Para ello, se requiere de apoyo permanente de los servicios de Extensión de INIA, que acompañen a los agricultores en este desafío.

Referencias

- Agboyi, L., Djade, K., Ahadji-Dabla, K., Ketoh, G., Nuto, Y., & Glitho, I. 2015. Vegetable production in Togo and potential impact of pesticide use practices on the environment. Recuperado de: <http://ajol.info/index.php/ijbcs>. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9 (2), 723-736.
- ACHS (s.f). Trabajadores y pesticidas seguros. Obtenido de Asociación Chilena de Seguridad: www.achs.cl.
- Agencia Agraria de Noticias. 2016. Países exportadores de frambuesa competirán por el mercado chino. Recuperado de: <https://agraria.pe/noticias/paises-exportadores-de-frambuesas-competiran-por-el-mercado-c-12756>
- Banco Interamericano de Desarrollo. 2011. Pautas para la elaboración de Estudios de Caso. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Pautas-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-estudios-de-caso.pdf>
- Cisternas, E., France, A., Devotto, L., & Gerding, M. 2000. Insectos, ácaros y enfermedades asociadas a la frambuesa. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°37. 126 p.
- Chams, N., Guesmi, B., & Gil, J. 2020. Beyond scientific contribution: Assessment of societal impact of research and innovation to build a sustainable agri-food sector. Environmental Management, 264.
- Devotto, L., Gerding, M., & France, A. 2000. Hongos entomopatógenos una alternativa para la obtención de biopesticidas. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/41319>
- FIA, 2004. Control biológico del cabrito de los frutales (*Aegorhinus superciliosus*) mediante la utilización de nematodo entomopatógenos nativos. Recuperado de: <https://www.opia.cl/601/w3-article-1698.html>
- FIA. 2011. Biocontrol del cabrito de los frutales con nematodo entomopatógenos. Series de experiencias de la innovación para el emprendimiento agrario. Recuperado de: https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75608_archivo_01.pdf

- France I., A., Gerding G., M., Gerding P., M., & Sandoval V., A. 2000. Patogenicidad de una colección de cepas nativas de *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. en *Aegorhinus superciliosus*, *Asynonychus cervinus* y *Otiorhynchus sulcatus*. Agricultura Técnica, 60 (3), 205-215.
- Gerding, M., France, A., Gerding, M., & Cisterna, E. 2002. Control de plagas con hongos entomopatógenos. Tierra Adentro, 43, 45-47.
- ODEPA-CIREN. 2019. Catastro Frutícola Ñuble. Recuperado de: https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/09/catastro_nuble.pdf
- Otzen, T. y Manterola, C. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International Journal of Morphology, 35(1), 227-232. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S071795022017000100037>
- Parra, L., Mutis, A., Aguilera, A., Rebolledo, R., & Quiroz, A. 2009. Estado del conocimiento sobre el cabrito del frambueso (CF), *Aegorhinus superciliosus* (GUÉRIN) (Coleoptera: Curculionidae). Idesia (Arica), 27 (1), 57-65.
- Parra, L. 2009. Factores biológicos y químicos asociados en la interacción entre *Aegorhinus siperciliosus* (Coleoptera: curculiionidae) y su hospedero *Vaccinium corymbosum* L. Tesis doctoral, Universidad de la Frontera, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración.
- Quintana, R., Palma, A., Rebolledo, R., & Aguilera, A. 2011. Effect of an infusion of canelo and bitter lupin on *Aegorhinus superciliosus* adults. Ciencia e investigación agraria, 38 (3), 397-403.
- Red Agrícola. 2019. La pérdida de competitividad de la frambuesa en Chile. Recuperado de: <https://www.redagricola.com/cl/la-perdida-de-competitividad-de-la-frambuesa-en-chile/>
- Rivera, F. 2010. Monografía: avellano europeo (*Corylus avellana* L.) como una alternativa productiva para el centro sur de Chile. Tesis de pregrado, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.
- SAG. 2000. Resolución N°2.195 Clasificación toxicológica de los pesticidas de uso agrícola el SAG, de 31 Agosto 2000.

- Sepúlveda, M. 2019. Control biológico de plagas con hongos entomopatógenos de BioINIA [en línea]. Chillán: Informativo INIA Quilamapu. no. 141. Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/4929>
- Serrano, C. (s.f). Impactos medio-ambientales del control biológico de plagas clásico. Revista de Información Técnica: Comunitat Valenciana Agraria. Recuperado de: <http://ivia.gva.es/documents/161862582/161863608/Impactos+medioambientales+del+control+biológico+de+plagas+clásico/a81d74cb-7640-4d00-b1be-9495adf8d630>

Anexos

ANEXO 1: DEFINICIÓN DE ESLABONES DE LA CADENA DE RESULTADOS

La definición de cada eslabón de la cadena se detalla a continuación (Getler *et al.*, 2011; Moore, 2008; DIPRES, 2009; CSIRO, 2015):

- **Insumos:** son todos aquellos recursos que contribuyen a la ejecución de actividades y a la generación de productos. Incluyen el presupuesto, y los recursos humanos y físicos que aportan al desarrollo del programa o proyecto. Busca responder a la pregunta ¿Qué estamos invirtiendo?, ¿Qué necesitamos para trabajar? Por ejemplo: equipo de trabajo -director de investigación, coordinador alterno, coordinador administrativo y coordinador de ejecución- o especialistas multidisciplinarios -en riego, fitopatología, entomología- y presupuesto asignado, entre otros.
- **Actividades:** se refiere a las acciones emprendidas para transformar los insumos en productos deseados. Responde a la pregunta ¿Qué hacemos?, cuantificando las actividades que se relacionan de manera directa con la solución a la necesidad o problema detectado al iniciar el programa. Por ejemplo: talleres, días de campo, reuniones, cursos, etc.
- **Productos:** bienes y servicios entregados a la población objetivo del programa o proyecto, con el propósito de lograr los resultados esperados. Responde a la pregunta ¿Qué se está produciendo o entregando? También puede recoger la percepción de la población objetivo en relación con la calidad de los productos entregados, por medio de encuestas de satisfacción. Por ejemplo: boletines, informativos, patentes, encuestas de satisfacción, entre otros.
- **Resultados de mediano plazo:** son los resultados intermedios; evalúan los cambios producidos en la población objetivo por la participación en actividades y por el uso de productos entregados por INIA, por medio de la ejecución del programa o proyecto que permitirá lograr el efecto o resultado esperado. Responden a la pregunta: ¿Qué deseamos lograr? Por ejemplo: adopción de tecnologías ofrecidas, incrementos en productividad, entre otros.
- **Resultados de largo plazo:** son los resultados finales o impactos derivados directamente del cumplimiento del propósito u objetivo final con que nace el programa o proyecto, implicando un cambio en las condiciones, características o necesidades detectadas en la población objetivo (beneficiarios) al inicio del programa. Responden a la pregunta: ¿Qué proponemos cambiar? Por ejemplo: disminución del impacto ambiental por eficiencia en el uso de agroquímicos y del recurso hídrico, impacto económico por medio de mejoras en el ingreso, entre otras.

ANEXO 2: Escala ordinal de impacto generado por la tecnología en ámbitos económico, ambiental, político y socio-territorial

Escala	Evaluación	Calificación
-7	-6 a -7	Impacto negativo alto
-5	-5 a -5,9	Impacto negativo medio
-3	-3 a -4,9	Impacto negativo medio bajo
-1	-1 a -2,9	Impacto negativo bajo
0	Sin impacto	Sin impacto
1	1 a 2,9	Impacto positivo bajo
3	3 a 4,9	Impacto positivo medio bajo
5	5 a 5,9	Impacto positivo medio
7	6 a 7	Impacto positivo alto

ANEXO 3: Calificaciones de relevancia del subindicador

Escala numeral (nota)	Calificación
0	Sin importancia
1-2,9	Baja importancia
3-3,9	Importancia media baja
4-4,9	Importancia media
5-5,9	Importancia media alta
6-7	Alta importancia

ANEXO 4: Entrevista semiestructurada

ENTREVISTAS A INVESTIGADORES E INSTITUCIONES

1. Número de productores asesorados; número de agricultores afectados por HEP (solo para asesores técnicos).
2. Historia de los HEP.
3. Actores que contribuyeron.
 - a. Instituciones públicas, privadas, fuentes de financiamiento, ONG, organizaciones de productores, etc.
4. Impacto generado: efectos positivos.
5. Rol de INIA.
6. Evaluación de INIA.
7. Problemas de adopción.

