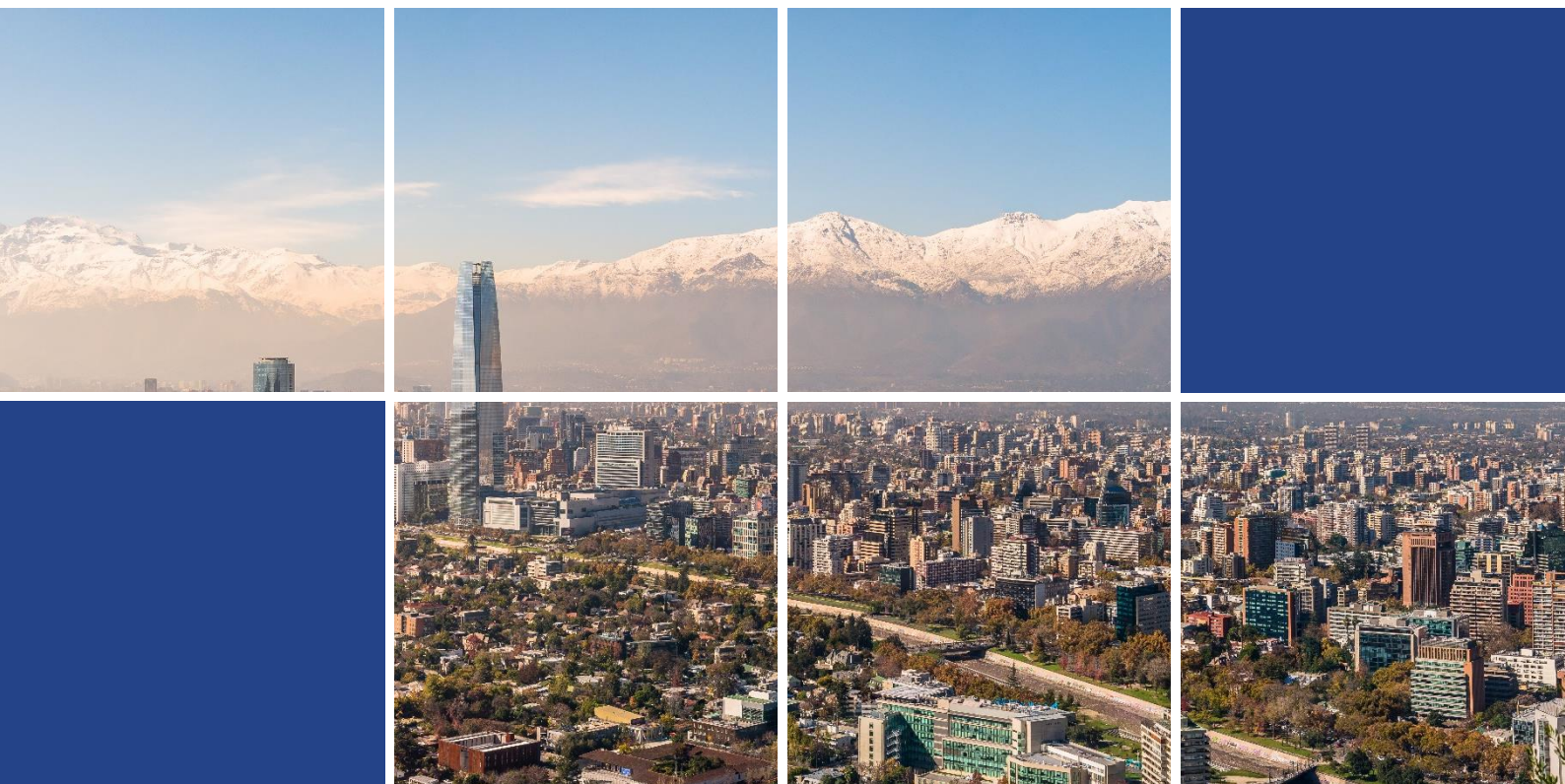


Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico (PAT) – Sector Gestión de Residuos



Elaborado para:

Consultoría:

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Ciente:

Red y Centro de Tecnología del Clima (CTCN)

CTCN, Ciudad de las Naciones Unidas, Marmorvej 51, 2100 Copenhague, Dinamarca

<https://www.ctc-n.org/>

Producido por:

DEUMAN

AV. Vitacura 2909, Las Condes, Santiago, Chile

+56 2 32247478

www.deuman.com

Anthesis Lavola

Rambla de Catalunya, 6, 08007 Barcelona, España.

+34 938 51 50 55

<https://www.anthesisgroup.com/es/>

Detalles de contacto:

Itala Ferrer

lferrer@deuman.com

Lugar y fecha de presentación:

Santiago, 5 de abril del 2023.

Índice de contenido

Índice de contenido.....	3
Índice de tablas.....	5
Índice de figuras.....	5
Siglas y acrónimos.....	7
Resumen Ejecutivo.....	8
Plan de Acción Tecnológica - Sector Gestión de Residuos.....	8
Alcance y ambición del plan.....	8
Acciones para el Plan de Acción Tecnológico Gestión de Residuos.....	9
Ideas de proyectos.....	11
1. Antecedentes.....	12
2. Análisis de barreras y marco habilitante BAEF.....	13
2.1 Barreras transversales.....	13
2.1.1. Económicas Financieras.....	13
2.1.2. Institucionales, políticas y regulatorias.....	14
2.1.3. Técnicas y de capacidad.....	15
2.1.4. Socio culturales, informativas y de concientización.....	15
2.1.5. Género.....	16
2.2. Vermicompostaje comunitario.....	19
2.2.1. Barreras para la tecnología de vermicompostaje comunitario.....	24
2.2.2. Recomendaciones para levantar las barreras identificadas de Vermicomposteras comunitarias.....	27
2.3. Digestión anaerobia para producir biogás y electricidad.....	27
2.3.1. Barreras para la tecnología de digestión anaerobia.....	32
2.3.2. Recomendaciones para levantar las barreras identificadas de las plantas de digestión anaerobia.....	35
2.4. Tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado negra (MSN).....	36
2.4.1. Barreras para la tecnología Tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra (MSN).....	39
2.4.2. Recomendaciones para levantar las barreras identificadas del Tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra (MSN).....	41
2.5. Condiciones habilitantes del sector.....	43
3. Plan de Acción Tecnológico (PAT) para el sector Gestión de Residuos.....	45
3.1. Descripción general del sector.....	45
3.2. Ambición del PAT.....	45
3.3. Acciones y actividades.....	46
3.3.1. Actividades transversales.....	46
3.3.2. Tecnología 1. Vermicompostaje comunitario.....	50
3.3.3. Tecnología 2. Digestión anaerobia.....	52
3.3.4. Tecnología 3. Tratamiento biológico mediante MSN.....	55
3.4. Mapeo de actores para la implementación del PAT.....	57
3.5. Estimación de recursos necesarios para acciones y actividades.....	59
3.5.1. Estimación de necesidades para el fortalecimiento de capacidades.....	59
3.5.2. Estimación de costos de acciones y actividades.....	60
3.6. Planificación de la gestión.....	85
3.6.1. Medidas de gestión para el riesgo.....	85
3.6.2. Próximos pasos.....	90

3.7. Implementación y reporte.....	90
4. Ideas de proyecto del sector	92
4.1. Idea de proyecto tecnología 1: Vermicompostaje comunitario	92
4.1.1. Objetivos.....	92
4.1.2. Actividades y cronograma del proyecto.....	92
4.1.3. Relación con las prioridades del país.....	94
4.1.4. Co-beneficios del proyecto.....	94
4.1.5. Presupuesto del proyecto.....	95
4.1.6. Medidas de gestión de riesgo	97
4.2. Idea de proyecto tecnología 2: Planta de digestión anaerobia	98
4.2.1. Objetivos.....	98
4.2.2. Actividades y cronograma del proyecto.....	98
4.2.3. Relación con las prioridades del país.....	100
4.2.4. Co-beneficios del proyecto.....	100
4.2.5. Presupuesto del proyecto.....	101
4.2.6. Medidas de gestión de riesgo	102
4.3. Idea de proyecto tecnología 3: Tratamiento biológico de residuos de salmonicultura con MSN 103	
4.3.1. Objetivos.....	104
4.3.2. Actividades y cronograma del proyecto.....	104
4.3.3. Relación con las prioridades del país.....	105
4.3.4. Co-beneficios del proyecto.....	105
4.3.5. Presupuesto del proyecto.....	106
4.3.6. Medidas de gestión de riesgo	107
Referencias bibliográficas	109
Anexos.....	116
Anexo 1. Metodología BAEF.....	116
Anexo 2. Esquema causa – efecto de las barreras y brechas existentes.....	119

Índice de tablas

Tabla 1. Condiciones ideales para el vermicompostaje	20
Tabla 2. Experiencias de valoración tratamiento de residuos	21
Tabla 3. Recomendaciones para las vermicomposteras comunitarias.....	27
Tabla 4. Recomendaciones para las plantas de digestión anaerobia.....	35
Tabla 5. Recopilación de experiencias de tratamiento biológico mediante MSN.....	37
Tabla 6. Recopilación de costos experiencias de tratamiento biológico mediante MSN.....	39
Tabla 7. Recomendaciones para el tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra	42
Tabla 8. Condiciones habilitantes del sector gestión de residuos	43
Tabla 9. Finalidad y alcance de la ambición del PAT para el sector gestión de residuos	46
Tabla 10. Actividades generales y específicas del sector residuos	48
Tabla 11. Actividades generales y específicas de la tecnología de vermicompostaje comunitario	51
Tabla 12. Actividades generales y específicas de la tecnología de digestión anaerobia	53
Tabla 13. Actividades generales y específicas de la tecnología de tratamiento biológico con MSN ...	56
Tabla 14. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades transversales.....	61
Tabla 15. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 1.....	70
Tabla 16. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 2.....	75
Tabla 17. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 3.....	80
Tabla 18. Tipos de riesgos identificados para el sector.....	85
Tabla 19. Análisis de riesgos del sector de recursos hídricos.....	87
Tabla 20. Análisis de riesgo de las tecnologías priorizadas del sector.....	89
Tabla 21. Identificación de las necesidades inmediatas y pasos críticos.....	90
Tabla 22. Actividades y cronograma.....	93
Tabla 23. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 1.....	96
Tabla 24. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 2	99
Tabla 25. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 2.....	101
Tabla 26. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 3	104
Tabla 27. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 3.....	106

Índice de figuras

Figura 1. Consideraciones para la tecnología de vermicompostaje comunales.....	20
Figura 2. Flujo de las actividades de vermicompostaje comunitario.....	23
Figura 3. Consideraciones para la tecnología de tratamiento biológico digestión anaeróbica	28
Figura 4. Distribución de equipos de una planta	30
Figura 5. Descripción general de las tecnologías con sus productos generados y uso final	32
Figura 6. Consideraciones para la tecnología de tratamiento biológico mediante MSN	37
Figura 7. Estructura básica de una planta de procesamiento de residuos orgánicos con MSN	38
Figura 8. Metodología del BAEF.....	116
Figura 9. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de tecnologías del sector residuos	119
Figura 10. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de vermicomposteras comunitarias.....	120
Figura 11. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de plantas de digestión anaerobia.....	121

Figura 12. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra 122

Siglas y acrónimos

APL	Acuerdos de Producción Limpia
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
DAE	Desempeño Ambiental Empresarial
ENRO	Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MSN	Mosca Soldado Negra
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONUFI	Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PMGD	Pequeños Medios de Generación Distribuida
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
SEREMI	Secretaría regional ministerial
SINADER	Sistema Nacional de Declaración de Residuos
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SUBDERE	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo
TLR	Nivel de maduración (Technology Readiness Level por sus siglas en inglés)

Resumen Ejecutivo

Plan de Acción Tecnológica - Sector Gestión de Residuos

La evaluación de necesidades tecnológicas (TNA) en Chile, se desarrolló en 3 etapas: (1) identificación y priorización de tecnologías, (2) identificación y análisis de barreras para su implementación y (3) elaboración de planes de acción tecnológicas (PAT). Asimismo, preliminarmente a la ejecución de estas etapas se conformó un ecosistema de actores, que se establecieron en base al análisis de partes interesadas clave, el establecimiento de un comité directivo TNA y la formación de grupos de trabajo para el sector residuos.

El PAT es un plan detallado que describe las acciones y estrategias necesarias para promover la adopción de las tecnologías identificadas en las etapas anteriores. Para el **sector residuos** responde a al principal desafío que está relacionado con la economía circular aplicada a los residuos orgánicos municipales.

Alcance y ambición del plan

El Plan de Acción Tecnológico responde a la NDC Chile, la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO), la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP) y al Plan Sectorial de Mitigación del Cambio Climático sector residuos.

	Alcance	Ambición del Plan
Vermicompostaje comunitario	El vermicompostaje comunitario puede ser urbano o rural. Se destaca la producción de vermicompost para el uso de las familias participantes, áreas verdes comunales y el excedente se comercializaría, además.	<p>Aumentar el porcentaje de valorización de los residuos orgánicos municipales.</p> <p>Reducir el porcentaje de residuos sólidos orgánicos municipales que se destinan a los rellenos sanitarios.</p>
Digestión anaerobia para producir biogás y electricidad	Se propone este sistema mediante la instalación de una planta de tratamiento de mediana a gran escala, puede implementarse a nivel comunal o unirse varias comunas para el tratamiento de sus RSO. Dependiendo de la cantidad estimada de residuos a tratar es el diseño y tamaño de la planta.	<p>Aumentar el porcentaje de valorización de los residuos orgánicos municipales.</p> <p>Reducir el porcentaje de residuos sólidos orgánicos municipales y demás sectores productivos que se destinan a los rellenos sanitarios.</p>
Tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado negra (MSN)	Se propone la implementación de una planta de tratamiento de mediana a gran escala. Como subproductos esta tecnología produce un residuo post tratamiento y harina de larvas. El residuo post tratamiento sirve como enmienda para el suelo y podría usarse a nivel comunitario o comercializarse localmente o regionalmente dependiendo de la producción. La harina de larva se propone sea un insumo alimenticio para el sector ganadero y acuícola (salmonicultura).	<p>Aumentar el porcentaje de valorización de los residuos orgánicos municipales y sectores productivos como el agrícola, ganadero y salmonicultor.</p>

Acciones para el Plan de Acción Tecnológico Gestión de Residuos

TRANSVERSAL SECTORIAL

A1. Promulgar una nueva Ley nacional de gestión de residuos orgánicos y fortalecimiento de los mecanismos para su óptima implementación desde los gobiernos centrales en las diversas regiones y municipalidades.

A2.1. Fomentar la cooperación y coordinación entre las instituciones involucradas en la gestión de residuos, con el fin de consolidar una gobernanza de residuos orgánicos.

A2.2. Fortalecer los planes regionales y locales que definan metas específicas y estrategias para la valorización de residuos orgánicos.

A3. Fortalecer los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de la temática en diferentes planes y programas.

A4. Fortalecer las estrategias de educación ambiental mediante jornadas de concientización y sensibilización sobre la importancia de la separación de residuos en hogares y la reducción del desperdicio de alimentos.

A5. Mejorar o potenciar los servicios de recolección de residuos en las condiciones laborales y la provisión de equipos personas, infraestructura y equipamientos

A6.1. Desarrollar un diagnóstico de género sobre la participación y roles de la mujer en las empresas de cadena de valor de la valorización de residuos orgánicos.

A6.2. Promover el desarrollo profesional de mujeres en organizaciones e instituciones hacia instancias de toma de decisión vinculadas a la valorización de residuos.

A7. Impulsar programas de fortalecimiento de capacidades productivas y comerciales respecto a la valorización de residuo.

MMA

GORE

Municipalidades

Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género

Seremis de Medio Ambiente

Vermicompostaje comunitario

A1. Fortalecer la difusión de fondos públicos y brindar acompañamiento a las municipalidades y gobiernos regionales.

A2. Fortalecer los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de los proyectos.

A3. Promover el involucramiento comunitario en todas las etapas del proyecto para asegurar la sostenibilidad y escalabilidad del proyecto.

A4. Promover la implementación de estándares de composición y etiquetado asegure calidad del vermicompost para la comercialización del excedente de producción

A4. Fortalecer el capital humano que permita la correcta implementación de las tecnologías de almacenamiento de corta y larga duración.

MMA

Seremis de Medio Ambiente

Gobierno Regional y local

ANID

CORFO

Planta de digestión anaerobia	<p>A1. Fortalecer el financiamiento de plantas de digestión anaeróbica que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales</p> <p>A2. Fortalecer la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos para la gestión de residuos.</p> <p>A3. Fortalecer la formación de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología</p> <p>A4. Fomentar las alianzas que favorezcan el diseño de plantas de digestión anaerobia para el tratamiento de RO de acuerdo a los desafíos y necesidades territoriales del lugar de implementación</p> <p>A.5. Fomentar la difusión y asistencia técnica del uso eficiente, resaltando sus ventajas que promuevan su adopción y comercialización en el sector silvoagropecuario y otros</p>	MMA
Tratamiento biológico mediante MSN	<p>A1.1. Fortalecer el financiamiento de plantas de tratamiento mediante MSN que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales.</p> <p>A1.2. Fortalecer las alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología.</p> <p>A2. Fomentar la realización de estudios de factibilidad que evalúen las condiciones técnicas y ambientales para determinar la viabilidad de la implementación de plantas de MSN en ubicaciones específicas.</p> <p>A.3. Promover la investigación científica enfocada en evaluar la calidad nutricional y seguridad alimentaria de las proteínas derivadas de las plantas de MSN que permita respaldar la creación de regulaciones basadas en evidencia.</p>	MMA ANID CORFO

Ideas de proyectos

Vermicompostaje comunitario

El piloto consiste en implementar el vermicompostaje comunitario con 200 familias en la comuna de Maipú y consta de 3 etapas: (1) acceso y pre-tratamiento, donde se recolectan los residuos orgánicos generados en los hogares de los participantes 1 o 2 veces por semana; (2) tratamiento y obtención del producto, donde se forman las pilas de compostaje junto con las vermicomposteras; y (3) producto final, donde después de cuatro semanas de tratamiento con lombrices se obtiene el humus producido.

Con este piloto se propone reducir la cantidad de residuos orgánicos enviados a rellenos sanitarios en un 100% de las familias participantes del proyecto con la producción de vermicompost comunitario para su uso local y promover el aumento de segregación de residuos en los hogares.

Planta de digestión anaerobia

El piloto propone la implementación de una planta de digestión anaeróbica en la isla de Chiloé para tratar residuos orgánicos tanto domiciliarios como industriales, con un enfoque especial en los desechos generados por la industria pesquera y agrícola local. La planta utilizará tecnología de digestión anaeróbica para convertir estos residuos en biogás y digestato. El biogás será utilizado principalmente para abastecer energéticamente sus procesos internos (el excedente se insertará a la red de distribución), y el digestato resultante será procesado como fertilizante, contribuyendo a la agricultura sostenible en la región. Implementando así un proyecto que fomente la cooperación público-privada y contribuya al desarrollo sostenible de la región.

Tratamiento biológico de residuos de salmicultura con MSN

El piloto propone la creación de una planta para el tratamiento biológico de residuos sólidos orgánicos mediante MSN de alcance comunal en la zona sur de Chile, específicamente en áreas como La Araucanía, Los Lagos, Aysén y Magallanes. El objetivo es transformar los desechos orgánicos de la salmicultura en un recurso que se inserte nuevamente en la cadena de valor del sector: la harina de insecto, que luego será utilizada como alimento en la misma industria, cerrando así el ciclo de producción de manera sostenible. Esta iniciativa busca fomentar la cooperación y sinergia entre los productores de salmón, contribuyendo así al fortalecimiento de la sostenibilidad del sector.

1. Antecedentes

A partir de un trabajo conjunto con los miembros del grupo de trabajo gestión de residuos, se identificó que el principal desafío es la economía circular aplicada a los residuos orgánicos municipales. Desafío que debe ir de la mano con una educación para la segregación en el origen y para la prevención de generación de desperdicios de alimentos en hogares, restaurantes, ferias y negocios locales. Mientras que a nivel normativo destaca la importancia de trabajar en la flexibilidad de establecer espacios para la valorización de residuos orgánicos, como plantas de compostaje.

En cuanto a los instrumentos de planificación nacionales, inicialmente la NDC [1] estableció el desarrollo de la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO) orientada a aumentar la valorización de este tipo de residuos generados a nivel municipal para contribuir tanto a la adaptación como mitigación al cambio climático. Posteriormente, respondiendo a la NDC, la ENRO [2] planteó la meta de alcanzar una tasa de valorización de los residuos orgánicos generados a nivel municipal del 66% al 2040. Para materializar esta meta, la estrategia proyecta que a 2030 se deberá contar con al menos 500.000 familias que valoricen sus residuos orgánicos mediante el uso de composteras y vermicomposteras instaladas en sus viviendas, asimismo, alcanzar 500 barrios bajo el programa “Quiero mi Barrio” mediante la implementación de compostaje y/o vermicompostaje. Por su parte, la Hoja de Ruta para un Chile Circular 2040 establece en su sexta meta que a 2040 se alcanzará una tasa de reciclaje de residuos sólidos municipales del 65%, para lo que se deberá apoyar en la implementación de la ENRO [3].

Durante el *Segundo grupo de trabajo*, se destacó que las acciones que actualmente ayudan a resolver este desafío son la transformación de residuos orgánicos de los HORECAS (hoteles, restaurante y caterings) mediante técnicas de compostaje, los Acuerdos de Producción Limpia (APL) con temáticas de residuos orgánicos en ferias libres y la promoción de la educación ambiental enfocada en la compra de bienes y servicios para prevenir la generación de residuos orgánicos.

Además, se recopiló una serie de tecnologías que daban frente a la economía circular aplicada a los residuos orgánicos municipales. Posteriormente, mediante el *Tercer grupo de trabajo* se priorizaron las siguientes metodologías para el tratamiento de residuos orgánicos: (i) vermicompostaje comunitario, (ii) tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra (MSN), y (iii) digestión anaeróbica para producir biogás y electricidad.

2. Análisis de barreras y marco habilitante BAEF

En este primer capítulo se identificarán las barreras a la introducción, uso y difusión de las tecnologías priorizadas en el sector gestión de residuos y se presentará una propuesta de potenciales medidas que den respuesta a cerrar las brechas y generar un marco habilitante para la inserción de las tecnologías.

La metodología desarrollada para identificar dichas barreras se basó en las recomendaciones del documento *Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies* (ver Anexo 1). A continuación, se hará una presentación de las barreras para el sector gestión de residuos.

2.1 Barreras transversales

2.1.1. Económicas Financieras

A. Carencia de fondos destinados a la valorización de residuos orgánicos municipales

La **modificación de la Ley N° 3.063** sobre las rentas municipales **deja exentas del pago de la tarifa de aseo a propietarios de viviendas**¹, esta exención hace que los municipios deban incurrir en subsidios para garantizar la sustentabilidad financiera del sistema de recolección de RSD dado que se acota el potencial de recaudación. En promedio, para el año 2018, se calculó que la exención total nacional disminuyó el potencial de recaudación de derechos de aseo en un 28,8%, equivalente a 239.771 millones de pesos. La exención de dichos costos por parte del Estado resulta en un subsidio de dichos costos por parte de los municipios, lo que ha resultado **contraproducente** con la **inversión destinada a la valorización de los residuos sólidos domiciliarios** (incluyendo los residuos orgánicos) puesto que los municipios, al no contar con cofinanciamiento por parte del Estado para este tipo de proyectos, no realizan la inversión [4], [5].

A pesar de ello, se han desarrollado iniciativas destinadas a afrontar esta brecha, por ejemplo, la SUBDERE desarrolló el Programa Nacional de Residuos Sólidos para mejorar la gestión municipal de residuos a nivel nacional, el cual cubre a nivel nacional costos relacionados a estudios de diagnóstico y de pre factibilidad de sitios de disposición final, diseño y compra de terrenos para la construcción de nuevos rellenos sanitarios o cierres de vertederos, obras de construcción de rellenos sanitarios, cierre de basurales y vertederos y compra de maquinaria, normalizaciones y la elaboración de planes regionales de gestión de residuos sólidos municipales

- El financiamiento de proyectos en el sector está enfocado, en su mayoría, a proyectos de infraestructura y equipamientos para la gestión de residuos inorgánicos, lo que con la entrada en vigor de la Ley N° 20.920 [6] sería una inversión redundante porque las empresas productoras de envases y embalajes son las que deberán costear y gestionar dichos proyectos. Por ello, se recomienda que el monto de inversión pública se focalice en proyectos de manejo, segregado y valorización de residuos orgánicos que seguirán siendo competencia de las municipalidades [7].
- Para 2021, aún existían fondos públicos con montos significativos para el desarrollo de proyectos pero que no estaban alineados con la separación en origen, por ejemplo, aún se realizaban

¹ Quedan exentos de dicho pago aquellos usuarios cuya vivienda o unidad habitacional a la que se otorga el servicio, tenga un avalúo fiscal igual o inferior a 25 unidades tributarias mensuales.

entregas de contenedores de residuos, siguiendo la lógica lineal de disponer todos los residuos generados dentro del mismo contenedor [7].

2.1.2. Institucionales, políticas y regulatorias

A. Claridad de roles de las instituciones

La falta de claridad en cuanto a las responsabilidades y alcances que tienen principalmente las municipalidades, frente a la valorización de residuos sólidos domiciliarios, suele ser frecuente y se puede traducir en perspectivas y prioridades divergentes, dificultando el cumplimiento de metas puntuales para la valorización de residuos [8]. Si bien, existe normativa como el Decreto con Fuerza de Ley 725 y la Ley N° 18.695 donde se establece la función de las municipalidades en relación con la recolección, transporte y eliminación de los residuos depositados en vías urbanas, así como la función de ornato, no se define específicamente cuáles son sus funciones frente a la valorización de residuos domiciliarios [4].

B. Limitaciones por incompatibilidad de uso del suelo

Las 3 tecnologías priorizadas pueden aplicarse en Chile, y como se ha mencionado en párrafos anteriores, ya existen avances en su aplicabilidad en el territorio. A pesar de ello, su establecimiento puede verse limitado por posibles incompatibilidades del uso del suelo. Actualmente la OGUC identifica 6 tipos de uso de suelo², donde los rellenos sanitarios y estaciones de transferencia se encuentran en infraestructura de tipo sanitaria. Sin embargo, no se ha identificado en qué tipo de uso de suelo calzan estas tecnologías, dado que las 3 tecnologías priorizadas pueden ser implementadas en zonas rurales y urbanas y a diversas escalas (de gran tamaño o a nivel comunitario), también son compatibles con los usos residenciales y agrícolas. En general, esto puede variar de acuerdo con las normas de ordenamiento territorial adoptadas en cada uno de los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial, por lo que será necesario un marco regulatorio que brinde las pautas para superar esta brecha [9], [10].

C. Carencias en el reporte de residuos municipales

De acuerdo con los reportes ambientales anuales publicados en el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), **no todos los municipios reportan la generación de residuos en los plazos establecidos**. Esto podría aumentar la incertidumbre en la proyección y diseño de tecnologías asociadas a la disposición final y valorización de residuos, al no contar con un indicador de generación de residuos sólidos acorde a la realidad del volumen de residuos sólidos domiciliarios generados anualmente a nivel comunal, así como la composición detallada de los mismos [8], [11].

D. Cumplimiento de la recolección selectiva recomendada en la ENRO

- La baja tasa de separación en el origen a nivel comunal dificulta el posterior aprovechamiento de los residuos orgánicos. Esto responde a la inexistencia de iniciativas de inversión necesarias para tratar los RO (compostaje y vermi domiciliario, plantas de compostaje, lombricultura, DA, entre otras) [5], resultando en una inexistencia de recolección selectiva puerta a puerta. A lo que se suma los bajos niveles de educación ambiental impulsada por parte de los gobiernos regionales. ([8];[7]). La inadecuada separación de los residuos orgánicos, además de dificultar la recolección de los

² Los tipos de uso de suelo son: residencial equipamiento, actividades productivas, infraestructura, área verde y espacio público.

insumos necesarios para el funcionamiento de las tecnologías, podría alterar la calidad de los productos finales obtenidos de la valorización de los residuos. Esta situación, por ejemplo, podría desincentivar el consumo de productos provenientes de iniciativas comunitarias puesto que el consumidor preferiría adquirir abonos orgánicos producidos por empresas privadas dedicadas a esta actividad.

- Dentro de la visión de la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos Chile 2040 [7], se proyecta que a 2040 en todas las ciudades del país se habrá implementado un sistema de recolección selectiva donde los camiones retirarán únicamente los residuos orgánicos generados en los hogares 2 veces a la semana, actualmente, esta medida solo se ha reportado en 6 comunas incluidas La Pintana en Región Metropolitana y Santa Juana en la región del Biobío [12]. Esta baja tasa de valorización nuevamente refleja la poca inversión en infraestructura de valorización de RO, donde solo algunos municipios están acatando las recomendaciones de la ENRO mientras que las cifras se mantienen, dado que el 58% de residuos sólidos municipales generales son RO pero solo el 1% del total de toneladas anuales se valoriza.

2.1.3. Técnicas y de capacidad

A. Baja integración público – privada para el aprovechamiento de tecnologías

El mecanismo de asociación público-privada para la gestión de residuos sólidos ya existe en Chile, puesto que los municipios tercerizan sus servicios de recojo y disposición final de residuos sólidos por medio de licitaciones públicas. Estos contratos de recolección tienden a priorizar la eficiencia en la disposición final de los residuos, relegando en ocasiones la implementación de tecnologías avanzadas de valorización de los residuos orgánicos. La falta de una visión integral de proyectos de inversión específicos que prioricen estas tecnologías para promover la colaboración entre el sector público y privado para el tratamiento y aprovechamiento de estos recursos limita la exploración de soluciones sostenibles, económicas y de menor escala, lo que hace que el desaprovechamiento de RO se mantenga invariable. La necesidad de establecer alianzas claras, estrategias conjuntas, regulaciones e incentivos entre ambas partes se vuelve esencial para superar esta barrera y avanzar hacia una gestión más eficiente y sostenible de los residuos orgánicos en el país [13].

2.1.4. Socio culturales, informativas y de concientización

A. Incorrecta disposición de residuos municipales

A pesar de contar con 124 sitios activos para la disposición de residuos sólidos domiciliarios a nivel nacional (incluyendo rellenos sanitarios y vertederos), se reportó que para 2020 el 30,6% de los residuos terminaron en basurales, siendo las regiones de Aysén y Los Lagos las que mayor cantidad de basurales registraron a nivel nacional para ese año [14]. La administración de los sitios de disposición en el país es principalmente municipal con un 63%, mientras la administración privada llega a 24% y un 13% corresponden a una administración mixta (el propietario es el municipio, pero la operación es concesionada a un privado [15]). A pesar de la distribución mencionada es posible que algunos de estos municipios enfrenten limitaciones presupuestarias y técnicas para mantener y operar adecuadamente estos lugares de manera sostenible. Dado que la gestión de residuos es una responsabilidad local, los municipios pueden tener dificultades para financiar la implementación de prácticas de disposición seguras y ambientalmente responsables. Esto podría resultar en la falta de

infraestructura adecuada, capacitación insuficiente del personal y equipos obsoletos en algunos sitios de disposición municipal. Por otro lado, la administración mixta, donde el municipio es el propietario, pero la operación es concesionada a una entidad privada, también puede presentar desafíos en términos de control y supervisión efectiva. Si no se establecen contratos sólidos y se lleva a cabo una supervisión adecuada, esta modalidad podría no garantizar que se cumplan una adecuada disposición [13].

B. Discriminación y estigmatización hacia los recicladores de base

La gestión de residuos sólidos domiciliarios es una actividad estigmatizada socialmente, al vincularse a la suciedad. Sumado a ello, está la desconfianza e inseguridad por parte de los vecindarios, especialmente de ingresos medios y altos, que son ricos en desechos. Las experiencias de discriminación y hostigamiento por parte de extraños son parte cotidiana de los recicladores [16]. Sin embargo, los recicladores de base pueden ser aliados para la implementación de las tecnologías prioritizadas, dado que ellos segregan residuos y descartan los desechos no reciclables como los residuos orgánicos. A través de alianzas y/o convenios asociaciones de recicladores podrían incorporar como parte de sus funciones la segregación de los residuos sólidos orgánicos para destinarse a algún centro de tratamiento de alguna tecnología prioritizada.

C. Niveles incipientes de Educación Ambiental en los hogares

Según la revisión de [17] la Educación Ambiental en Chile aún es muy incipiente en las propuestas curriculares y programas de estudio, tanto de enseñanza básica como media. Si bien, existen espacios comunitarios de aprendizaje y procesos de autoformación, esto depende de la voluntad de los individuos y por lo tanto aún se requiere mayores esfuerzos por parte del gobierno.

2.1.5. Género

Se ha reconocido ampliamente que la gestión ambiental y la tecnología tiene importancia social y económica para las mujeres, los hombres y sus hogares [18], [19]. La eficacia de las iniciativas de tratamiento de residuos (orgánicos e inorgánicos) se pueden mejorar mediante la incorporación de una comprensión de las diferencias y desigualdades de género [20]. La incorporación de nuevas tecnologías tiene un efecto en la cadena de actividades de gestión de residuos más allá de la actividad específica para la que están diseñados los equipos. Los proyectos de tratamiento y valorización de desechos también pueden brindar apoyo a las mujeres (especialmente si son responsables de la disposición de desechos) y aliviar su carga laboral en el hogar, o al ofrecer oportunidades para un mayor empleo en dicho sector [20].

Si bien la selección de tecnología a menudo se considera neutral en cuanto al género, es relevante plantear algunas preguntas con ese enfoque al considerar implementar una nueva tecnología en cualquier comuna [21], [19]. Por ejemplo:

- ¿Pueden las empresas propiedad de mujeres y las empresas propiedad de hombres permitirse una mayor inversión para implementar las tecnologías planteadas en este informe?
- ¿Las empresas de propiedad de mujeres son capaces de generar un mayor volumen de trabajo para pagar esto, en la misma medida que las empresas propiedad de hombres o mixtas?

- ¿Tienen las mujeres la experiencia gerencial necesaria para un mayor volumen de trabajo?
¿Tienen tanto las mujeres como los hombres el mismo acceso a la formación necesaria?
- ¿Pueden tanto las mujeres como los hombres continuar con actividades relacionadas con la generación de ingresos, como la clasificación de residuos?
- ¿Cómo afecta o contribuye la nueva tecnología a la salud de las mujeres y a la de los hombres?
- ¿Crea riesgos iguales u ofrece igual protección contra riesgos para la salud?

No abordar estas cuestiones tenderá a reforzar, o incluso aumentar, la desventaja socioeconómica de las mujeres [19].

Las diferencias y desigualdades de género pueden afectar las condiciones habilitantes para la implementación de tecnologías de tratamiento y aprovechamiento de residuos orgánicos.

A. Las mujeres pueden tener diferentes necesidades y preferencias sobre los servicios de gestión y tratamiento de residuos orgánicos

Dadas las diferentes responsabilidades, recursos y barreras, las mujeres y los hombres suelen tener diferentes necesidades y preferencias. Por ejemplo, mientras que los hombres pueden preferir un sistema de punto central de recogida, las mujeres pueden preferir la recogida puerta a puerta³. Para maximizar la calidad y eficiencia de los servicios de gestión de residuos, es importante conocer las necesidades y desafíos de dicho grupo [22].

Actualmente, para el proceso regulatorio de Chile no existe obligación genérica para lograr la separación en origen de los RSD, son los municipios mediante ordenanzas quienes señalan horarios de recogida y los tipos de envasado en que estos deben estar en el espacio público (bolsas, tarros, contenedores de alta capacidad o públicos, etc.) [23]. Sannazzaro y Gajardo [24] encontraron que las mujeres chilenas, especialmente las amas de casa en la provincia de Chiloé, tienden a involucrarse más que los hombres en las intervenciones tecnológicas de orden comunitario y autoformarse en temas ambientales. El MMA (2021) incluso encontró que la mayoría de las participantes en sus cursos ambientales virtuales fueron mujeres (76% del total), asimismo, para el proceso de construcción de la ENRO 2040 [25] se tuvo una participación del 79% de mujeres⁴.

Esto es relevante al considerar que el proceso final de la generación de un residuo domiciliario es el punto inicial de su tratamiento y posterior aprovechamiento, por ello, para maximizar la calidad y eficiencia de los servicios de recolección es importante conocer los desafíos que enfrentan las mujeres al utilizar el sistema. Esto se traduce en identificar e incorporar las perspectivas de género en torno a esta etapa en aras de disminuir la generación de los residuos, su adecuada segregación y el traslado a las plantas de tratamiento independientemente de la tecnología que usen.

B. División de la fuerza laboral en el sector

Los roles y estereotipos de género suelen extenderse a las actividades laborales en la forma de una división sexual del trabajo en desmedro de las mujeres, como en el aprovechamiento de residuos. Bajo el estereotipo social que las mujeres son más delicadas y observadoras, se les asignan tareas de

³ En base a una encuesta realizada en Sudáfrica [106].

⁴ En el cuestionario en línea para conocer la percepción ciudadana respecto de la priorización de las barreras que afectan la valorización de residuos orgánicos.

segregación y clasificación de residuos, mientras que los hombres se dedican a recoger materiales de las calles o de grandes generadores de residuos [16]. Lo mismo ocurre en los servicios de limpieza no doméstica, donde las mujeres se encargan de actividades que son consideradas como una “externalización” de sus tareas del hogar (barrido, limpieza de pisos, encerado, lustrado, entre otras), mientras que los varones se encargan de tareas que requieren fuerza o la utilización de maquinaria [26]. Esta percepción puede generar un sesgo involuntario en la contratación de fuerza laboral para operar las plantas de tratamiento de digestión anaeróbica, vermicompostaje y/o tratamiento biológico con la MSN.

Adicionalmente, la segregación de género puede llevar a que se generen núcleos exclusivos de trabajo diferenciados en favor de los hombres. Algunos autores encontraron que aquellos recolectores más cercanos al líder (quien usualmente también era hombre) con frecuencia recibían residuos de mejor calidad que las mujeres [27]. Lo mismo podría ocurrir en la contratación de los servicios de tratamiento mediante cualquiera de las tecnologías priorizadas, se podría generar un núcleo de fuerza laboral a favor del género masculino y pasar por alto la fuerza laboral femenina.

Sin embargo, las trabajadoras pueden aportar beneficios al sistema en todas las etapas de la cadena de gestión de residuos, como organizar los servicios relacionados con los residuos y tener diferentes puntos de vista de la situación local, formas de recolección, tratamiento y aprovechamiento de los residuos orgánicos, lo que puede resultar en mejoras significativas y/o diferentes enfoques [22].

C. Las mujeres están expuestas a riesgos específicos para la salud

Los químicos típicos a los que están expuestos los trabajadores y trabajadoras con residuos son las dioxinas, el monóxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno, el óxido de nitrógeno proveniente de la quema de desechos y los químicos contenidos en los desechos como el PVC, los retardantes de llama bromados, el plomo y otros químicos que alteran el sistema endocrino. Bajo exposiciones prolongadas pueden provocar asfixia, enfermedades respiratorias (i.e. asma), enfermedades crónicas del hígado y los riñones, lesiones cerebrales, enfermedades cardiovasculares y relacionadas con el cáncer [28]. Además, la división sexual del trabajo puede influir en la exposición diferencial de hombres y mujeres a riesgos específicos para la salud, y en cómo esto podría afectar a sus hijos.

La incorporación de las tecnologías priorizadas debe ir acompañada de medidas de seguridad y protección para los trabajadores y trabajadoras con el fin de reducir al máximo el riesgo de afectaciones a su salud, esto incluye la implementación de protocolos de seguridad específicos para cada tecnología y el uso de equipo de protección específico. Por ejemplo, en el caso del vermicompostaje y el tratamiento con la MSN, es crucial que los trabajadores utilicen equipos de protección personal adecuados, como guantes y gafas de seguridad, para prevenir el contacto directo con los residuos orgánicos y las larvas de mosca soldado negro. Sin embargo, un reporte de la OCDE [29] identificó que las mujeres cuando trabajan en puestos donde pueden estar expuestas a contaminación ambiental o laboral, tienen mayores riesgos para su salud debido a que los implementos y procedimientos para la protección personal no siempre están diseñados o adaptados a sus necesidades.

Adicionalmente, el personal contratado debe recibir capacitación sobre la manipulación segura de los materiales y la identificación de posibles riesgos biológicos. Sin embargo, según los estudios de Capogrossi [26] y Claussen et al. [30], existen casos de empresas de tratamiento de residuos que no exigen capacitaciones ni conocimientos previos a las mujeres que ingresan debido a la precariedad

contractual en el rubro. Se han reportado casos de hostigamiento y explotación por parte de superiores donde las mujeres tuvieron que soportar insultos y trabajar más horas no remuneradas por el temor de perder su único ingreso de vida.

D. Menor representatividad femenina en la toma de decisiones

Para permitir que el sistema cumpla con las expectativas y mejore su grado de éxito, es necesario consultar e incluir a las mujeres en los procesos de toma de decisiones. De la misma manera, tener más mujeres en roles de liderazgo puede incorporar o enfatizar valores específicos dentro de los sistemas de gestión de residuos que complementen los proporcionados por los hombres. Lamentablemente su grado de participación es todavía bajo [22]. Para 2017, se registró que solo un 11,9% de las mujeres postulantes fueron elegidas como alcaldesas y 24,6% como concejales [31]. Esto implica que los municipios chilenos tienen equipos de gestión menos equitativos e inclusivos para el desarrollo de sus iniciativas como puede ser la implementación de tecnologías sustentables.

El Servicio Nacional de la Mujer y la Equidad de Género (SernamEG) reportó que el 42% de los municipios carece de mecanismos de género, el 38% cuenta con Oficina de la Mujer y solo un 20% posee algún tipo de mecanismo de género. La ausencia de enfoques de género es parte institucional de la gestión local al punto que las autoridades chilenas consideran que los programas SernamEG⁵ son externos y no les competen [32]. Sin embargo, un estudio realizado por la GIZ sobre cuestiones de género en la gestión municipal de residuos sólidos en el Estado de México, identificó que los municipios encabezados por mujeres tenían preocupaciones ambientales más fuertes y otorgaban más relevancia al tratamiento de residuos como el reciclaje y la separación en origen que aquellos encabezados por hombres [33]. Por lo que una mayor representatividad femenina en el sector podría influenciar la toma de decisiones y orientación de la inversión de proyectos para el tratamiento de residuos orgánicos mediante las tecnologías priorizadas.

Incorporar el enfoque de género en la implementación de las tecnologías priorizadas para el tratamiento y aprovechamiento de residuos orgánicos es necesario para asegurar su eficiencia, la determinación de las condiciones habilitantes de las tecnologías y el cumplimiento del ODS5, Igualdad de Género⁶. En el proceso de evaluación de barreras se identificaron brechas de género en el sector de gestión de residuos, por ello este PAT plantea incorporar acciones específicas que aborden las desigualdades de género en el sector.

2.2. Vermicompostaje comunitario

A. Descripción

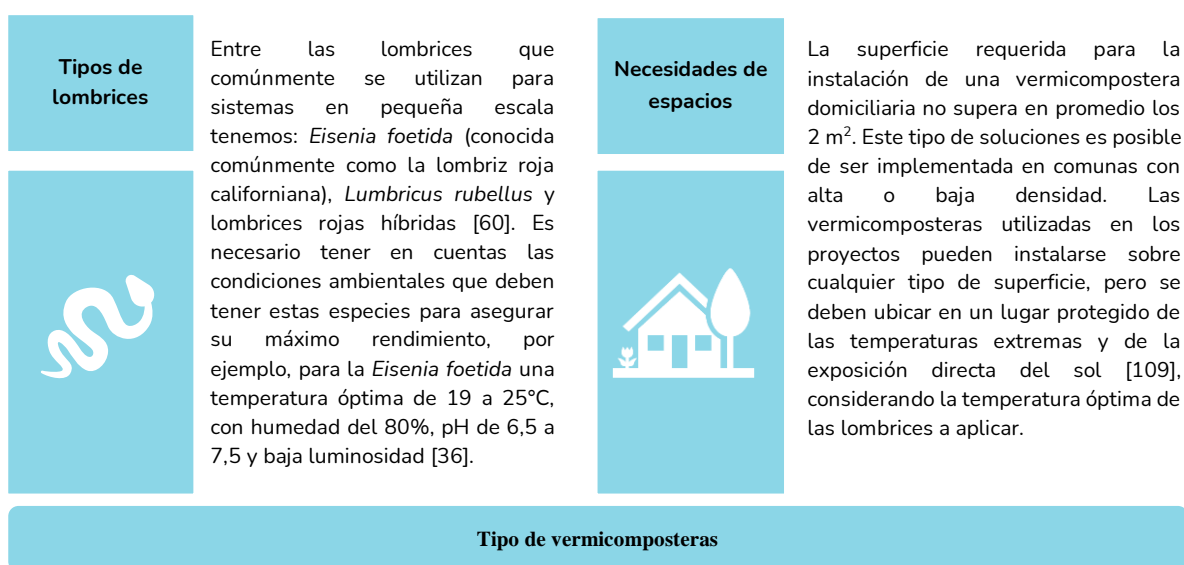
El vermicompostaje es un proceso biotecnológico de compostaje de una amplia gama de residuos orgánicos que incluye especies determinadas de lombrices de tierra que mejoran la conversión de residuos en vermicompost o humus de lombriz[34]. Este proceso implica procesos bio-oxidativos y la estabilización de la materia orgánica al igual que en el compostaje, incluyendo además interacciones entre lombrices y microorganismos. El papel de los microorganismos es la producción de enzimas que

⁵ Cuenta con diversos programas orientados a afrontar ejes: Violencia contra las mujeres, Mujer y trabajo, Mujeres, Participación Política y Social, y Mujeres, Derechos Sexuales y Reproductivos [107].

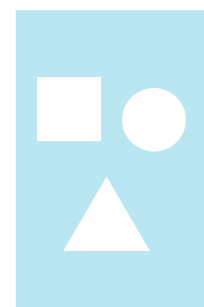
⁶ Cuyo objetivo es poner fin a todas las formas de discriminación contra las mujeres y las niñas en todo el mundo, mediante reformas para otorgar a las mujeres igualdad de derechos a los recursos económicos.

provocan la descomposición bioquímica de la materia orgánica, mientras que las lombrices de tierra contribuyen a una mayor población microbiana a través de la fragmentación e ingestión de materia orgánica fresca. Además de lo anterior, las lombrices también interactúan con otros organismos del suelo y pueden afectar positivamente a diversas comunidades de microflora y microfauna [35]. Entre las consideraciones para tener en cuenta se encuentran:

Figura 1. Consideraciones para la tecnología de vermicompostaje comunales



Pueden ser construida de múltiples formas (ej. rectangulares, circulares, etc.) y materiales (ej. plástico, materiales reciclados, cerámica, etc.). El tipo de vermicompostera para agricultura urbana y/o comunitaria debe tener las dimensiones adecuadas como para adaptarse a pequeños espacios como jardines, patios, terrazas, etc.[60]. Por ejemplo, el INIA en su reporte de INIA REMEHUE N°294-2022, plantea un diseño de vermicompostera urbana que cualquier habitante urbano o rural podría construir. Lo importante es que sean recipientes abiertos para que se facilite la alimentación y la visualización. Las lombrices normalmente profundizan en el sustrato buscando alimento, pero no lo hacen más allá de 40 cm, por lo que la cama debe tener una profundidad de 50 a 60 cm y 1 m de ancho, siendo el largo en función del área disponible en la finca. La cama debe estar protegida de la lluvia, la luz del sol y temperaturas extremas en tiempos de heladas o invierno [110].



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Condiciones ideales para el vermicompostaje

Parámetro	Rango ideal
Humedad	0%-80%, ésta es la humedad máxima, ya que la lombriz respira por la piel, y una humedad más alta impediría su respiración.
Temperatura	20-30°C
pH	5-8,5. Se deber verificar con una cinta indicadora el pH antes de alimentar la lombriz
Luz	La lombriz es fotosensible, por lo que siempre preferirá ambientes oscuros.

Fuente: Adaptado de la FAO.

El vermicompostaje es una tecnología que puede desarrollarse a múltiples escalas, para esta priorización de tecnologías se considera el **vermicompostaje comunitario**, el cual se entiende como un proceso en el que un grupo de personas lleva sus restos de comida y otros desechos orgánicos a un

lugar central dentro y/o cercano a la comunidad. La producción de vermicompost será de uso comunitario ya sea para uso individual familiar o para el abono de las áreas verdes de los espacios públicos comunales. Además, si se establece excedente de vermicompost podría comercializarse, generando ingresos adicionales para los participantes en el proceso y contribuyendo a la economía local.

B. Justificación

En el marco institucional, la tecnología responde a las metas de la ENRO al 2040 específicamente a la instalación de vermicomposteras en viviendas y en establecimientos educacionales que favorezca la valorización de residuos orgánicos. En ese sentido, la tecnología aporta a:

- **Beneficios en la estructura del suelo**, su aplicación es beneficiosa porque el vermicompost mejora la estructura de suelo, aumenta la retención de agua, aporta microorganismos benéficos, además de enzimas y otros metabolitos que participan en la transformación de la materia orgánica [36].
- **Abono natural para cultivos y especies florales**, estudios respaldan la aplicación de vermicompost no solo a cultivos, como una buena respuesta de la papa [37], [38], [39]⁷, el trigo [40], [41] o cultivos de gran producción, también a especies florales (ej. *Gypsophila paniculata*) [42]. Por lo que su aplicación puede ser ampliamente usada para diversas especies vegetales y brindar numerosos beneficios a las comunidades que opten por esta tecnología.
- **Valorización de residuos orgánicos a diferentes escalas:** A nivel individual, los hogares pueden gestionar de manera efectiva sus residuos orgánicos, reduciendo la carga en los vertederos y rellenos sanitarios. El vermicompostaje comunitario se puede practicar tanto a pequeña como a mayor escala con el objetivo de tratar residuos, producir vermicompost y lombricultura⁸ (ver Box 1) [43]. La Tabla 2 identifica algunas experiencias de aplicación de vermicompostaje.

Tabla 2. Experiencias de valoración tratamiento de residuos

País	Tecnología
USA	En California, se implementó un programa piloto de vermicompostaje comunitario, donde se obtuvo que alrededor de 31 kg de residuos se transforman en alrededor de 18 a 22 kg de vermicompost [44].
Colombia	En el barrio los Alpes localidad de San Cristóbal en Bogotá se implementó un programa similar, donde por un periodo de cuatro meses se trató un total de 384 kg de residuos sólidos orgánicos y se obtuvieron 228 kg de sustrato, el cual fue usado en jardinería en el sector; la disposición final a rellenos sanitarios per cápita de residuos de las 10 familias participantes se redujo en un 0,14% pasando de 0,53 k/día a 0,39 k/día [44].
España	Se realizó una experiencia en las parcelas de la Universidad Politécnica de Valencia, sobre los restos de poda de las tres especies: almendro, higuera y cítrico, al final del estudio, al analizar los resultados se confirmó la permanencia y aumento de nutrientes aptos para las plantas, favoreciendo los parámetros orgánicos y el contenido de nitrógeno [45].

⁷ Donde identifica que la aplicación localizada del vermicompost a 0,5 Kg/planta tiene mejor efecto en los parámetros productivos del cultivo de papa frente a la aplicación al voleo de 2 Kg/m² de vermicompost.

⁸ La lombricultura se puede definir como: "la crianza y manejo de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio"; con la finalidad básica de obtener con ella dos productos de mucha importancia para el hombre: el lombricompost como fertilizante de uso agrícola y la proteína (carne fresca o harina), como suplemento para raciones de animales [108].

País	Tecnología
Costa Rica	De acuerdo con el estudio “Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de <i>Eisenia foetida</i> ” realizado en 2013 [46], Transformar los desechos orgánicos en abonos orgánicos es posible mediante el compostaje y el vermicompostaje. El compost y el vermicompost, resultantes de estos procesos, impactan positivamente las características del suelo y el desarrollo de las plantas.

Fuente: Elaboración propia.

- **Potencial de reducción de GEI:** Wang et al. (2014) [47] concluyeron que las lombrices reducían significativamente las emisiones de óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄). Hobson et al. (2005) [48], estudiaron que las lombrices inducen la reducción de emisiones de N₂O, y Nigussie et al. (2016) [49] compararon los métodos de compostaje termofílico y vermicompostaje y concluyeron que el vermicompostaje redujo las emisiones de N₂O en un 25 a 36 % y las emisiones de CH₄ en un 22 a 26 %. Finalmente, un estudio realizado en Indonesia obtuvo como resultado que las emisiones directas de GEI del vermicompostaje son hasta 47 veces menores que las emisiones del compostaje tradicional [50].

Box 1. Tipos de vermicompostaje comunitario

En una comunidad esta tecnología se puede aplicar a distintos niveles:

- Los negocios que generan desperdicio de alimentos incluyen restaurantes, tiendas de comestibles, hoteles, procesadores de alimentos, establecimientos mayoristas de alimentos y mercados de agricultores, centros comerciales, complejos turísticos y oficinas con instalaciones para comer, entre otros, quienes se pueden organizar para tratar sus residuos orgánicos mediante esta tecnología [43].
- Los agricultores en áreas urbanas y rurales podrían compostar sus residuos, de manera individual o agrupándose, e incluso ha habido casos exitosos de agricultores que han implementado esta tecnología para la generación de ingresos y empleo, logrando negocios exitosos [51], [52].
- Por otro lado, las municipalidades pueden invertir en programas de vermicompostaje en barrios para tratar los residuos orgánicos de una zona, podrían operar instalaciones de vermicompost por su cuenta o contratar una entidad privada mediante una licitación [43].

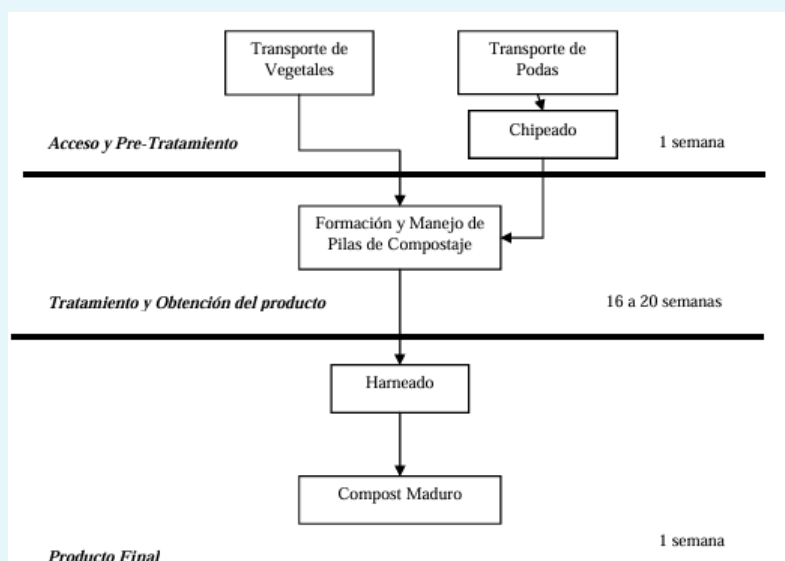
En complemento, el Box 2 presenta los pasos a tomar en cuenta a los actores que pretendan implementar esta tecnología.

Box 2. Características operativas de la puesta en marcha de la tecnología 1

El proceso de operación del vermicompostaje comunitario se compone de 3 etapas:

1. **Acceso y Pre-tratamiento**, donde se recolectan los residuos orgánicos generados en los hogares de los participantes 1 vez por semana, además de los residuos generados por las ferias libres y los restos de podas de los parques y calles, los que se procesan mediante un chipeado, para disminuir el tamaño de los restos de poda, antes de ser tratados.
 - Se recomienda un piloto con un grupo de al menos 200 familias.
 - Las familias participantes deben segregarse sus residuos sólidos orgánicos generados semanalmente, previa capacitación de la DAOGA.
2. **Tratamiento y obtención del producto**, donde se forman las pilas de compostaje y el personal de la DAOGA voltea y las vermicomposteras y se asegura del correcto funcionamiento de las lombrices diariamente, el proceso de revisión no debería tomar más de 30 minutos al día.
3. **Producto final**, después de 4 semanas de tratamiento por las lombrices, se recolecta el humus producido, se pesa en el registro del proyecto y se distribuye para su utilización, por ejemplo, venta del vermicompost. uso agrícola, entre otros.

Figura 2. Flujo de las actividades de vermicompostaje comunitario



En una primera etapa se propone iniciar con un piloto con 200 familias, que posterior al año de implementación e identificación de puntos de mejora y corrección de errores, pueda escalarse en los años subsiguientes.

Adicionalmente, se sugiere que el lugar seleccionado esté posicionado estratégicamente, de tal forma permita el acceso ciudadano y visualización de los beneficios del proyecto. Por ejemplo, en el proyecto de vermicompostaje en la Pintana, las instalaciones de las vermicomposteras se ubicaron en un predio colindante con el vivero municipal, de tal forma hacían recorridos de escuelas y vecinos de las instalaciones, y dado que el vermicompost se usaba para las especies del vivero, se cumplía el ciclo de proyecto-impacto que hizo exitoso al proyecto y consiguió una reducida tasa de salida de participación del proyecto.

C. Avances de implementación

En países como Eslovenia, Austria, Grecia y España, el nivel de maduración (TLR) de la tecnología alcanza niveles elevados (TLR de 8), es decir, la tecnología ha alcanzado el final del desarrollo, las cuestiones operacionales y de fabricación han sido resueltas, se cuenta con protocolos de uso y mantenimiento de los productos y ha demostrado su potencial a nivel comercial [53].

En Chile para 2018, solo 14 municipios llevaban a cabo prácticas de compostaje y lombricultura para el tratamiento de cierto porcentaje de sus residuos orgánicos, sin embargo, en la actualidad existen programas como “Nos Compostamos Bien” en la región de Santiago, este programa cuenta con la asesoría experta de Fundación Chile, busca distribuir de forma gratuita 7 mil kits de compostaje a familias que habiten tanto en casas como departamentos de las 52 comunas de la Región Metropolitana, adicional a ello los beneficiarios de esta iniciativa reciben capacitación para el buen uso del equipo y monitoreo para apoyar el cambio de hábitos en el hogar.[54]. De igual forma en Puerto Natales se implementó el proyecto Ciclos Patagonia, el cual busca a través del proceso de vermicompostaje “generar cambios de hábitos, reducir la cantidad de residuos que llegan al vertedero y que toda la comunidad vaya educándose sobre el tema del reciclaje de residuos orgánicos”, destacando que esta iniciativa ha tenido éxito en los objetivos propuestos, por lo que grandes hoteles de Torres del Paine y Puerto Natales se han ido incorporando al programa, en 20 meses lograron valorizar 8 toneladas de residuos, bajo un enfoque de sensibilización y participación ciudadana [55].

Uno de los ejemplos a nivel comunitario es la comuna de Providencia, región Metropolitana, cuya municipalidad ha entregado alrededor de 10.404 vermicomposteras y 1.237 composteras al 2022, a diferentes familias de la comuna para la gestión de sus propios residuos en casa, ofreciendo acompañamiento y capacitación online para favorecer un adecuado uso de las vermicomposteras entregadas [56].

2.2.1. Barreras para la tecnología de vermicompostaje comunitario

2.2.1.1. Económicas - Financieras

A. Desconocimiento y desaprovechamiento de los fondos públicos disponibles para la valorización de residuos orgánicos

Al hablar de vermicompostaje comunitario, aún es difuso quienes son las instituciones o entidades que apoyarán el financiamiento de la tecnología en sus fases de operación y mantenimiento. La Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO) [2] menciona una escala de desarrollo comunitaria en la que la valorización de residuos se realiza en asociaciones de vecinos mediante el uso de composteras y vermicomposteras. Este instrumento sugiere aprovechar los instrumentos de inversión públicos existentes con la asistencia técnica del Programa de Residuos Orgánicos del MMA, o bien, a través de la postulación de una iniciativa de inversión a alguna línea de financiamiento externo, como el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) – administrado por los GORE –, el Programa Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) y el Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB) de la SUBDERE. Para ello, se debe establecer la entidad encargada de postular a los fondos y plantear los proyectos, siendo el GORE la entidad ideal dado que las funciones de recojo, recolección y disposición final les compete.

A pesar de ello, para abordar esta barrera el financiamiento debe estar acompañado de:

- Un entendimiento detallado del alcance del proyecto, incluyendo su tamaño y las expectativas de gobernanza.
- Información precisa sobre las necesidades de inversión inicial, así como los costos operativos futuros, es crucial para asegurar que los mecanismos de financiamiento estén alineados con las necesidades económicas del proyecto a lo largo de su ciclo de vida.
- Identificar las competencias y habilidades del personal necesario para implementar y gestionar el proyecto.
- Comprender la demanda potencial del mercado, los usos posibles de los productos o servicios del proyecto, los volúmenes esperados y la estructura de precios es esencial para justificar la inversión y proyectar los flujos de ingresos. Sin esta información, es complicado formular un modelo financiero viable.

2.2.1.2. Técnicas y de capacidad

A. Requerimientos de vigilancia continua de las condiciones adecuadas

Aunque esta técnica ofrece numerosos beneficios en términos de tratamiento de RO y mejora de la calidad del suelo, es importante reconocer que presenta altos requerimientos de vigilancia de las condiciones adecuadas para su correcta ejecución. En primer lugar, las lombrices son organismos que requieren condiciones ambientales específicas para sobrevivir y prosperar, esto implica mantener una

temperatura adecuada, niveles de humedad óptimos y asegurarse de que el pH del sustrato sea adecuado para su desarrollo. Si estas condiciones no se mantienen dentro de los rangos adecuados, las lombrices pueden sufrir estrés o morir, lo que comprometería la eficacia del proceso de vermicompostaje. Además, el vermicompostaje requiere una supervisión constante para prevenir problemas como la proliferación de plagas o la acumulación de materiales no deseados en el sistema, como plásticos o productos químicos. La sobrealimentación o la falta de alimentos también pueden ser desafíos a los que se enfrenta este método, y es responsabilidad del operador asegurarse de que las lombrices reciban la cantidad adecuada de materia orgánica para procesar [57].

La calidad del vermicompost producido también depende en gran medida de la atención constante a las condiciones del sistema. Si se permite que el proceso se salga de control, es posible que el producto final no cumpla con los estándares deseados en términos de contenido de nutrientes y ausencia de patógenos.

En resumen, su éxito depende de una vigilancia continua y de la capacidad de mantener las condiciones ambientales adecuadas para el bienestar de las lombrices y la calidad del producto final. Este nivel de atención es esencial para garantizar que el proceso se realice de manera óptima y que los beneficios del vermicompostaje se aprovechen plenamente.

B. Segregación adecuada de RO para asegurar la calidad del vermicompost

La calidad del vermicompost, está intrínsecamente ligada al tipo de residuo orgánico que se utiliza como alimento para el sistema de vermicompostaje [58]. Este aspecto es necesario para comprender cómo este proceso puede generar un producto final de alta calidad o, en contraste, uno de menor calidad, lo que subraya la importancia de segregar adecuadamente los RO utilizados.

Algunos materiales, como restos de frutas y verduras, recortes de césped y hojas, son ricos en nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio, estos residuos tienden a producir un vermicompost de mayor calidad. Por otro lado, si se alimenta el sistema de vermicompostaje con materiales inadecuados (i.e. estiércoles, lácteos, ni productos cárnicos, cenizas de tabaco, aserrín, etc., porque pueden desarrollar microorganismos patógenos y atraer plagas), la calidad del vermicompost resultante será inferior. Estos materiales pueden ser difíciles de descomponer para las lombrices o requieren un mayor tiempo de digestión, y, en consecuencia, el producto final tendrá menos nutrientes, podría contener impurezas no deseadas o hasta podría generar la mortalidad de las lombrices [59], [57], [58], [60]. Es por ello, el operador debe conocer con antelación los RO apropiados para colocar en su vermicompostera.

2.2.1.3. Ambientales

A. Generación de malos olores

Si no se maneja correctamente, el vermicompostaje puede dar lugar a olores desagradables. Algunas de las razones son [61]:

- **Exceso de humedad:** Si el sistema se torna demasiado húmedo, las condiciones pueden volverse anaeróbicas, lo que conduce a la producción de olores desagradables como el sulfuro de hidrógeno (olor a huevo podrido). Esto puede ocurrir si se añaden residuos orgánicos con alto contenido de agua sin equilibrarlos con materiales secos, como hojarasca.

- **Sobrealimentación:** Dar a las lombrices más alimento del que pueden procesar puede resultar en una acumulación de residuos sin descomponer, lo que aumenta la probabilidad de malos olores. Es importante mantener un equilibrio entre la cantidad de residuos añadidos y la capacidad del sistema para procesarlos.
- **Falta de aireación:** Si el contenedor no tiene un adecuado sistema de aireación, las condiciones anaeróbicas pueden provocar la liberación de olores desagradables.

La Norma NCh3190, Calidad del aire - Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica define un método para la determinación objetiva de la concentración de olor. A su vez, en el 2023 se presentó un Proyecto de Ley para reconocer y definir la contaminación odorífera en la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente y establecer umbrales. Dado que, en áreas urbanas y rurales los malos olores podrían causar molestias significativas entre los residentes y hasta conflictos comunales, lo que podría afectar la satisfacción general de la comunidad y generar quejas a las autoridades locales.

2.2.1.4. Socio culturales, informativas y de concientización

A. Necesidad de acompañamiento para su sostenibilidad

Para que el vermicompostaje comunitario tenga éxito, puede requerir un seguimiento y apoyo continuo de expertos o de las instituciones que lideren el proyecto (organizaciones gubernamentales y no gubernamentales). Los casos de éxito que se han mencionado anteriormente de implementación de esta tecnología han requerido un fuerte componente de acompañamiento del líder del proyecto, así como capacitaciones, sesiones informativas y campañas de concientización [56]. De lo contrario se podría traducir en desmotivación comunitaria, que podría escalar a falta de participación activa por parte de los miembros de la comunidad, o en su defecto en la suspensión del proyecto. El último enunciado podría resultar en costos adicionales de la inversión inicial y uso ineficiente de los recursos presupuestarios, lo que a su vez podría impedir la inversión en proyectos similares en comunas aledañas.

B. Incertidumbre de la participación de la comunidad y asignación de roles

La implementación de vermicompostaje comunitario implica establecer la gobernanza de los proyectos que se ejecutarán, es decir, la necesidad de establecer funciones y roles bien definidos tanto para asegurar el involucramiento de la comunidad como para implementar eficientemente el proyecto por la institución líder.

Cuando los roles están delineados de manera precisa, cada parte sabe qué se espera de ella y cuáles son sus responsabilidades concretas en el proceso de vermicompostaje. Esto no solo facilita la operación diaria del sistema, también promueve la participación activa y el compromiso de la comunidad, ya que cada miembro entiende su contribución y el valor que aporta al proyecto. Por el contrario, una falta de claridad en las funciones puede dar lugar a malentendidos, conflictos y/o posibles abandonos que podrían poner en riesgo la continuidad, escalabilidad y éxito del proyecto a largo plazo.

2.2.2. Recomendaciones para levantar las barreras identificadas de Vermicomposterías comunitarias

En el análisis de causa-efecto para la tecnología de vermicomposterías comunitarias para la valorización de residuos orgánicos municipales (ver Figura 10 **Error! Reference source not found.**) se identificó el requerimiento de capacidad técnica, inversión económica para la implementación y mantenimiento de proyectos de vermicompostaje comunitario. Este efecto se produce como consecuencia de la incertidumbre sobre la sostenibilidad financiera de la fase operativa del proyecto, una posible baja calidad del producto⁹ para su aplicación por parte de los usuarios rurales y/o urbanos y del rechazo por parte de las comunidades a la implementación de esta tecnología por cuenta de los impactos ambientales que puedan generarse.

Estas causas son el resultado de la identificación de siete barreras y brechas. Entre ellas, se destacan la carencia de un marco legal que regule e impulse la valorización de residuos orgánicos, así como la falta de educación ambiental. Estas dos barreras se consideran transversales y, por lo tanto, se integrarán en las condiciones habilitantes del sector. La Tabla 3 presenta las 5 barreras específicas junto a la propuesta de sus potenciales medidas.

Tabla 3. Recomendaciones para las vermicomposterías comunitarias

Barreras / brechas identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B1. Desconocimiento y desaprovechamiento de los fondos públicos disponibles para la valorización de residuos orgánicos	Crucial	M1. Fortalecimiento de la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos para la gestión de residuos
B3. Falta de capacidades técnicas para la formulación de proyectos de valoración de residuos orgánicos a nivel comunal	Importante	M2. Fortalecimiento de los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de los proyectos.
B3. Incertidumbre de la participación de la comunidad en todas las etapas del proyecto	Crucial	M3. Promoción del involucramiento comunitario en todas las etapas del proyecto (formulación, diseño, implementación, cierre) para asegurar la sostenibilidad de la tecnología y su escalabilidad a largo plazo
B4. Falta de respaldo normativo para garantizar la comercialización del excedente de producción del vermicompost	Importante	M4. Promoción de estándares de composición y etiquetado que asegure calidad del vermicompost para la comercialización del excedente de producción

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Digestión anaerobia para producir biogás y electricidad

A. Descripción

También es conocido como biometanización, cuya funcionalidad consiste en descomponer bioquímicamente la materia orgánica, tanto líquida como sólida, mediante diversas actividades bacterianas en un entorno libre de oxígeno [59]. Esta descomposición anaeróbica se da en el interior

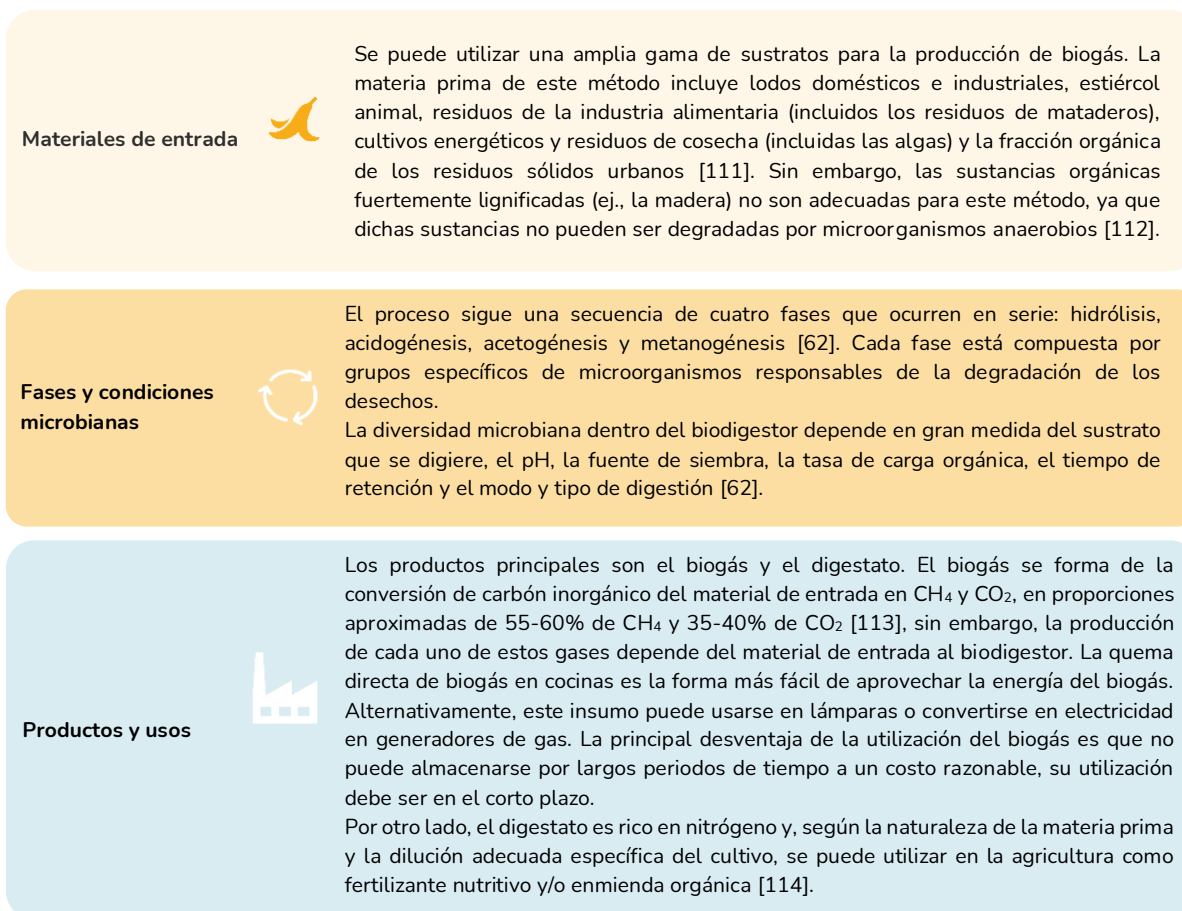
⁹ Que puede ocasionarse por una mala gestión del sistema de vermicompostaje, por ejemplo, colocar residuos orgánicos no apropiados, no mantener las condiciones climáticas óptimas para las lombrices, etc.

de un biodigestor hermético por las actividades de cuatro microorganismos metabólicamente vinculados que participan en fases específicas del proceso para finalmente producir metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Este método incluye un triple beneficio, en primer lugar, realiza un proceso de desinfección de los desechos orgánicos donde los patógenos, de importancia ambiental y para la salud pública, pueden reducirse a los niveles recomendados para una manipulación segura por parte de las personas. En segundo lugar, el digestato recuperado contiene macro y micronutrientes para el crecimiento de las plantas, donde la enmienda del suelo con digestato influye en la actividad microbiana, la estructura de la biomasa microbiana y el tamaño, lo que a su vez mejora la fertilidad y la calidad del suelo y, por lo tanto, mejora la seguridad alimentaria. En tercer lugar, la digestión anaeróbica de la biomasa genera biogás, una fuente de energía renovable a partir de la degradación de los residuos que se puede utilizar para cocinar, calentar o aprovechar para producir electricidad [62].

El digestado que se forma de esta tecnología está estrechamente relacionada con las cantidades y tipos de sustratos utilizados para el tratamiento de residuos. Czekala et. al [63] estimó que la cantidad de digestato producido, dependiendo de varios factores, suele representar entre el 70% y el 90% del peso de la materia prima. Por otro lado, la producción de biogás puede encontrarse entre los 72-200 m^3 /tonelada de FORSU (fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos) en plantas de escala industrial o municipal [64].

Algunas consideraciones para la implementación de este método son:

Figura 3. Consideraciones para la tecnología de tratamiento biológico digestión anaeróbica



Fuente: Elaboración propia.

En complemento, el Box 3 presenta los pasos a tomar en cuenta a los actores que pretendan implementar esta tecnología.

Box 3. Características operativas de la puesta en marcha de la tecnología 2

El funcionamiento de la Planta de Digestión anaeróbica consta de 5 etapas [65], [66]:

- **Recepción de la materia prima:** El transporte de recolección de los residuos sólidos orgánicos se dirige a la planta, pasa por un proceso de pesaje (registro interno de las entradas y salidas) y es depositado en el área de preparación.
- **Preparación de la materia prima (pre-procesamiento):** tiene por objetivo acondicionar el flujo de residuos orgánicos para ser alimentado de forma óptima en la etapa de digestión anaeróbica. El acondicionamiento del flujo de alimentación contempla dos etapas principales: la separación de agentes contaminantes (plásticos, vidrios, metales, etc.) y la homogeneización del flujo a través de etapas de moliendas y mezclado. Además, se ajustan parámetros como la humedad a través de la inyección de agua fresca para la formación de un lodo. Finalmente, se deposita el lodo formado en el tanque de almacenamiento y se transporta hacia el biorreactor o digestor.
- **Digestión anaeróbica:** En el digestor ocurre la degradación de la materia orgánica y formación de subproductos (biogás y digestato). Existen diversas configuraciones de equipos que logren el objetivo de degradar residuos orgánicos, el régimen de alimentación, el régimen de humedad y el número de etapas o fases son los parámetros más importantes para definir la etapa de digestión anaeróbica, así como es necesario considerar un sistema de intercambio de calor para mantener constante la temperatura de operación del sistema.

El biogás generado es almacenado en un contenedor de gas.

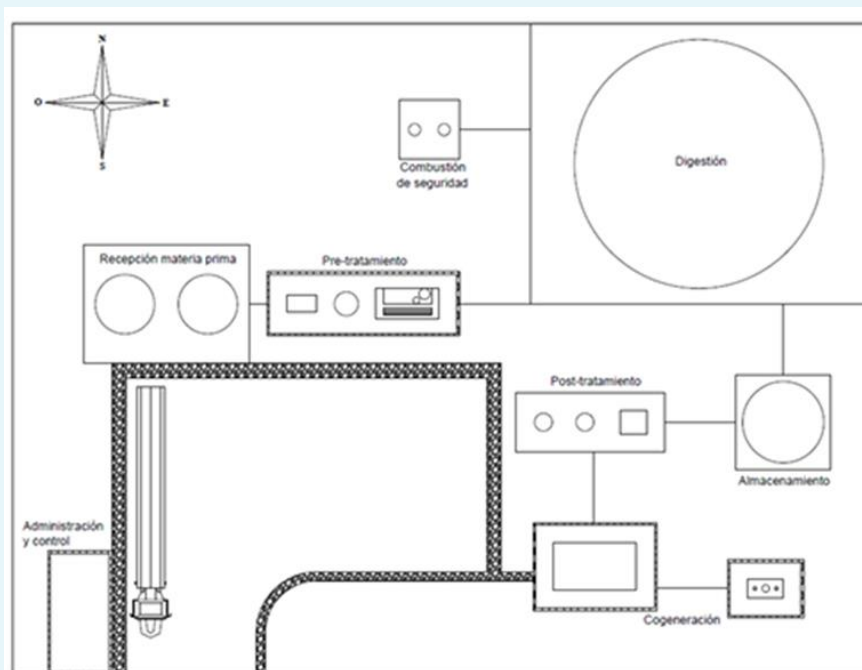
- **Limpieza de biogás y salida del digestato (post-procesamiento):** Esta última etapa acondiciona los flujos de salida del digestor y está compuesta por dos líneas: la gaseosa y la sólido-líquida.
- **La línea gaseosa** está compuesta por 3 etapas: la depuración del biogás, el almacenaje del metano y la recuperación energética, donde se utiliza el metano para obtener energía eléctrica (que dependiendo de la cantidad abastecerá energéticamente a los procesos internos de la planta y el excedente al sistema de transmisión local). Mientras más alta la concentración de metano es posible extraer mayor energía por metro cúbico de biogás. A su vez, la etapa de depuración tiene dos subetapas: la primera por obligación de normas ambientales y consiste en limpiar el biogás de impurezas que dañen los sistemas de recuperación energética, y la segunda es opcional, pero recomendable, dado que consiste en aumentar la calidad del biogás al separarlo del dióxido de carbono y así aumentar la concentración de metano.
- **La línea sólido-líquida** también posee dos etapas: la separación entre el percolado y el digestato, y la estabilización del digestato para su distribución.

A continuación, se describe un diagrama resumen de los procesos de la digestión anaeróbica.

Algunas consideraciones adicionales:

- La producción de biogás dependerá del sustrato con el que se alimente a la planta de digestión anaeróbica, y estos pueden abarcar desde residuos sólidos domiciliarios hasta residuos de las diversas industrias de la zona (pesquera, lácteo, agrícolas, ferias, etc.).
- Se recomienda hacer una caracterización del sustrato que ingresará a la planta, dado que las características de la materia prima deben permitir el desarrollo y actividad microbiana, donde no solo es necesaria una fuente de los principales nutrientes (carbono y nitrógeno), sino también de un equilibrio de sales minerales como azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores.
- A continuación, se presenta una propuesta de distribución de una planta de tratamiento de digestión anaeróbica. No se especifican dimensiones, ya que el diseño que se presenta es flexible a diferentes contextos y dependerá de las condiciones geográficas, climáticas, de espacio y cantidad de residuos generados por las comunas participantes del proyecto.

Figura 4. Distribución de equipos de una planta



B. Justificación

En Chile, más de la mitad de la basura generada a nivel domiciliario corresponde a restos de comida, cáscaras de frutas, tallos de verduras, hojas de té y borra de café, entre otros. Por eso, al gestionar de forma correcta y sustentable los residuos orgánicos, se contribuye a la reducción de las emisiones de GEI, mitigando así el Cambio Climático. Unas de las técnicas más conocidas para ello, son el compostaje y vermicompostaje, sin embargo, una tecnología en ascenso en popularidad y con potencial de implementación en Chile es la digestión anaeróbica [67].

En ambientes no controlados de almacenamiento de residuos como rellenos sanitarios y/o vertederos, se dan condiciones anaeróbicas que liberan GEI (CO_2 y CH_4) a la atmósfera, sin embargo, al aplicar este tratamiento disminuye el ingreso de residuos orgánicos en las instalaciones de disposición final y a su vez las emisiones pueden disminuir considerablemente. Por ejemplo, García-González et al. (2016) [68] demostraron la reducción de las emisiones de GEI entre un 53 a 90% tras la instalación de plantas de tratamiento de biogás para tratar el estiércol en relación con el escenario de referencia (almacenamiento de estiércol convencional). Mientras que, en un diagnóstico de 14 plantas de digestión anaeróbica existentes en predios de lecherías de las regiones de Los Ríos y Los Lagos del INIA [69], se calculó una reducción del 85% de emisiones GEI directas asociadas a manejo del estiércol en promedio para un año de ejecución.

C. Avances de implementación

Los avances de esta tecnología para el tratamiento de residuos domiciliarios en Chile aún son escasos, la construcción o instalación de plantas de digestión anaerobia se han enfocado principalmente al

sector agrícola y de residuos industriales. De acuerdo con el Registro de Plantas de Biogás¹⁰, hasta el primer trimestre de 2020 el país contaba con 38 plantas de biogás, de las cuales 3 plantas procesaban residuos sólidos urbanos para la generación de electricidad, la Central ERNC Santa Marta y Planta de Quema Centralizada (PMGD) en Metropolitano, RRSS Cemar (Bioenergía Los Pinos) en Biobío y la Central de Generación Eléctrica El Molle (RRSS) en Valparaíso, mientras el resto de plantas pertenecen al rubro de industria de alimentos, lecherías, producción animales, y para el tratamiento de aguas residuales

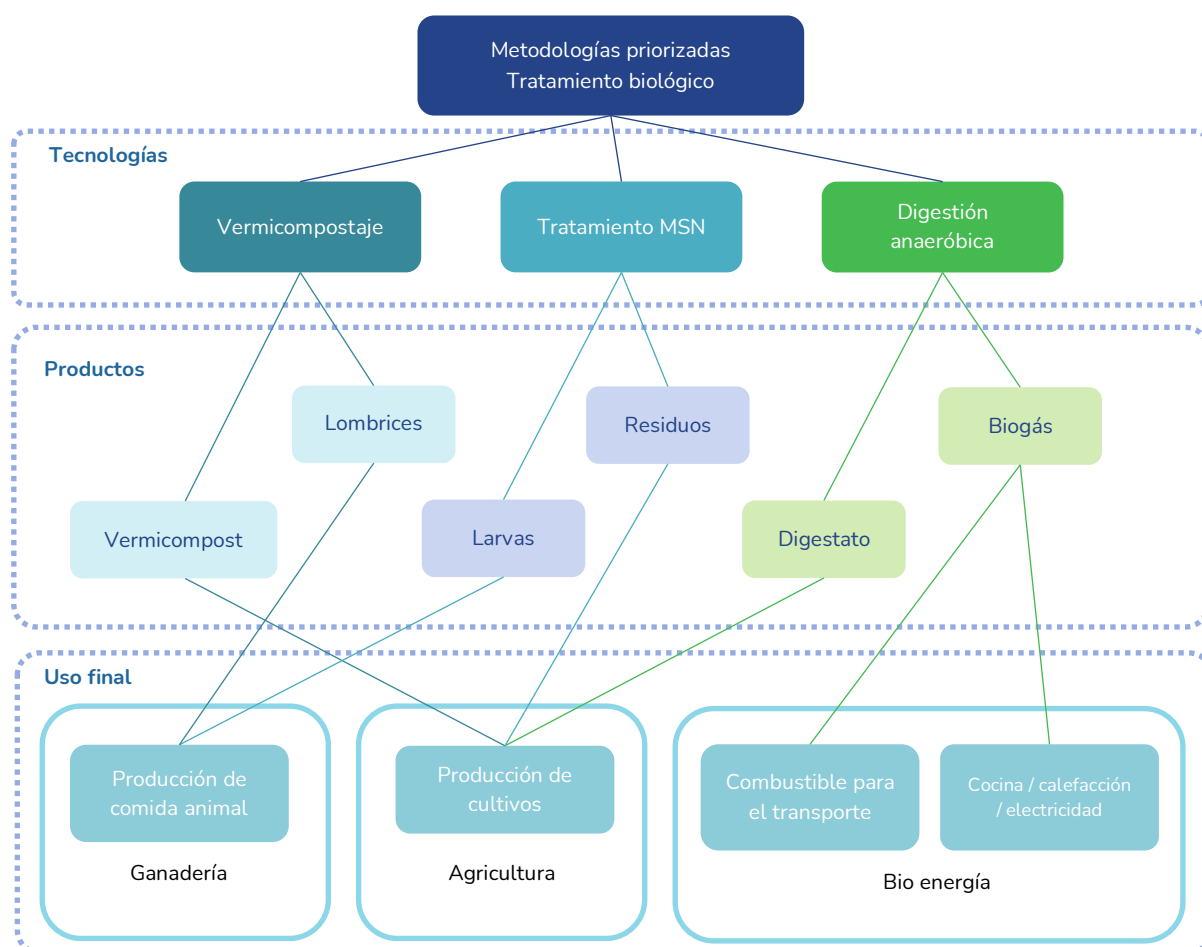
Por otro lado, en el marco del Programa Estratégico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), el Ministerio de Energía ha desarrollado el proyecto *Promoviendo el desarrollo de la energía a biogás en pequeñas y medianas agroindustrias seleccionadas* del sector lechero, donde se ha implementado alrededor de 30 biodigestores pequeños [70], [71]. Mientras que el Programa Reciclo Orgánicos está colaborando con la empresa Ecoprial en la implementación de una planta de recepción y procesamiento de residuos orgánicos industriales a través de un sistema de digestores anaerobios de flujo continuo para la obtención de biogás, donde se estima a tratar en promedio durante el 2020-2040, 73.000 toneladas anuales. [67]. A inicios de 2023, en la comuna de Osorno, región de Los Lagos, fue inaugurada la primera planta multi-residuos de biogás de Chile. Esta planta procesa al día cerca de 250 toneladas de residuos orgánicos provenientes de las industrias láctea, cárnica y pesquera para su transformación en biogás, digestato y electricidad que se inyecta al sistema interconectado central SIC [72].

Como se ha evidenciado, si bien existen adelantos de implementación de las tecnologías priorizadas para el sector residuos, aún hay una baja tasa de implementación de tecnologías enfocadas a la valorización de residuos orgánicos a nivel nacional, estimando que solo el 13% de las municipalidades han implementado este tipo de iniciativas y solo el 1% de residuos orgánicos producidos, son efectivamente recuperadas [73], [74].

Finalmente, la Figura 5 describe gráficamente las tecnologías priorizadas, sus productos y su uso final.

¹⁰ Cabe resaltar que estas plantas se refieren a rellenos sanitarios que captan el biogás desde las celdas y lo conducen a una central de quema para depurarlo y aprovecharlo energéticamente.

Figura 5. Descripción general de las tecnologías con sus productos generados y uso final



Fuente: Elaboración propia adaptado de Riuji et al. (2017) [59]

2.3.1. Barreras para la tecnología de digestión anaerobia

2.3.1.1. Económicas y financieras

A. Altos costos de inversión para la tecnología de digestión anaerobia para la implementación de la tecnología

De acuerdo con estudios, la rentabilidad de los proyectos de biodigestión puede estar supeditada a los altos costos de inversión de los sistemas y al posible ahorro energético a suplir, lo que muchas veces no termina siendo factible económicamente si no existen subsidios que cubran cerca del 50% de la inversión [75].

Los costos fijos son los que es necesario pagar, aunque la planta esté sin funcionar. Generalmente comprenden la maquinaria (bombas, tuberías, unidad de cogeneración, etc.), la energía comprada (electricidad, vapor, etc.), mano de obra (de gerencia, supervisores y operarios), costos de administración (pruebas de laboratorio, permisos, etc.), así como costos de capacitación del personal que opera y los costos derivados del mantenimiento, tanto preventivo, como reactivo. El componente variable depende de la capacidad de producción de la planta, este componente generalmente comprende operaciones, es decir, costos de mantenimiento, compra de materia prima, compra de suministros o aditivos, costos de eliminación de desechos, etc. [77].

En ese sentido, una de las razones detrás de estos costos elevados es la necesidad de infraestructura específica, como tanques de digestión, sistemas de separación de sólidos, sistemas de tratamiento de lixiviados y equipos de generación de energía. Además, se requiere una inversión significativa en tecnología de control y monitoreo para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro de las instalaciones [78]. Estos costos pueden ser especialmente prohibitivos para las comunidades más pequeñas o regiones con recursos financieros limitados.

B. Altos costos de transporte y logística de residuos

La ubicación de las plantas de digestión anaerobia puede variar de acuerdo con las regulaciones y parámetros establecidos por las autoridades encargadas de la planificación del territorio a nivel local, así como el tipo de uso de suelo de la zona de implementación. Sin embargo, la ubicación de las plantas de tratamiento biológico deberá mantener determinada distancia de los asentamientos poblacionales debido a la generación de olores y vectores asociados al almacenamiento de residuos orgánicos.

Dependiendo la distancia en la que sean ubicadas las plantas de digestión anaerobia con respecto a los puntos de recolección de residuos orgánicos en los municipios, pueden aumentar los costos de logística y transporte de residuos, entendiendo que se requiere una entrada continua y constante de residuos para mantener la producción de biogás [79]. Esto representaría una barrera con respecto a la rentabilidad del proyecto, sin embargo, la optimización de las rutas de recolección, el establecimiento de centros de acopio intermedios, la colaboración entre comunas, y una mayor cercanía entre el relleno sanitario y la planta de digestión anaerobia podrían ser acciones que disminuyan esta barrera.

C. Poca demanda de la comercialización del digestato

De acuerdo con la información suministrada por el grupo técnico del sector residuos en el Cuarto Grupo de Trabajo, el uso del biogás obtenido para la generación de energía eléctrica podría no ser rentable frente a otras fuentes de energía renovable como la fotovoltaica, pues estima que el valor de producción de cada kilovatio a partir de energía fotovoltaica sería más económico que el costo de producción por kilovatio generado con biogás.

Por otro lado, el digestato es otro insumo de la aplicación de esta tecnología, sin embargo, la ENRO [7] cita “es importante considerar que este tipo de plantas puede vender biometano en la red de gas, electricidad y/o calor de forma más regular que la producción y venta de digestato”, es decir, la comercialización del biogás y subproductos resulta más sencilla y constante en el mercado chileno que la comercialización del digestato. Por lo que se deberá incentivar el uso de dicho producto para evitar sobreofertas de este y, en consecuencia, posibles pérdidas económicas.

2.3.1.2. Técnicas y de capacidad

A. Requerimientos técnicos para la tecnología de biodigestores

Los lugares en los que se implementen biodigestores deberán cumplir con ciertas condiciones climáticas que favorecerán la producción de gas. Los biorreactores no calefaccionados funcionan satisfactoriamente en zonas donde la temperatura media anual está por encima de los 20°C puesto que la tasa de producción de metano se incrementa especialmente entre los 20°C y 28°C [75]. Por lo anterior, en términos climatológicos la distribución de proyectos de digestión anaerobia se podría focalizar a la zona norte del país, donde las condiciones son favorables para la producción de biogás sin implicar mayores costos en acondicionamiento térmico. A pesar de ello, esta barrera ha sido

superada por varias iniciativas donde gran parte de la implementación de esta tecnología se ha dado en la zona centro del país (Molina, Osorno, San Clemente), también en el sector lechero (Los Ríos y Los Lagos) y porcino (O'Higgins y RM principalmente).

B. Falta de capacidades técnicas para diseñar plantas de digestión anaerobias

En un Diagnóstico de Plantas de Digestión Anaerobia para el sector lechero en las regiones de Los Lagos y Los Ríos realizado por el INIA [69], se identificó que en general existe un bajo número de profesionales capacitados y formados con experiencia en sistemas de digestión anaeróbica. Además, existe una nula o baja capacitación a nivel de operadores de plantas de biogás en predios de producción de leche por parte de los dueños de dichos predios. Esto podría repetirse en la implementación de esta tecnología en otros sectores.

2.3.1.1. Ambientales

A. Mayor consumo de energía

Las plantas de digestión anaeróbica requieren energía para funcionar, lo que puede aumentar el consumo de electricidad, esta energía usualmente es comprada (electricidad, vapor, etc.) [77], lo que adicionalmente a las emisiones de GEI por consumo energético, podría ocasionar costos fijos adicionales. Sin embargo, con esta tecnología se promueve que el biogás producido se use para abastecer energéticamente los procesos internos de la planta, por lo que podría reducir los gastos de electricidad.

B. Contaminación del aire y suelo

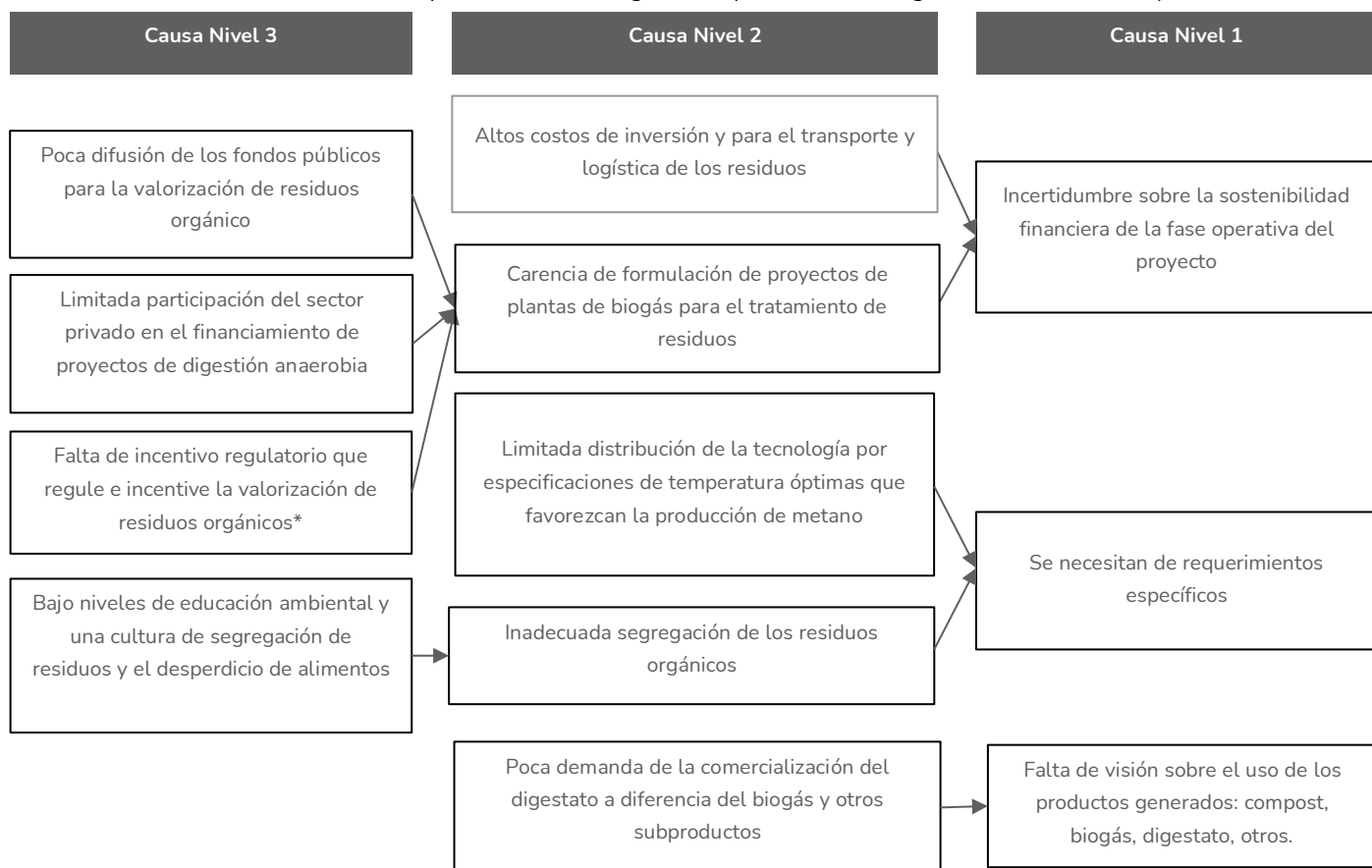
La construcción y operación de plantas de digestión anaeróbica pueden afectar a la biodiversidad local, contaminar el aire y suelo de la zona si no se llevan a cabo evaluaciones ambientales adecuadas y medidas de mitigación. La excavación para la instalación de la cámara de biodigestión ha sido identificada como la actividad con mayor impacto sobre el suelo y aire en la implementación de proyectos de producción de biogás a partir de digestión anaerobia. También en la fase funcionamiento se identifica otro posible impacto durante la etapa de funcionamiento como la liberación de olores cuando sea aplicado el digestato [80].

2.3.1.2. Socio culturales, informativas y de conocimiento

En el Cuarto Grupo de Trabajo llevado a cabo con el grupo técnico del sector residuos, se mencionó la dificultad que se presentaría en los proyectos de plantas de digestión anaerobia de no contar con una entrada suficiente de residuos para la producción de biogás. Por lo que resulta crucial, que en la planificación de los proyectos puedan establecerse contratos a largo plazo con proveedores de los residuos, para garantizar la entrada del principal insumo a la planta.

2.3.2. Recomendaciones para levantar las barreras identificadas de las plantas de digestión anaerobia

En el análisis de causa-efecto para la tecnología de plantas de digestión anaerobia (ver



) se identificó que se requiere de capacidad económica (altos costos de inversión) y técnica para la implementación de plantas de digestión anaeróbicas rentables. Este efecto se produce como consecuencia de 3 causas que incluyen: (1) los requerimientos técnicos de la tecnología, (2) un mercado aun no consolidado para la demanda del producto y su comercialización de los productos generados (biogás, digestato), e (3) incertidumbre sobre la rentabilidad financiera de proyectos de implementación de la tecnología.

Estas causas tienen su origen en siete barreras y/o brechas, de las cuales 2 son barreras transversales. Los 5 restantes se detallan a continuación en la Tabla 4, junto a la propuesta de sus potenciales medidas.

Tabla 4. Recomendaciones para las plantas de digestión anaerobia

Barreras / brechas identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B1. Altos costos de inversión y operación de la tecnología (i.e. transporte y logística de los residuos)	Importante	M1. Fortalecimiento del financiamiento de plantas de digestión anaeróbica que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales
B2. Desconocimiento de los fondos públicos para la valorización de residuos orgánicos	Crucial	M2. Fortalecimiento de la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos para la gestión de residuos

Barreras / brechas identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B3. Limitada participación del sector privado en el financiamiento de proyectos de digestión anaeróbica	Crucial	M3. Fortalecimiento de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología
B4. Falta de capacidades técnicas para diseñar plantas de digestión anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos de acuerdo a los desafíos y necesidades territoriales del lugar de implementación	Crucial	M4. Fomento de las alianzas que favorezcan el diseño de plantas de digestión anaerobia para el tratamiento de RO de acuerdo a los desafíos y necesidades territoriales del lugar de implementación
B5. Poca demanda de la comercialización del digestato	Crucial	M5. Fomento de la difusión y asistencia técnica para usar de manera eficiente el digestato, resaltando sus ventajas que promuevan su adopción y comercialización en el sector silvoagropecuario y otros

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado negra (MSN)

A. Descripción

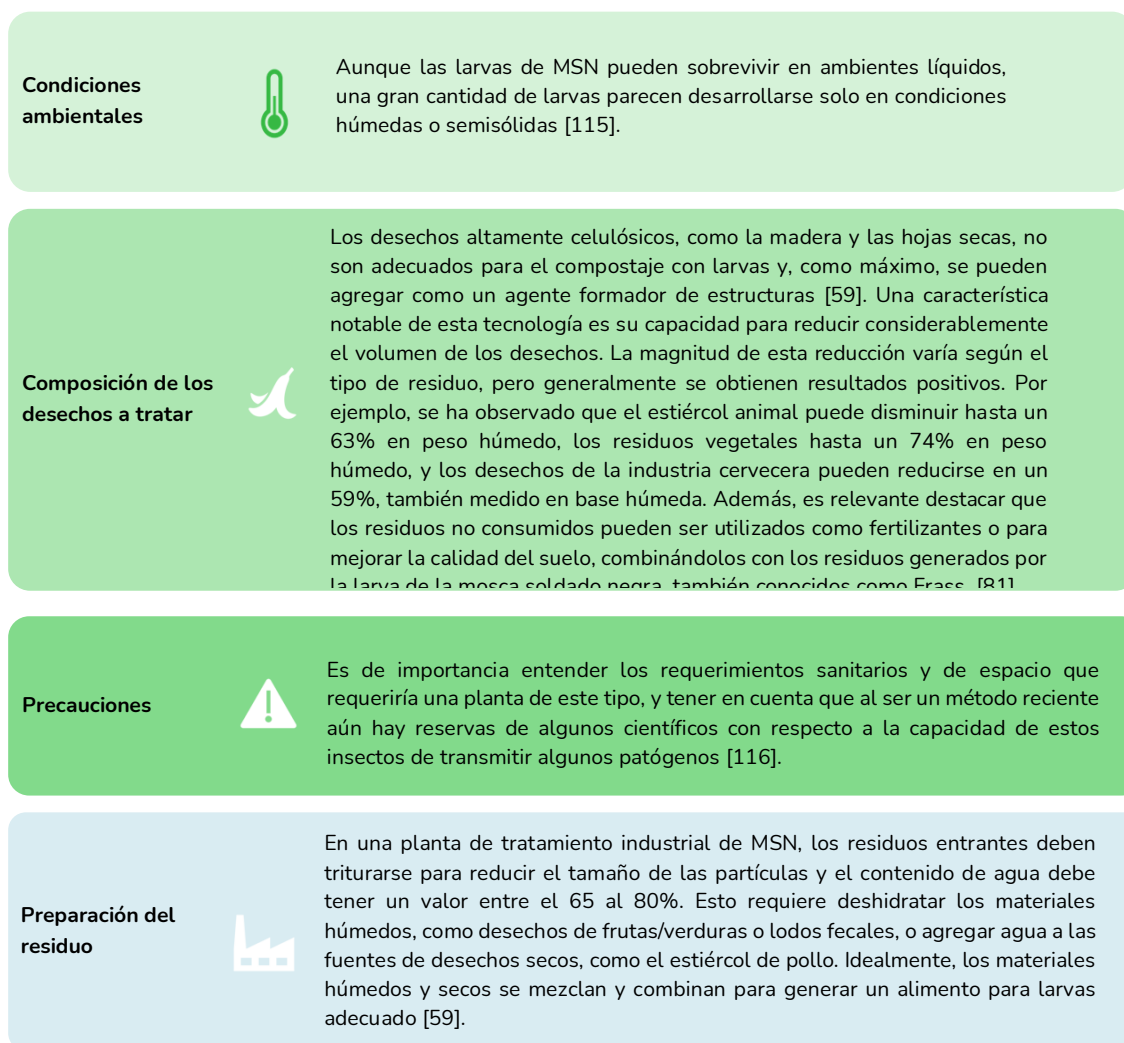
La tecnología de tratamiento biológico mediante larvas MSN está ganando cada vez más interés como una forma eficiente de convertir residuos orgánicos en biomasa rica en proteínas y grasa adecuada para la alimentación animal [50]. El enfoque consiste en alimentar a las larvas de mosca con desechos orgánicos. Este método puede reducir la cantidad de desechos orgánicos que ingresan en 50% a 80% resultando en un residuo post tratamiento, además las larvas se pueden recolectar después de aproximadamente 14 días con una tasa de conversión de desechos a biomasa de hasta el 20% [59].

Los principales productos de este tratamiento son las larvas y un residuo post tratamiento. Las larvas se pueden procesar y utilizar como sustituto de la harina de pescado en la alimentación animal convencional (su venta puede contribuir a reducir los costes de tratamiento de los residuos y a crear posibles oportunidades de ingresos a partir de los residuos orgánicos), y los residuos post tratamiento se pueden compostar y utilizar como enmienda del suelo.

La larva de la mosca transforma la materia orgánica que consume en biomasa, la cual utiliza para su propio desarrollo, y produce nutrientes de alta calidad. Es importante destacar que la clase de nutrientes producidos varía según la dieta de la larva. Por ejemplo, de acuerdo con lo citado por Oviedo, García y Gutiérrez [81] se ha observado que las larvas alimentadas con desechos de frutas pueden generar un 37.8% de proteína, mientras que aquellas que ingieren estiércol animal pueden alcanzar hasta un 44% de proteína. Además, el proceso de crecimiento de la larva conlleva la producción de grasas, cuyo contenido también varía dependiendo de su alimentación. Se ha encontrado que las larvas alimentadas con residuos ricos en aceites tienen un contenido graso del 42-49%, mientras que con estiércol bovino es del 35%, y con pollinaza, entre 15 y 25%.[81]

Algunas consideraciones para la implementación de este método son:

Figura 6. Consideraciones para la tecnología de tratamiento biológico mediante MSN



Complementariamente, la Tabla 5 detalla algunas experiencias de aplicación de esta tecnología y los tipos de residuos orgánicos que las MSN procesaron.

Tabla 5. Recopilación de experiencias de tratamiento biológico mediante MSN

Desechos tratables	Reducción de material en porcentaje (%)
Estiércol	Aves de corral: 51,0 - 60,0. Porcinos: 23,1. Bovinos: 25 - 40. Humano: (Lodos fecales de tecnologías de saneamiento in situ.) 47,7%
Residuos de frutas/verduras (Frutas y verduras desechadas por hogares, restaurantes, mercados, centros comerciales, empresas e instituciones públicas.)	Reducción de material en porcentaje (%): Maíz: 25,0 - 40,0. Cascarillas de arroz/paja de trigo: 58,2 - 70,9. Cascarillas de café: 29,8 - 49,0. Cáscara de plátano: 48,9 - 70,2. Cáscara de naranja: 25,0 - 50,0.
Residuos pesqueros. (Las aletas y todo el contenido interno del pescado, incluidas las branquias, los riñones, los intestinos, el corazón, el estómago y la vejiga producidas por las industrias pesqueras)	Reducción de material en porcentaje (%): 25,0 - 65,0.

Desechos tratables	Reducción de material en porcentaje (%)
Huevo de gallina (Cascaras de huevo de gallina)	Reducción de material en porcentaje (%): 33,5 .

Fuente: Adaptado de Cuestas D. (2022) [82].

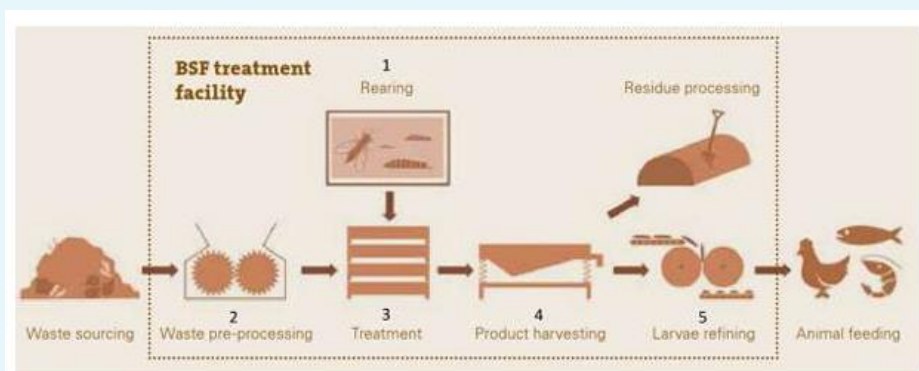
En complemento, el Box 4 presenta los pasos a tomar en cuenta a los actores que pretendan implementar esta tecnología.

Box 4. Características operativas de la puesta en marcha de la tecnología 3

El funcionamiento de la Planta de Tratamiento Biológica con MSN consta de 5 etapas:

- **Criadero:** se mantiene un pequeño número de larvas para garantizar una población reproductora estable.
- **Pre-tratamiento:** evaluación de los residuos en busca de sustancias inorgánicas y peligrosas, ajuste de la humedad (proceso de secado), reducción del tamaño de las partículas a través de trituración.
- **Tratamiento de las moscas:** 5 DOL (larvas de cinco días) son alimentados con residuos biológicos en los "larveros".
- **Recolección:** antes de convertirse en pupas, las larvas se recolectan y se separan del residuo, que también cuenta con valor nutricional como fertilizante.
- **Refinamiento:** tanto las larvas como los residuos se procesan posteriormente. Las larvas se secan, se trituran o se congelan para distribuirse como alimento para los salmones. El residuo se convierte se puede aplicar como enmienda del suelo, y se podría comercializar con los agricultores de la localidad.

Figura 7. Estructura básica de una planta de procesamiento de residuos orgánicos con MSN



B. Justificación

La implementación de una planta industrial de cría de la MSN, donde las larvas procesan el residuo orgánico y que, al secarse, son vendidas como alimento para distintos animales, responde a una de las contribuciones establecidas en la NDC en materia de economía circular, en la que se formula la reincorporación de los nutrientes materiales y sustratos contenidos en los residuos orgánicos municipales a los procesos productivos, como contribución a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Adicionalmente, su habilidad de disminuir los olores (emisiones volátiles) de la descomposición de los desechos ha sido comprobada, las larvas de la MSN redujeron las emisiones de todos los compuestos orgánicos volátiles (COV) de desechos de animales en un 87% [83].

Al crear cadenas de valor adicionales, el compostaje con larvas de MSN está ganando gran atención como una alternativa sostenible para la cría de animales, la cría de ganado, la alimentación para la

acuicultura, además de ser una tecnología de menos emisiones, tiene el potencial de fortalecer la resiliencia económica de las industrias a pequeña escala.

C. Avances de implementación

La investigación de la tecnología se ha centrado fuertemente en la alimentación de peces, como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), dorado (*Sparus aurata*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus* L.), debido al alto precio de la harina de pescado [84], [85]. Además, como un alimento adecuado en la etapa de crecimiento de los lechones sin afectar la calidad de la carne [86], [87].

Esta tecnología ha incursionado en Chile mediante el proyecto de Food for the Future (F4F) en la región de Los Lagos, emprendimiento que utiliza las MSN para producir harina de insectos para el sector de la salmonicultura [88], que está produciendo alimentos para otros animales como perros, cerdos, gallinas y mascotas exóticas. Según datos de F4F, 1 kg de huevos de larva de MSN come 20 toneladas de residuos orgánicos en 10 días y se convierten en 5.000 kg de harina de insecto [89] [90].

También, se han identificados avances de implementación en la región de Maule, donde se han desarrollado las dos primeras fases (diagnóstico y planificación) de un proyecto enfocado en la instalación de plantas de valorización de residuos con moscas soldado negro, que tendría pilotos en las comunas de Parral, San Javier y Río Claro [91].

2.4.1. Barreras para la tecnología Tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra (MSN)

2.4.1.1. Económicas y financieras

A. Elevados costos de inversión, operación y productos finales

Entre las barreras propuestas en los talleres de priorización con los actores claves se identificó que esta tecnología tiene altos costos de inversión y operación. Peña, G (2020) [91] argumenta que para poder ingresar a la industria de producción de harina de insecto a nivel industrial es necesario contar con recursos suficientes para la construcción de la planta productiva y la infraestructura necesaria para la operación, que constituye el costo principal del proyecto. Además de esto es necesario invertir en investigación y desarrollo para el proceso de cría de las larvas de insecto y su producción a nivel industrial. Para ello, la Tabla 6 presenta una recopilación de experiencias de los costos para implementar esta tecnología a diversas escalas.

Tabla 6. Recopilación de costos experiencias de tratamiento biológico mediante MSN

Costos asociados	Descripción de costos	Escala de tratamiento	Autor	Zona de aplicación
Costos capitales: Trituradora Biorreactores. pH Metro. Termómetro. Balanza. Tamiz. Total, Costos capitales (COP): \$4'756.300	De acuerdo con el estudio realizado, los costos más elevados corresponden a los de capital, debido a la inversión inicial en equipos y maquinaria. En contraste, los costos variables son relativamente bajos, beneficiándose del proceso que utiliza residuos orgánicos. Para el estudio, no se consideran los gastos asociados a las pruebas de laboratorio y al criadero de larvas de Mosca Soldado Negra (MSN).	El estudio buscó procesar 35.62 kg de material orgánico por día utilizando cascarilla de arroz (8.816 kg) para controlar la humedad y facilitar el desarrollo de las larvas. La mezcla resultante (44.08 kg) produce 3.313 kg de prepupas y 18.55 kg de compost, que luego de un proceso de post-compostaje se convierte en 10.541 kg de compost maduro, el cuál es el compuesto de interés.	Cabrera, D. López, A. (2021) [93]	Bogotá - Colombia.
Costos variables: Materia prima Operación Trituradora. Mano de obra. Total, Costos Variables (COP): \$65.730,16				

Costos asociados	Descripción de costos	Escala de tratamiento	Autor	Zona de aplicación
TOTAL \$4'822.031				
<p>Costos Equipos, Materias primas e Insumos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5 000 gr de larvas MSN. • Trituradora de eje simple. • Contenedores, jaulas de apareamiento y canastillas. • Hidro lavadora. <p>Total, Costos Equipo, Materias Primas e Insumos = 6 939 900. (COP)</p> <p>Costos Variables: Servicios públicos (Agua potable, energía eléctrica y otros).</p> <p>Total, Costos Variables: \$3.500.000 (COP)</p> <p>Costos fijos (Mantenimientos, Publicidad, Otros).</p> <p>Total, Costos fijos: \$7.000.000 COP</p> <p>Mantenimiento Servicios públicos.</p> <p>Costo Inicial del Proyecto: \$ 24 291 416 (COP).</p>	<p>De acuerdo con el estudio realizado una vez conocidos los resultados, estos fueron presentados al público objetivo al cuál se le preguntó su percepción del costo, obteniendo como resultado la percepción de que el proceso para obtener el producto deseado es altamente costoso.</p>	<p>Se inició con un grupo experimental de aproximadamente 15,000 larvas de Mosca Soldado Negra (MSN). Durante el estudio, se examinó minuciosamente el comportamiento del cultivo de larvas con el objetivo de implementar y evaluar la viabilidad del modelo de negocio propuesto para la producción de larvas y sus subproductos asociados.</p>	<p>Márquez, G. (2021) [94]</p>	<p>Barranquilla – Colombia.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Terreno • Obras civiles • Maquinaria y equipo • Camiones y bateas para el transporte de los residuos a la planta 	<p>Los costos de la inversión son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terreno: \$ 476.615 • Obras civiles: \$ 317.650 • Maquinaria y equipo: \$ 2.482.670 • Camiones y bateas para el transporte de los residuos a la planta: \$ 368.387 <p>Esto constituye un costo total de inversión de \$ 3.645.322.</p> <p>El estudio estima inversión de 3,64 MM USD, se obtiene un VAN de 17,1 MM USD y una TIR de 121,99%, lo que convierte proyecto en rentable.</p>	<p>La inversión necesaria para el proyecto comprende la compra de un terreno de 3 hectáreas, construcción de galpones de proceso y almacenamiento (3 galpones de 300 m²), oficinas, laboratorio (de 100 m²), casino, compra de maquinaria, naves de crianza, equipo de laboratorio y crianza, equipamiento de oficinas y camiones recolectores de residuos.</p> <p>Este proyecto estima una producción de 12.000 toneladas anuales, ubicada en la Región del Maule, que será abastecida con residuos orgánicos de la agroindustria. Estos residuos son utilizados para alimentar a larvas de Musca domestica que luego son transformados en harina que luego es enviada a los clientes en el sur de Chile.</p>	<p>Peña, G (2020) [95]</p>	<p>Maule Chile</p>

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, el costo final de los productos obtenidos a partir de la cría de larvas de mosca soldado-negra ha sido clasificado por algunos consumidores como elevado y muy elevado, percepción que puede impactar sobre las preferencias de los consumidores, quienes podrían preferir otros abonos orgánicos de menor costo, disponibles en el mercado [92].

2.4.1.2. Institucionales, políticas y regulatorias

A. Ausencia de marco regulatorio sobre el uso y producción de proteínas de MSN

A la fecha, no se identifica un marco regulatorio específico que reglamente el uso de proteínas animales procesadas derivadas de insectos en la alimentación de especies ganaderas, lo que podría afectar la aprobación de proyectos de este tipo [96]. Cabe resaltar, que esta es la única tecnología de las priorizadas en este informe que no es considerada por la ENRO [2], el cual propone al vermicompostaje, compostaje y plantas de digestión anaeróbica como medidas preventivas de separación en origen para valorizar los RO en lugar de enviarlos a rellenos sanitarios. Por lo que es necesario incorporar a esta tecnología en el marco regulatorio que promueve nuevas formas de valorización de RO.

2.4.1.3. Técnicas y de capacidad

A. Requerimientos de condiciones técnicas para garantizar la efectividad de la tecnología de MSN

Los procesos de reproducción de las moscas soldado-negra requieren de condiciones climáticas específicas para una mayor eficiencia de los procesos de transformación de los residuos. Se ha documentado que la reproducción y ovoposición ocurre en temperaturas mayores a 26°C y en una humedad relativa por debajo del 70%. Adicionalmente, se requiere de la incidencia de luz solar puesto que, de no ser así, se verá afectada la fertilidad de los huevecillos depositados por las moscas hembra [97].

El contenido de los residuos utilizados como alimento para las larvas puede afectar el crecimiento de las larvas además de la generación de proteínas resultantes de la biotransformación, lo que puede afectar la calidad del producto final obtenido. Por ejemplo, el exceso de grasas limita el crecimiento larvario y la producción de proteínas y grasas en la biotransformación [98].

2.4.1.4. Ambientales

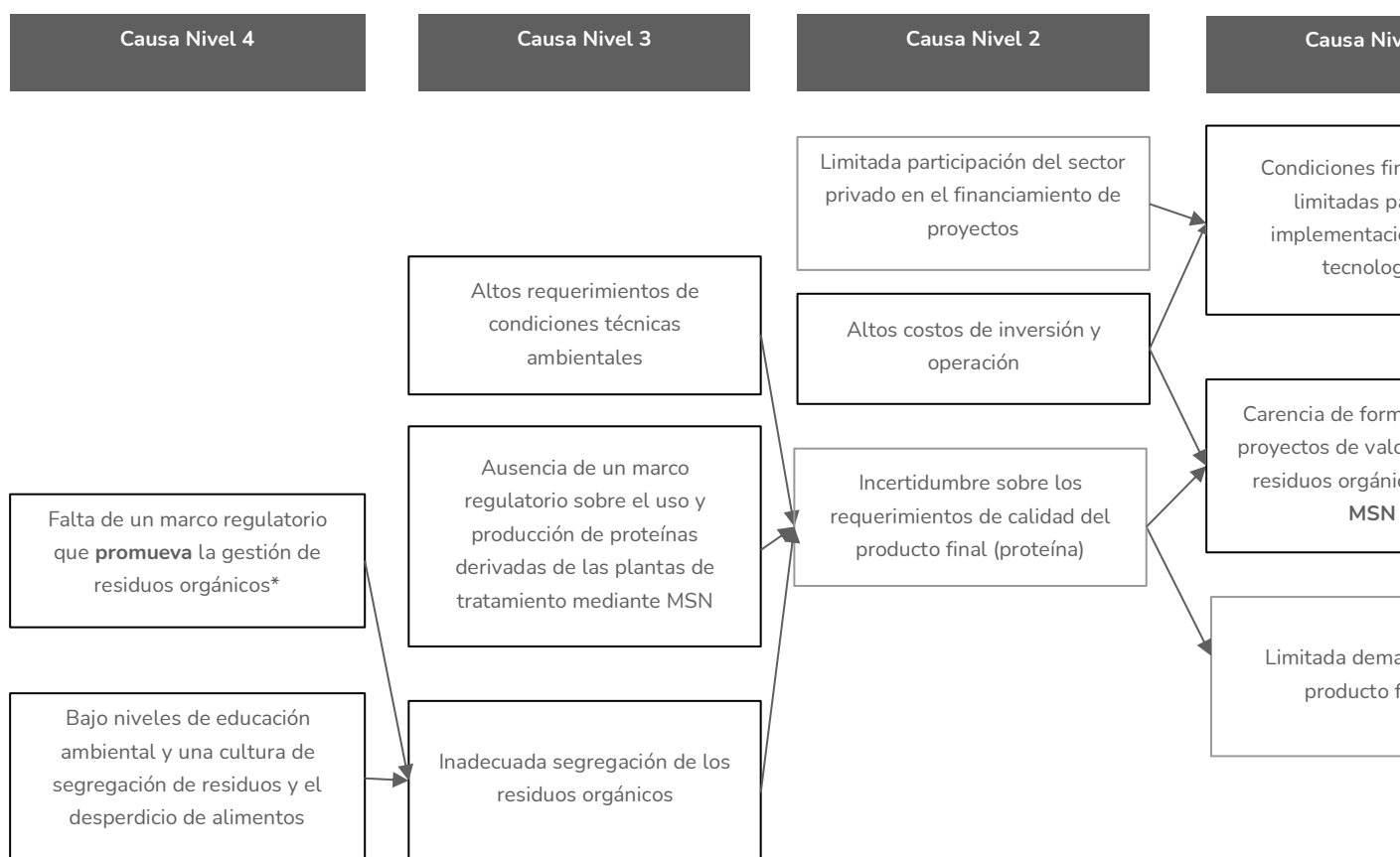
A. Impactos negativos ambientales en las larvas de mosca soldado-negra

De acuerdo con Bosch et al. [99] el tratamiento de residuos orgánicos mediante larvas de mosca soldado-negra requiere un incremento en el consumo de recursos (agua y energía). Por un lado, es necesario someter los residuos a procesos de hidratación y secado para obtener una mezcla óptima que favorezca la eficiente digestión en las larvas, lo que se traduce en consumos hídricos y energéticos.

Adicionalmente, la cría de larvas requiere del mantenimiento de ciertas condiciones ambientales como la temperatura y humedad relativa para favorecer su crecimiento, por lo que existe una demanda energética constante para garantizar dichas condiciones.

2.4.2. Recomendaciones para levantar las barreras identificadas del Tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra (MSN)

En el análisis de causa-efecto para la tecnología de tratamiento biológico de residuos orgánicos mediante larvas de mosca soldado-negra (ver Figura 12



), se identificaron dificultades para asegurar la rentabilidad económica y técnica para la adopción de la tecnología como modelo de economía circular de residuos orgánicos. Este efecto surge principalmente como consecuencia de las limitadas condiciones financieras para la implementación de la tecnología, la carencia de una cartera de proyectos y la limitada demanda del producto derivado de la valorización de los residuos orgánicos.

Estas causas se originan a partir de cuatro barreras y/o brechas específicas relacionadas con la tecnología, presentadas en la Tabla 7Tabla 3, junto a la propuesta de sus potenciales medidas.

Tabla 7. Recomendaciones para el tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra

Barreras / brechas identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B1. Costos de inversión y operación de la tecnología, así como limitada participación del sector privado en el financiamiento de proyectos de MSN	Importante	M1.1 Fortalecimiento del financiamiento de plantas de tratamiento mediante MSN que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales M1.2 Fortalecimiento de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología
B2. Requerimientos de condiciones técnicas ambientales para garantizar la efectividad del sistema	Crucial	M2. Fomento de estudios de factibilidad que evalúen las condiciones técnicas y ambientales para determinar la viabilidad de la implementación de plantas de MSN en ubicaciones específicas.
B3. Ausencia de un marco regulatorio sobre el uso y producción de proteínas derivadas de las plantas de moscas	Crucial	M3. Promoción de la investigación científica enfocada en evaluar la calidad nutricional y seguridad alimentaria de las proteínas derivadas

Barreras / brechas identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
		de las plantas de MSN que permita respaldar la creación de regulaciones basadas en evidencia

Fuente: Elaboración propia

2.5. Condiciones habilitantes del sector

Adicionalmente a la propuesta de medidas que responden a cada una de las tecnologías priorizadas para el sector se analizaron las barreras/brechas a nivel sectorial. Este análisis permitió evidenciar una escasez de proyectos implementados que valoricen residuos orgánicos municipales en el país. Esta problemática se da como consecuencia de la falta de un adecuado diagnóstico de residuos orgánicos municipales que dificulta la formulación de proyectos de valorización de orgánicos. Adicionalmente, de acuerdo con el análisis, se identificó que podrían presentarse posibles dificultades para la valorización de los residuos y posibles afectaciones de la calidad de los productos derivados, lo que complicaría su comercialización, por ende, afectaría la rentabilidad de los proyectos.

Para ello se proponen medidas que serán transversales al desarrollo tecnológico en el sector, las cuales responden a 6 barreras identificadas como raíz de las problemáticas existentes, como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. Condiciones habilitantes del sector gestión de residuos

Barreras / brechas identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B1. Falta de un marco legal que regule e incentive la valorización de residuos orgánicos	Crucial	M1. Promulgación de la nueva Ley nacional de gestión de residuos orgánicos y fortalecimiento de los mecanismos para su óptima implementación desde los gobiernos centrales en las diversas regiones y municipalidades
B2. Carencia de priorización regional y local frente a la valorización de residuos sólidos domiciliarios.	Importante	M2.1 Fomento de la cooperación y coordinación entre las instituciones involucradas en la gestión de residuos, con el fin de consolidar una gobernanza de residuos orgánicos. M2.2 Fortalecimiento de los planes regionales y locales que definan metas específicas y estrategias para la valorización de residuos orgánicos
B3. Poca capacidad técnica en los tomadores de decisiones a nivel local sobre la valorización de residuos	Importante	M3. Fortalecimiento de los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de la temática en diferentes planes y programas
B4. Bajo niveles de educación ambiental y una cultura de segregación de residuos y reducción del desperdicio de alimentos	Crucial	M4. Fortalecimiento de las estrategias de educación ambiental que incluya jornadas de concientización y sensibilización sobre la importancia de la separación de residuos en hogares y la reducción del desperdicio de alimentos
B5. Precariedad del servicio de recolección de residuos	Importante	M5. Mejoramiento de los servicios de recolección de residuos en las condiciones laborales y la provisión de equipos personas infraestructura, y equipamientos.

Barreras / brechas identificadas	Nivel de prioridad	Potencial medida
B6. Segregación de género en la dirección y servicios de gestión de residuos	Importante	M6.1. Desarrollo de un diagnóstico de género sobre participación y roles de la mujer en las empresas de cadena de valor de la valorización de residuos orgánicos. M6.2. Promoción del desarrollo profesional de mujeres en organizaciones e instituciones hacia instancias de toma de decisión vinculadas a la valorización de residuos
B7. La aplicación de tecnologías comunitarias utilizadas principalmente por mujeres mantiene y reproduce una nueva forma de trabajo doméstico no remunerado	Importante	M7. Impulso de programas de fortalecimiento de capacidades productivas y comerciales respecto a la valorización de residuos

Fuente: Elaboración propia.

3. Plan de Acción Tecnológico (PAT) para el sector Gestión de Residuos

3.1. Descripción general del sector

Según la ENRO, alrededor del 58% del peso total de los residuos sólidos municipales está constituido por residuos orgánicos, lo que supera en más del doble a la cantidad generada por otras categorías como envases y embalajes (incluyendo plástico, cartón, vidrio, latas, etc.). Sin embargo, menos del 1% del total anual de estas toneladas de residuos orgánicos se recupera o se recicla

Para dar un adecuado tratamiento a los residuos sólidos orgánicos, existen diversas tecnologías que podrían implementarse en el país, durante la elaboración de la TNA se seleccionaron 3:

- **Vermicompostaje comunitario**, proceso que consiste en la incorporación de diferentes especies de lombrices en un espacio acondicionado para la transformación de residuos orgánicos en vermicompost o humus de lombriz, el cual se usaría para las áreas verdes comunales.
- **Plantas de digestión anaerobia** para producir biogás y electricidad o biometanización es una tecnología que se basa en la descomposición anaeróbica en el interior de un biodigestor hermético por las actividades de cuatro microorganismos metabólicamente vinculados que consumen el residuo, y generan electricidad y abono para el suelo. Esta tecnología genera energía que puede usarse para alimentar energéticamente los sistemas de la planta de tratamiento, o el excedente incorporarse a la red local. Y como ultimo producto, el digestato es un abono orgánico para los cultivos.
- **Tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra (MSN)** la cual se considera como un proceso eficiente para transformar residuos orgánicos en biomasa rica en proteínas (harina de insecto), y enmienda para el suelo.

La identificación de las 3 tecnologías mencionadas paso por un proceso de evaluación, en el que se encontraron distintas barreras que pueden dificultar la implementación, mantenimiento o desarrollo de las mismas, entre estas se destaca el costo de la inversión inicial, la carencia de priorización regional y local frente a la valorización de residuos sólidos domiciliarios, el desconocimiento de tecnologías que favorezcan la reducción y aprovechen este tipo de residuos por parte de actores clave, entre otras.

Este análisis de barreras para cada tecnología evaluada permitió no solo identificar detallar que inconvenientes pueden existir, sino que a partir de ello se generó una lista de medidas y acciones a implementar para dar solución y eliminar estas barreras.

3.2. Ambición del PAT

La ambición del PAT responde a las metas de la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO), las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) y la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP).

Tabla 9. Finalidad y alcance de la ambición del PAT para el sector gestión de residuos

Tecnología	Alcance	Metas nacionales (ENRO, NDC y ECLP)	Ambición del PAT
Vermicompostaje comunitario	El vermicompostaje comunitario puede ser urbano o rural. Se destaca la producción de vermicompost para el uso de las familias participantes, áreas verdes comunales y el excedente se comercializaría, además.	Al 2030, valorizar el 30% de los residuos orgánicos municipales. Al 2040, aumentar del 1% al 66% de valorización de los residuos orgánicos generados a nivel municipal.	Aumentar el porcentaje de valorización de los residuos orgánicos municipales. Reducir el porcentaje de residuos sólidos orgánicos municipales que se destinan a los rellenos sanitarios.
Digestión Anaerobia	Se propone este sistema mediante la instalación de una planta de tratamiento de mediana a gran escala, puede implementarse a nivel comunal o unirse varias comunas para el tratamiento de sus RSO. Dependiendo de la cantidad estimada de residuos a tratar es el diseño y tamaño de la planta.	Al 2035, 100% de los residuos domésticos urbanos son depositados en rellenos sanitarios con sistemas de quema o uso de biogás. Al 2040, aumentar del 1% al 66% de valorización de los residuos orgánicos generados a nivel municipal.	Aumentar el porcentaje de valorización de los residuos orgánicos municipales. Reducir el porcentaje de residuos sólidos orgánicos municipales y demás sectores productivos que se destinan a los rellenos sanitarios.
Tratamiento biológico mediante MSN	Se propone la implementación de una planta de tratamiento de mediana a gran escala. Como subproductos esta tecnología produce un residuo post tratamiento y harina de larvas. El residuo post tratamiento sirve como enmienda para el suelo y podría usarse a nivel comunitario o comercializarse localmente o regionalmente dependiendo de la producción. La harina de larva se propone sea un insumo alimenticio para el sector ganadero y acuícola (salmonicultura).	Al 2040, aumentar del 1% al 66% de valorización de los residuos orgánicos generados a nivel municipal.	Aumentar el porcentaje de valorización de los residuos orgánicos municipales y sectores productivos como el agrícola, ganadero y salmonicultor.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Acciones y actividades

En los capítulos anteriores se determinaron las principales barreras con respecto a la aplicación cada una de las tres tecnologías seleccionadas, así como su nivel de prioridad y las potenciales medidas para superarlas. El siguiente paso es identificar acciones generales y específicas a implementar por los sectores para superar dichas barreras.

3.3.1. Actividades transversales

Para lograr introducir adecuadamente las tecnologías priorizadas a lo largo del país se requiere establecer una lista de actividades y acciones, las cuales serán descritas a continuación:

- **Promulgar una nueva Ley de gestión de residuos orgánicos y fortalecimiento de los mecanismos para su óptima implementación desde los gobiernos centrales en las diversas regiones y municipalidades**, lo que responde a la falta de un marco legal que regule e incentive la valorización de residuos orgánicos.

- **Fomentar la cooperación y coordinación entre las instituciones involucradas en la gestión de residuos, con el fin de consolidar una gobernanza de residuos orgánicos**, mediante la creación de un comité de valorización de residuos y un diagnóstico a nivel comunal para identificar las oportunidades de articulación y cooperación, lo que responde a la carencia de priorización regional y local frente a la valorización de residuos sólidos domiciliarios.
- **Fortalecer los planes regionales y locales que definen metas específicas y estrategias para la valorización de residuos orgánicos**, mediante un análisis de necesidades regionales y locales, y promover la colaboración con autoridades para elaborar o actualizar los planes regionales o comunales.
- **Fortalecer los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de la temática en diferentes planes y programas**, mediante el desarrollo de programas de formación que aborden aspectos técnicos, ambientales y económicos de la valorización de RSO, alianzas con las universidades y centros de investigación, capacitaciones e incorporación como parte de las funciones de cada área pertinente en municipios responsables de impulsar proyectos de este sector.
- **Fortalecer las estrategias de educación ambiental mediante jornadas de concientización y sensibilización sobre la importancia de la separación de residuos en hogares y la reducción del desperdicio de alimentos**, mediante un diagnóstico de los programas existentes, para implementar nuevos o fortalecer los existentes, además de articular con actores claves, ampliar los pilotos de recolección de RSO puerta a puerta y evaluación de resultados para su replicabilidad. Esto responde a la identificación de bajos niveles de educación ambiental y una cultura de segregación de residuos y reducción del desperdicio de alimentos.
- **Mejorar o potenciar los servicios de recolección de residuos en las condiciones laborales y la provisión de equipos, personas, infraestructura y equipamientos**, que responde a la precariedad del servicio de recolección de residuos. Se proponen actividades como diagnóstico para evaluar los servicios de recolección actuales, implementar programas de capacitación y desarrollo de habilidades en los trabajadores del sector, inversión en infraestructura del servicio y la verificación de que rutas de recolección podrían ser optimizadas,
- **Desarrollar un diagnóstico de género sobre la participación y roles de la mujer en las empresas de cadena de valor de la valorización de residuos orgánicos y promover el desarrollo profesional de mujeres en organizaciones e instituciones hacia instancias de toma de decisión vinculadas a la valorización de residuos**, que responde al desafío de segregación de género en la dirección y servicios de gestión de residuos. Para ello se proponen actividades como identificar y priorizar áreas de la cadena de valor, barreras y oportunidades, creación de un comité para promover la participación de la mujer en el sector, visibilizar historias de éxitos de empresarias del sector, promover programas de mentorías y aplicación de políticas de igualitarias.

Tabla 10. Actividades generales y específicas del sector residuos

Barreras causales	Medidas generales	Acciones generales	Actividades específicas
B1. Falta de un marco legal que regule e incentive la valorización de residuos orgánicos	M1. Promulgación de la nueva Ley nacional de gestión de residuos orgánicos y fortalecimiento de los mecanismos para su óptima implementación desde los gobiernos centrales en las diversas regiones y municipalidades	A1. Promulgar una nueva Ley nacional de gestión de residuos orgánicos y fortalecimiento de los mecanismos para su óptima implementación desde los gobiernos centrales en las diversas regiones y municipalidades	<p>1. Promulgación del proyecto de ley que contemple diversas opciones para la gestión de los residuos orgánicos y establezca incentivos, obligaciones, promoción de nuevas tecnologías de aprovechamiento, etc.</p> <p>2. Campañas de sensibilización y promoción a nivel nacional para destacar la importancia de la nueva ley y sus beneficios.</p>
B2. Carencia de priorización regional y local frente a la valorización de residuos sólidos domiciliarios.	M2.1 Fomento de la cooperación y coordinación entre las instituciones involucradas en la gestión de residuos, con el fin de consolidar una gobernanza de residuos orgánicos.	A2.1 Fomentar la cooperación y coordinación entre las instituciones involucradas en la gestión de residuos, con el fin de consolidar una gobernanza de residuos orgánicos	<p>1. Creación de un comité de valorización de residuos orgánicos con actores multisectoriales y a varios niveles de gobierno (SEREMIS, GORES y municipios) para priorizar la valorización de residuos sólidos orgánicos domiciliarios, establecer una red de coordinación, compartir proyectos, traslapar ideas, generar articulación e intercambiar experiencias.</p> <p>2. Diagnóstico a nivel comunal para identificar las oportunidades de articulación y cooperación entre las instituciones involucradas</p> <p>3. En base al diagnóstico, identificación de los posibles proyectos de gestión de valorización de residuos sólidos orgánicos domiciliarios intercomunal/regional/interregional que se están aplicando y/o que se pueden aplicar</p>
	M2.2 Fortalecimiento de los planes regionales y locales que definan metas específicas y estrategias para la valorización de residuos orgánicos	A2.2 Fortalecer los planes regionales y locales que definan metas específicas y estrategias para la valorización de residuos orgánicos	<p>1. Análisis de las necesidades regionales y locales en términos de gestión de residuos orgánicos y su adecuada valorización en los planes existentes</p> <p>2. En colaboración con las autoridades regionales y locales, elaborar o actualizar los planes regionales / comunales que incluyan objetivos específicos, plazos, metas y estrategias para la valorización de residuos orgánicos.</p>
B3. Poca capacidad técnica en los tomadores de decisiones a nivel local sobre la valorización de residuos	M3. Fortalecimiento de los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de la temática en diferentes planes y programas	A3. Fortalecer los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de la temática en diferentes planes y programas	<p>1. Desarrollo de programas de formación que aborden aspectos técnicos, ambientales y económicos de la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>2. Alianzas con las universidades y centros de investigación para el desarrollo de capacitaciones a nivel regional y local sobre el uso de la tecnología</p> <p>3. Desarrollo de capacitaciones para la formación de los funcionarios regionales y locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos</p> <p>4. Incorporación como parte de las funciones de cada área pertinente en municipios y comunas, la necesidad de capacitarse en esta temática.</p>

Barreras causales	Medidas generales	Acciones generales	Actividades específicas
B4. Bajo niveles de educación ambiental y una cultura de segregación de residuos y reducción del desperdicio de alimentos	M4. Fortalecimiento de las estrategias de educación ambiental que incluya jornadas de concientización y sensibilización sobre la importancia de la separación de residuos en hogares y la reducción del desperdicio de alimentos	A4. Fortalecer las estrategias de educación ambiental mediante jornadas de concientización y sensibilización sobre la importancia de la separación de residuos en hogares y la reducción del desperdicio de alimentos	1. Diagnóstico de programas de capacitaciones existentes a nivel nacional, regional y comunal (fortalecer los existentes o crear nuevos si no existen)
			2. Diseño y/o fortalecimiento de un programa de sensibilización sobre la segregación de residuos orgánicos en los hogares y la reducción de la generación de desperdicios de alimentos
			3. Articulación con actores claves (Comités Ambientales Comunales, Red de Escuelas Sustentables, Junta de Vecinos, municipalidades) para difundir la participación comunitaria en los programas de sensibilización
			4. Ampliación de los pilotos de recolección de residuos orgánicos puerta a puerta a nivel comunal para transportar los residuos a las zonas de valorización
			5. Evaluación de los resultados del piloto de recolección puerta a puerta, en base a ello implementar un programa o iniciativa a mayor escala, que sea replicable, sostenible y escalable.
B5. Precariedad del servicio de recolección de residuos	M5. Mejoramiento de los servicios de recolección de residuos en las condiciones laborales y la provisión de equipos personas, infraestructura y equipamientos.	A5. Mejorar o potenciar los servicios de recolección de residuos en las condiciones laborales y la provisión de equipos personas, infraestructura y equipamientos	1. Diagnóstico para evaluar los servicios de recolección de residuos existentes, identificando áreas de mejora y partes del proceso que pueden ser más eficientes.
			2. Programa de capacitación técnica y desarrollo de habilidades para los trabajadores de recolección de residuos en cada una de las etapas de recolección en base a la identificación de áreas de mejora (actividad anterior), con el fin de mejorar las condiciones laborales y la calidad del servicio
			3. Inversión en la infraestructura de recolección para la mejora del servicio, incluyendo la adquisición de equipos modernos y vehículos adecuados para cada tecnología (digestores anaeróbicos, plantas de MSN, etc.).
			4. Verificación de que rutas de recolección podrían ser optimizadas, e implementación sistemas de gestión de rutas eficientes que maximicen la recolección y transporte de residuos orgánicos domiciliarios hacia las plantas de valorización correspondientes.
B6. Segregación de género en la dirección y servicios de gestión de residuos	M6.1. Desarrollo de un diagnóstico de género sobre participación y roles de la mujer en las empresas de cadena de valor de la valorización de residuos orgánicos.	A6.1. Desarrollar un diagnóstico de género sobre la participación y roles de la mujer en las empresas de cadena de valor de la valorización de residuos orgánicos.	1. Identificación y priorización de las áreas de la cadena de valor de la valorización de residuos orgánicos en las que la participación de la mujer es limitada o inexistente.
			2. Identificación de las barreras y oportunidades para la participación de la mujer en la cadena de valor de la valorización de residuos
			3. Creación de un comité para fomentar la participación activa de la mujer en la toma de decisiones y en la implementación de políticas y

Barreras causales	Medidas generales	Acciones generales	Actividades específicas
			regulaciones relacionadas con la valorización de residuos
	M6.2. Promoción del desarrollo profesional de mujeres en organizaciones e instituciones hacia instancias de toma de decisión vinculadas a la valorización de residuos	A6.2. Promover el desarrollo profesional de mujeres en organizaciones e instituciones hacia instancias de toma de decisión vinculadas a la valorización de residuos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocer y visibilizar historias de mujeres exitosas en el sector, en posiciones de toma de decisión y liderazgo 2. Promoción de mentorías y redes profesionales de mujeres para acceder a puestos de toma de decisión 3. Aplicación de políticas de promoción igualitarias basadas en desempeño y que no requieran necesariamente procesos de aplicación
B7. La aplicación de tecnologías comunitarias utilizadas principalmente por mujeres mantiene y reproduce una nueva forma de trabajo doméstico no remunerado	M7. Impulso de programas de fortalecimiento de capacidades productivas y comerciales respecto a la valorización de residuos	A3. Impulsar programas de fortalecimiento de capacidades productivas y comerciales respecto a la valorización de residuo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo herramientas y recursos educativos, como manuales y guías técnicas, para apoyar la capacitación técnica y el desarrollo de habilidades en el campo de la valorización de residuos orgánicos municipales. 2. Promoción de mentorías dirigidas hacia mujeres respecto al desarrollo de emprendimientos con prácticas sostenibles vinculadas a la valorización de residuos. 3. Generación de concursos mensuales respecto a la valorización de residuos comunitarios con premios de reconocimiento público y compensación económica.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Tecnología 1. Vermicompostaje comunitario

Se busca incorporar esta tecnología en hogares, escuelas y comunidades, permitiendo la transformación de residuos orgánicos en vermicompost, un abono orgánico de alta calidad. Las acciones están encaminadas hacia la difusión de la tecnología, buscando un mayor conocimiento por parte de las comunidades y actores gubernamentales a nivel local y regional, de igual manera se busca fortalecer la capacidad técnica, económica y logística de los actores involucrados en la puesta en ejecución de los diferentes programas que usen esta tecnología. Las medidas generales se describen a continuación:

- **Fortalecimiento de la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos puede derribar esta barrera de manera efectiva:** busca mejorar la gestión de residuos al facilitar el acceso a fondos públicos, se pueden realizar más proyectos de recolección, tratamiento y valorización de residuos.
- **Fortalecimiento de los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de los proyectos,** para asegurar una adecuada implementación de los proyectos, destacando la mejora en la comprensión del funcionamiento de la tecnología en un contexto local, así como el desarrollo de habilidades técnicas en funcionarios y actores locales permite asegurar el funcionamiento eficiente del proyecto.

- **Promoción del involucramiento comunitario en todas las etapas del proyecto (formulación, diseño, implementación, cierre) para asegurar la sostenibilidad de la tecnología y su escalabilidad a largo plazo:** Esta medida busca asegurar la sostenibilidad del proyecto a implementarse y su escalabilidad a largo plazo, esto se logra al adaptar el proyecto para que solucione las problemáticas locales, creando espacios de co-creación, ayudando a generar un sentido de apropiación y aceptación social.
- **Promoción de estándares de composición y etiquetado que asegure calidad del vermicompost para la comercialización del excedente de producción:** Con esta medida se pretende obtener una mayor confianza del consumidor, esto al tener estándares de composición que garantizarán que el vermicompost cumpla con ciertos requisitos de calidad, como el contenido de nutrientes, la materia orgánica y la ausencia de contaminantes, sumado a ello, el vermicompost certificado puede comercializarse como un producto de alta calidad para el sector agrícola.

Tabla 11. Actividades generales y específicas de la tecnología de vermicompostaje comunitario

Barreras causales	Medidas generales	Acciones generales	Actividades específicas
B1. Desconocimiento y desaprovechamiento de los fondos públicos disponibles para la valorización de residuos orgánicos	M1. Fortalecimiento de la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos para la gestión de residuos	A1. Fortalecer la difusión de fondos públicos y brindar acompañamiento a las municipalidades y gobiernos regionales	1. Identificación de fondos públicos e internacionales disponibles a nivel nacional y regional para proyectos de valorización de residuos orgánicos.
			2. Actualización de la "Guía destinada a funcionarios públicos, para la postulación de iniciativas de valorización de residuos orgánicos" en base a la nueva identificación de fondos existentes.
			3. Capacitaciones a las municipalidades y gobierno regional sobre el uso de la guía y los fondos de financiamiento existentes y la cartera de proyectos (Programa de capacitaciones)
			4. Vinculación de las funciones de las unidades regionales (URS) de la SUBDERE que asegure un correcto asesoramiento a los gobiernos regionales y locales sobre los fondos públicos existentes para la tipología de proyectos relacionados a la valorización de residuos orgánicos
			5. Asistencia técnica para el desarrollo una cartera preliminar de proyectos de vermicomposteras comunitarias postulables a los fondos públicos que sirvan como insumo para gobiernos regionales y municipalidades
B2. Falta de capacidades técnicas para la formulación de proyectos de valoración de residuos orgánicos a nivel comunal	M2. Fortalecimiento de los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para	A2. Fortalecer los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada	1. Elaboración de una guía de la gestión de residuos orgánicos a nivel comunal que incluya la implementación y operación de las vermicomposteras comunitarias, que incorpore casos de éxito de proyectos de valorización de residuos orgánicos que puedan replicarse y escalarse
			2. Alianzas con las universidades y centros de investigación para el desarrollo de capacitaciones a nivel regional y local sobre el uso de la tecnología

	asegurar una adecuada implementación de los proyectos.	implementación de los proyectos.	3. Desarrollo de capacitaciones para la formación de los funcionarios regionales y locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para el vermicompostaje comunitario, que incluyan temas como la selección de especies de lombrices, la preparación de sustratos, la alimentación, el manejo y la cosecha de lombrices, operación, entre otros.
B3. Incertidumbre de la participación de la comunidad en todas las etapas del proyecto	M3. Promoción del involucramiento comunitario en todas las etapas del proyecto (formulación, diseño, implementación, cierre) para asegurar la sostenibilidad de la tecnología y su escalabilidad a largo plazo	A3. Promover el involucramiento comunitario en todas las etapas del proyecto para asegurar la sostenibilidad y escalabilidad del proyecto	1. Diseño del modelo de gestión del piloto de vermicompostaje comunitario: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad del proyecto
			2. Desarrollo de talleres para la transferencia de conocimientos y experiencias entre los actores involucrados en la gestión de residuos orgánicos y las juntas de vecinos u organizaciones comunales para la implementación del vermicompostaje comunitario y explicando los beneficios (ej. humus para los parques públicos y vecinos).
			3. Establecimiento de comités de participación comunitaria que trabajen en estrecha colaboración con los responsables del proyecto. Estos comités pueden servir como enlace entre la comunidad y los implementadores del vermicompostaje.
			4. Diseño y ejecución de campañas de concientización en la comunidad a través de medios locales, como folletos, carteles y redes sociales, para mantener un alto nivel de participación e interés a lo largo del tiempo.
			5. Diseño de recursos interactivos (manuales y videos instructivos) en la plataforma web de Economía Circular del MMA que permita replicar experiencias a nivel comunitario
B4. Falta de respaldo normativo para garantizar la comercialización del excedente de producción del vermicompost	M4. Promoción de estándares de composición y etiquetado que asegure calidad del vermicompost para la comercialización del excedente de producción	Promover la implementación de estándares de composición y etiquetado asegure calidad del vermicompost para la comercialización del excedente de producción	1. Evaluación de la cadena de valor del vermicompost, identificando a los usuarios / beneficiarios (áreas verdes, familias participantes) y los mecanismos de utilización del excedente de producción (venta de vermicompost, intercambio entre comunas, etc.)
			2. Aprobación de estándares de calidad para asegurar un vermicompost de buena calidad
			3. Difusión de los estándares de calidad, a través de campañas y capacitaciones
			4. Evaluación de calidad del excedente de producción de vermicompost a nivel local para su posterior etiquetado y comercialización a nivel local

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Tecnología 2. Digestión anaerobia

La implementación de esta tecnología depende en gran medida de superar las barreras vinculadas al alto costo económico que supone la inversión inicial y el mantenimiento para el correcto funcionamiento del proceso, ello requiere análisis financieros que demuestren la viabilidad de la tecnología a los entes responsables de poner en marcha los proyectos. Las medidas se describen a continuación:

- **Fortalecimiento del financiamiento de plantas de digestión anaeróbica que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales**, dado que se identificó como una de las principales dificultades a la hora de poner en marcha proyectos de este tipo de tecnología se encuentran los altos costos en la inversión inicial y la operación de la misma por lo que el desarrollo de un análisis financiero puede demostrar la viabilidad de la inversión, el tiempo de retorno de la misma y las ganancias a nivel social, económico y ambiental.
- **Fortalecimiento de la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos para la gestión de residuos**, para impulsar el conocimiento de los diversos fondos existentes que podrían financiar este tipo de iniciativas. Así como capacitar a los funcionarios públicos y brindarles el adecuado asesoramiento para la postulación de sus proyectos.
- **Fortalecimiento de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología**: A través de un diagnóstico se busca establecer las causas de la baja cantidad de iniciativas de este tipo de tecnología en el sector privado, con el fin de evaluar posibles acciones como el establecimiento de convenios, alianzas y capacitaciones que permitan dar a conocer las ventajas y utilidades en diferentes ámbitos de proyectos de digestión anaerobia, buscando aumentar el número de los mismos y una mejor participación del sector.
- **Fomento de las alianzas que favorezcan el diseño de plantas de digestión anaerobia para el tratamiento de RO de acuerdo a los desafíos y necesidades territoriales del lugar de implementación**. Las acciones se destacan en diferentes ámbitos, el primero, el diagnóstico territorial que permita establecer la viabilidad territorial para la implementación de la planta, en segundo lugar, establecer un modelo de gestión que permita establecer el financiamiento, diseño y operación del proyecto que incluya la identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento, rentabilidad, gobernanza y sostenibilidad del proyecto para el aprovechamiento del biogás, finalmente se proponen plantas piloto que permitan demostrar la viabilidad técnico económica del proyecto.
- **Fomento de la difusión y asistencia técnica para usar de manera eficiente el digestato, resaltando sus ventajas que promuevan su adopción y comercialización en el sector silvoagropecuario y otros**. Esta medida busca dar a conocer las ventajas del digestato, por lo cual se necesita investigación que permitan demostrar la viabilidad del producto, así mismo el establecimiento de una cadena de valor donde se detallen las características técnicas puede ofrecer la posibilidad de generar el cumplimiento de estándares de calidad y generar una certificación para el producto final que garantice su calidad como fertilizante.

Tabla 12. Actividades generales y específicas de la tecnología de digestión anaerobia

Barreras causales	Medidas generales	Acciones generales	Actividades específicas
B1. Altos costos de inversión y operación de la tecnología (i.e. transporte y logística de los residuos)	M1. Fortalecimiento del financiamiento de plantas de digestión anaeróbica que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales	A1. Fortalecer el financiamiento de plantas de digestión anaeróbica que favorezca la valorización de	1. Desarrollo de un análisis financiero para demostrar la viabilidad económica y ambiental de la implementación de plantas de digestión anaeróbica
			2. Diseño del modelo de gestión: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad

		residuos orgánicos municipales	<p>3. Difusión del análisis financiero y los modelos de negocio de la tecnología para atraer posibles interesados en desarrollar la tecnología junto al municipio (inversores, colaboradores, financistas, etc.)</p> <p>4. Establecimiento de alianzas con instituciones financieras y organismos internacionales para obtener financiamiento para la implementación o mejoramiento de plantas de digestión anaeróbica.</p>
<p>B2. Desconocimiento de los fondos públicos para la valorización de residuos orgánicos</p>	<p>M2. Fortalecimiento de la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos para la gestión de residuos</p>	<p>A2. Fortalecer la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos para la gestión de residuos</p>	<p>1. Identificación de fuentes de financiamiento y fondos públicos, privados e internacionales disponibles para proyectos de digestión anaeróbica y valorización de residuos orgánicos.</p>
			<p>2. Actualización de la "Guía destinada a funcionarios públicos, para la postulación de iniciativas de valorización de residuos orgánicos" en base a la nueva identificación de fondos existentes.</p>
			<p>3. Capacitaciones a las municipalidades y gobierno regional sobre el uso de la guía y los fondos de financiamiento existentes</p>
			<p>3. Vinculación las funciones de las unidades regionales (URS) de la SUBDERE que asegure un correcto asesoramiento a los gobiernos regionales y locales sobre los fondos públicos existentes para la tipología de proyectos relacionados a la valorización de residuos orgánicos</p>
			<p>4. Asistencia técnica para el desarrollo una cartera preliminar de proyectos de plantas de digestión anaerobia postulables a los fondos públicos, privados y/o internacionales que sirvan como insumo para los gobiernos regionales y municipalidades</p>
<p>B3. Limitada participación del sector privado en el financiamiento de proyectos de digestión anaeróbica</p>	<p>M3. Fortalecimiento de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología</p>	<p>A3. Fortalecer la formación de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología</p>	<p>1. Diagnóstico de actores (empresas o entidades privadas) interesados en invertir en proyectos de digestión anaeróbica para valorizar residuos orgánicos</p>
			<p>2. Identificación de los posibles mecanismos de colaboración entre el municipio y el actor privado: convenios, contratos, concesiones, licitaciones</p>
			<p>3. Convenios de colaboración entre el sector público y privado para cofinanciar proyectos y compartir los riesgos y beneficios.</p>
<p>B4. Falta de capacidades técnicas para diseñar plantas de digestión anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos de acuerdo a los desafíos y necesidades territoriales del</p>	<p>M4. Fomento de las alianzas que favorezcan el diseño de plantas de digestión anaerobia para el tratamiento de RO de acuerdo a los desafíos y necesidades territoriales del lugar de implementación</p>	<p>A4. Fomentar las alianzas que favorezcan el diseño de plantas de digestión anaerobia para el tratamiento de RO de acuerdo a los desafíos y necesidades territoriales del lugar de implementación</p>	<p>1. Diagnóstico territorial para identificar las especificaciones técnicas que debería tener el diseño de una planta de digestión anaerobia en un lugar determinado (i.e. condiciones climáticas, volumen de residuos, necesidad en zonas urbanas y rurales, viabilidad territorial, etc.)</p>
			<p>2. Modelo de gestión para el proyecto a implementar: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad</p>
			<p>3. Incorporación del subproducto biogás como insumo energético en la fase operativa de la planta de digestión anaeróbica</p>

Lugar de implementación			4. Implementación de plantas piloto de digestión anaeróbica
B5. Poca demanda de la comercialización del digestato	M5. Fomento de la difusión y asistencia técnica para usar de manera eficiente el digestato, resaltando sus ventajas que promuevan su adopción y comercialización en el sector silvoagropecuario y otros	A5. Fomentar la difusión y asistencia técnica del uso eficiente, resaltando sus ventajas que promuevan su adopción y comercialización en el sector silvoagropecuario y otros	1. Desarrollo de investigaciones sobre los beneficios agronómicos del digestato como fertilizante y la mejora de procesos para asegurar su calidad
			2. Evaluación de la cadena de valor del digestato, identificando a los usuarios / beneficiarios (agricultores, ganaderos, empresas de jardinería, entre otros) y análisis financiero de su comercialización
			3. Establecimiento de un modelo de gestión para la incorporación del digestato en el mercado silvoagropecuario y forestal: identificación de la demanda local del digestato, entrenamiento de capacidades, alianzas con actores claves, comercialización
			4. Establecimiento de estándares de calidad y certificación para el digestato que garantice su calidad como fertilizante.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Tecnología 3. Tratamiento biológico mediante MSN

Para la implementación de esta tecnología se busca generar acciones que permitan superar la barrera de los altos costos generados por la inversión inicial para la compra de insumos y el mantenimiento de los diferentes equipos necesarios para el proceso, para ello es necesario la creación de un análisis financiero detallado dirigido a actores de los sectores público y privado, en el que se detalle la rentabilidad y ventajas generadas al poner en ejecución proyectos que incluyan esta tecnología. Sumado a ello se busca generar la capacidad técnica para brindar y adaptar condiciones ideales ambientales en las que se dé un desarrollo eficiente de la tecnología.

- **Fortalecimiento del financiamiento de plantas de tratamiento mediante MSN que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales**, para obtener una o varias fuentes de financiamiento que permitan subsanar los altos costos iniciales para la implementación de la tecnología, para esto se proponen acciones que aseguren la divulgación de las ventajas, utilidades y capacidades de este tipo de plantas, esto a través de un modelo de gestión y la creación de una cadena de valor que ofrezca las características técnicas paso a paso.
- **Fortalecimiento de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología**, los convenios entre los dos sectores favorecen la posibilidad de encontrar fondos con mayor facilidad para el desarrollo de proyectos, a través de proyectos piloto se busca mostrar la capacidad de la misma, mostrando así las capacidades técnicas y utilidades que puede ofrecer.
- **Fomento de estudios de factibilidad que evalúen las condiciones técnicas y ambientales para determinar la viabilidad de la implementación de plantas de MSN en ubicaciones específicas**. Para ofrecer una evaluación de la viabilidad técnica de proyectos, esto a través de estudios de factibilidad, los cuales permiten evaluar las condiciones técnicas y ambientales que son necesarias para la viabilidad de una planta de MSN, lo que a su vez facilita la toma de decisiones informadas por parte de los actores involucrados.

- **Promoción de la investigación científica enfocada en evaluar la calidad nutricional y seguridad alimentaria de las proteínas derivadas de las plantas de MSN que permita respaldar la creación de regulaciones basadas en evidencia.** Para contribuir al acervo de conocimiento de los beneficios de esta tecnología y sus principales productos (harina de insecto y enmienda para el suelo), el fomento de la colaboración con universidades y centros de investigación, la identificación de la cadena de valor de la harina de insecto, el diseño de un modelo de gestión y la formulación de regulaciones para el producto contribuirán para el actual marco regulador incipiente para esta tecnología, e impide el desarrollo de la misma.

Tabla 13. Actividades generales y específicas de la tecnología de tratamiento biológico con MSN

Barreras causales	Medidas generales	Acciones generales	Actividades específicas
B1. Costos de inversión y operación de la tecnología, así como limitada participación del sector privado en el financiamiento de proyectos de MSN	M1.1 Fortalecimiento del financiamiento de plantas de tratamiento mediante MSN que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales M1.2 Fortalecimiento de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología	A1. Fortalecer el financiamiento de plantas de tratamiento mediante MSN que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales A2. Fortalecer las alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología	1. Análisis financiero para demostrar la viabilidad económica y ambiental de la implementación de tratamiento biológico mediante MSN
			2. Diseño de un modelo de gestión: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad
			3. Identificación de actores (empresas o entidades privadas) interesados en invertir en proyectos de tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra (MSN)
			4. Campañas de promoción mediante espacios de diálogo para mostrar las oportunidades de negocio y los beneficios de invertir en el tratamiento biológico mediante MSN en base al análisis financiero y modelo de gestión
			5. Identificación de los posibles mecanismos de colaboración entre el municipio y el actor privado: convenios, contratos, concesiones, licitaciones
			6. Convenios de colaboración entre el sector público y privado para cofinanciar proyectos pilotos
B2. Requerimientos de condiciones técnicas ambientales para garantizar la efectividad del sistema	M2. Fomento de estudios de factibilidad que evalúen las condiciones técnicas y ambientales para determinar la viabilidad de la implementación de plantas de MSN en ubicaciones específicas.	A2. Fomentar la realización de estudios de factibilidad que evalúen las condiciones técnicas y ambientales para determinar la viabilidad de la implementación de plantas de MSN en ubicaciones específicas.	1. Evaluación de la viabilidad técnica de cada ubicación potencial, considerando factores como la temperatura, humedad relativa, disponibilidad de luz solar y calidad de los residuos orgánicos disponibles.
			2. Propuesta de un plan de adecuación de la tecnología a las condiciones técnicas ambientales desafiantes
			3. Establecimiento de convenios de colaboración con los centros de investigación para el análisis de la adaptación climática de la tecnología (en colaboración con la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo - ANID)
			4. Desarrollo de posibles modelos de negocio, cadenas de valor, escenarios económicos, etc., que consideren las condiciones específicas de cada ubicación para el desarrollo de la tecnología

<p>B3. Ausencia de un marco regulatorio sobre el uso y producción de proteínas derivadas de las plantas de moscas</p>	<p>M3. Promoción de la investigación científica enfocada en evaluar la calidad nutricional y seguridad alimentaria de las proteínas derivadas de las plantas de MSN que permita respaldar la creación de regulaciones basadas en evidencia</p>	<p>Promover la investigación científica enfocada en evaluar la calidad nutricional y seguridad alimentaria de las proteínas derivadas de las plantas de MSN que permita respaldar la creación de regulaciones basadas en evidencia</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de investigaciones que evalúen la calidad nutricional y la seguridad alimentaria de las proteínas derivadas de larvas de la MSN. 2. Fomento de la colaboración entre universidades, centros de investigación y empresas para el desarrollo de dichas investigaciones 3. Identificación de la cadena de valor de la harina de insecto, identificando a los usuarios / beneficiarios (agricultura, ganadería, salmonicultura) y análisis financiero de su comercialización 4. Diseño de un modelo de gestión para la incorporación de la harina de insecto en el mercado silvoagropecuario y acuícola: identificación de la demanda local de la harina de insecto, entrenamiento de capacidades, alianzas con actores claves, comercialización 5. Formulación de regulaciones que planteen los requisitos técnicos, estándares de calidad, prácticas de manejo seguro y otros aspectos relevantes de la harina de insecto.
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

3.4. Mapeo de actores para la implementación del PAT

En la puesta en marcha del PAT pueden intervenir diversos actores, entre los que se pueden destacar:

En el sector público:

- **Ministerio de Medio Ambiente:** Es el encargado de formular y ejecutar la política ambiental del país, entre sus principales objetivos se encuentra promover el desarrollo sustentable, fomentar la participación ciudadana en la gestión ambiental y educar a la población sobre la importancia del medio ambiente, las tecnologías anteriormente descritas se alinean perfectamente con estos objetivos. A través de su oficina de Economía Circular buscan reducir el impacto ambiental relacionado a la generación de residuos y promover un modelo de Economía Circular, que propone un cambio en los sistemas lineales de producción, negocios y consumo incorporando el eco diseño, la reutilización, reciclaje y valorización.

El MMA tiene la capacidad de distribuir fondos a proyectos locales o regionales relacionados con las tecnologías mencionadas. Además, dentro de sus competencias, puede establecer un entorno normativo que fomente la inversión en tecnologías climáticas sostenibles o agilizar los procedimientos administrativos para la puesta en marcha de iniciativas en este ámbito. Es importante destacar su contribución en proporcionar formación técnica y logística, así como en fomentar la colaboración entre diferentes sectores.

- **Ministerio de Agricultura:** Este actor puede jugar un papel clave en la creación de un entorno propicio para la inversión en tecnologías ambientales y la gestión sostenible de residuos orgánicos en el sector agrícola. Además de las acciones mencionadas anteriormente, el Ministerio de Agricultura puede apoyar un PAT a través de:
 - Implementación de programas de vermicompostaje con residuos agrícolas, o plantas de digestión anaerobia o MSN.

- El apoyo a la creación de mercados para los productos derivados del tratamiento de residuos orgánicos, como el vermicompost y la harina de insecto para alimentación del sector pecuario.
 - La inclusión del tema de la gestión de residuos orgánicos en los programas de educación agrícola.
- **Ministerio de Energía:** Apoyo en la creación de un entorno propicio para la inversión en tecnologías para la generación de energía renovable a partir de residuos orgánicos. Entre los sectores principales sectores que pueden ser beneficiados se encuentran:
- **Financiamiento:** Asignar recursos financieros para la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías para la generación de energía a partir de residuos orgánicos.
 - **Marco regulatorio:** La creación de un marco regulatorio favorece la inversión en tecnologías para la generación de energía a partir de residuos orgánicos, esto al tomar medidas como el simplificar trámites administrativos para la implementación de proyectos de energía renovable a partir de residuos orgánicos.
 - **Capacitación y asistencia técnica:** Brindar capacitación a los actores involucrados en la gestión de residuos orgánicos y la generación de energía renovable, así mismo el ofrecer asistencia técnica para la implementación de tecnologías para la generación de energía renovable a partir de residuos orgánicos favorece la inclusión de nuevos actores objetivo.
 - **Promoción y difusión:** Promover el conocimiento y uso de tecnologías para la generación de energía renovable a partir de residuos orgánicos.
- **Gobiernos regionales:** son el organismo encargado de la administración superior de la región. Se preocupa por el desarrollo armónico y equitativo del territorio, impulsando su desarrollo económico, social y cultural, tomando en cuenta la preservación y mejoramiento del medio ambiente y la participación de la comunidad. Son los encargados de administrar el Fondo Nacional de Desarrollo Regional, cuyos proyectos abarcan temáticas de gestión de residuos sólidos, por lo que es un fondo aplicable para alguna de las tecnologías de este PAT.
- **Municipalidades:** son las encargadas de la gestión de residuos sólidos domiciliarios en sus territorios, debido a esto, estos organismos pueden asignar recursos financieros, de personal u otros, para la implementación de este tipo de proyectos mismos a nivel local.

Las municipalidades pueden crear instancias de coordinación con el sector privado, la sociedad civil y las organizaciones académicas para la implementación del PAT, garantizando, además, a través de la promoción de diferentes proyectos la participación de la comunidad en la planificación y seguimiento de los mismos con el fin de que sean replicados a lo largo del territorio chileno.

Sector privado:

- **Empresas generadoras de residuos orgánicos:** Como empresas de alimentos, hoteles, organizadoras de ferias y más, donde la principal fuente de residuos sean los RSO. Su integración tendría efectos positivos tanto directos como indirectos en varios sectores. En el ámbito económico, esto se traduciría en la creación de empleos y en la producción de insumos, fertilizantes y materiales para la venta. Socialmente, podría beneficiar al fomentar el desarrollo

colaborativo con comunidades cercanas o al impulsar proyectos comunitarios que beneficien a todas las partes involucradas. Por último, el impacto más significativo sería en el medio ambiente, al reducir la cantidad, volumen o emisiones de residuos mediante la adopción de estas tecnologías, lo que resultaría en beneficios para el suelo y otros recursos físicos que podrían verse comprometidos.

- **Asociaciones civiles:** Tecnologías como el vermicompostaje comunitario dependen enteramente de este tipo de organizaciones dado su alcance y público objetivo, las repercusiones económicas para estos actores son bastante positivas, esto al tener en cuenta que el abono y compost que se obtiene al final del proceso no solo se puede vender, este también puede ser utilizado como fertilizante para los cultivos o plantaciones urbanas o rurales comunitarias.

3.5. Estimación de recursos necesarios para acciones y actividades

3.5.1. Estimación de necesidades para el fortalecimiento de capacidades

Este componente reconoce que, más allá de las inversiones físicas y tecnológicas, el desarrollo de capacidades humanas e institucionales es esencial para superar las barreras y maximizar el impacto de las tecnologías seleccionadas de este sector.

Para superar las barreras específicas de cada tecnología identificada en el sector de residuos sólidos, el fortalecimiento de capacidades se integra de manera transversal en todas las acciones y actividades del PAT:

- **En la implementación de tecnologías:** Asegurando que el personal y los usuarios finales posean los conocimientos y habilidades necesarios para aprovechar al máximo las tecnologías implementadas. En ese sentido, en todas las tecnologías se ha incorporado la medida de la sensibilización ciudadana en los beneficios y correcto funcionamiento de cada tecnología.
- **En la gestión y mantenimiento:** Proporcionando formación continua para garantizar la sostenibilidad y eficiencia a largo plazo de las soluciones tecnológicas. La transparencia con la comunidad beneficiaria de algún proyecto de este sector reforzará los lazos entre comunidad e institución y aumentará la sensación y niveles de participación de la población. Desde la tecnología de menor escala como el vermicompostaje, hasta la de mayor escala como las plantas de digestión anaerobia y MSN.
- **En la toma de decisiones y políticas:** Mejorando las capacidades de los responsables de la formulación de políticas y la toma de decisiones para que puedan crear entornos habilitantes para la innovación y la gestión efectiva de los residuos. La comunidad no debe ser el único foco del fortalecimiento de capacidades, los tomadores de decisiones también deben recibir este beneficio, por ello se ha incorporado el componente de capacitaciones para reforzar sus conocimientos en la gestión de los residuos y la aplicabilidad de cada una de las tecnologías.

A su vez, el fortalecimiento de capacidades abarca una amplia gama de actividades, desde la formación técnica y profesional hasta el desarrollo organizacional y el fortalecimiento de la gobernanza. Para este sector, esto incluye:

- **Formación y capacitación técnica:** Desarrollar las habilidades técnicas necesarias para implementar, operar y mantener las tecnologías de gestión de residuos. Por ejemplo, como

acción transversal están las capacitaciones a las municipalidades y gobierno regional para acceder a los diversos fondos existentes.

- **Fortalecimiento institucional:** Mejorar la capacidad de las instituciones involucradas para gestionar eficazmente los recursos hídricos, incluyendo aspectos de planificación, regulación, normativa y supervisión.
- **Sensibilización y educación comunitaria:** Fomentar una comprensión más profunda y un compromiso con la gestión sostenible del tratamiento de los residuos entre la población general y las partes interesadas clave. Todas las tecnologías incluyen un componente de sensibilización comunitarios, reconociéndolos como aliados claves para el éxito de los proyectos.

Este enfoque integral garantiza que el fortalecimiento de capacidades sea un pilar central en la implementación exitosa del PAT, contribuyendo a la resiliencia y sostenibilidad del sector de residuos sólidos.

3.5.2. Estimación de costos de acciones y actividades

Esta sección pretende ofrecer una propuesta de los recursos financieros necesarios para llevar a cabo las acciones y actividades de cada actividad, asegurando así la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

3.5.2.1. Actividades transversales

Para el desarrollo de las actividades transversales del sector residuos sólidos se estima un costo de 1.087.552,40 USD. A continuación, la Tabla 14 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

Tabla 14. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades transversales

Acción	A1. Promulgar una nueva Ley nacional de gestión de residuos orgánicos y fortalecimiento de los mecanismos para su óptima implementación desde los gobiernos centrales en las diversas regiones y municipalidades					
Riesgos y supuestos	Alcance limitado del proceso de difusión para la promoción de la nueva ley y sus beneficios					
Criterios de éxito	Implementación del proyecto de ley a todos los niveles de las organizaciones					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Promulgación del proyecto de ley que contemple diversas opciones para la gestión de los residuos orgánicos y establezca incentivos, obligaciones, promoción de nuevas tecnologías de aprovechamiento, etc.	MMA	Número de actos de difusión realizados	6	225.500,00	Horas de consultoría	Se estima un coste asociado a un contrato para gestionar las campañas de difusión y inserción de anuncios institucionales en medios de comunicación
2. Campañas de sensibilización y promoción a nivel nacional para destacar la importancia de la nueva ley y sus beneficios.	MMA GORE	Número de jornadas realizadas	3	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña de difusión	Se estima un coste total de 8.800\$ para la definición de los contenidos, difusión, preparación de la campaña e implementación
Subtotal A1				234.300,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores prioritizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A2.1 Fomentar la cooperación y coordinación entre las instituciones involucradas en la gestión de residuos, con el fin de consolidar una gobernanza de residuos orgánicos					
Riesgos y supuestos	Dificultades para el entendimiento o la posibilidad de llegar a acuerdos					
Criterios de éxito	Tener en cuenta la posibilidad de participar en futura colaboraciones en otros ámbitos o proyectos					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Creación de un comité de valorización de residuos orgánicos con actores multisectoriales y a varios niveles de gobierno (SEREMIS, GORES y municipios) para priorizar la valorización de residuos sólidos orgánicos domiciliarios, establecer una red de coordinación, compartir proyectos, traslapar ideas, generar articulación e intercambiar experiencias.	GORE	Número de reuniones ejecutadas	6	20.020,00	Horas de consultoría	Se estiman 280 horas en concepto de recopilación de información, identificación de agentes prioritarios, reuniones e identificación de puntos de encuentro. Se estima un plazo de ejecución de 6 meses para el conjunto de la acción
2. Diagnóstico a nivel comunal para identificar las oportunidades de articulación y cooperación entre las instituciones involucradas	GORE	Número de colaboraciones identificadas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking de proyectos actuales e identificación de sinergias, características y potencial interés para las necesidades actuales
3. En base al diagnóstico, identificación de los posibles proyectos de gestión de valorización de residuos sólidos orgánicos domiciliarios intercomunal/regional/interregional que se están aplicando y/o que se pueden aplicar	GORE	Número de proyectos seleccionados y descartados	1	7.150,00	Horas de consultoría	Se estiman 100 horas en concepto de revisión de los proyectos identificados en el diagnóstico para su posible implementación
Subtotal A2.1				35.750,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A2.2 Fortalecer los planes regionales y locales que definan metas específicas y estrategias para la valorización de residuos orgánicos					
Riesgos y supuestos	No aplicación de las acciones derivadas de los planes locales por falta de financiación					
Criterios de éxito	Alineamiento de las medidas con los planes estratégicos supramunicipales de la región					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Análisis de las necesidades regionales y locales en términos de gestión de residuos orgánicos y su adecuada valorización en los planes existentes	MMA	Plantas de tratamiento en funcionamiento	4	16.500,00	Estudio de viabilidad técnica	Se considera el análisis de la oferta y la demanda para el tratamiento de la materia orgánica
2. En colaboración con las autoridades regionales y locales, elaborar o actualizar los planes regionales / comunales que incluyan objetivos específicos, plazos, metas y estrategias para la valorización de residuos orgánicos.	GORE Municipalidades	Volumen anual de residuos a tratar	15	130.112,40	Estudio técnico	Se considera el coste asociado a la elaboración de un plan de residuos
Subtotal A2.2				146.612,40	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores prioritizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A3. Fortalecer los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de la temática en diferentes planes y programas					
Riesgos y supuestos	Problemas de gobernanza o falta de mecanismos de inversión					
Criterios de éxito	Innovación y aumento del conocimiento dentro del sector público					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Desarrollo de programas de formación que aborden aspectos técnicos, ambientales y económicos de la valorización de residuos orgánicos.		Coste medio de las formaciones	1	5.720,00	Horas de consultoría	Se estiman 80 horas en concepto de estudio de las formaciones y jornadas actuales y su priorización
2. Alianzas con las universidades y centros de investigación para el desarrollo de capacitaciones a nivel regional y local sobre el uso de la tecnología		Número de colaboraciones identificadas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de identificación de sinergias entre los distintos agentes involucrados
3. Desarrollo de capacitaciones para la formación de los funcionarios regionales y locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos	MMA Oficina de economía circular	Satisfacción de los asistentes a la jornada de difusión	3	11.440,00	Coste de elaboración de una jornada de cuatro seminarios online	3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar y elaborar los contenidos de una jornada de distintos seminarios web. Se considera un coste de 10 horas por ponente y seminario en concepto de preparación de contenidos, coordinación y realización del seminario, 4 ponentes por seminario y cuatro jornadas.
4. Incorporación como parte de las funciones de cada área pertinente en municipios y comunas, la necesidad de capacitarse en esta temática.	XXX	Número de campañas realizadas	3	17.160,00	Horas de consultoría	Se considera el coste asociado a implementar un programa de formación para las personas trabajadoras en municipios y comunas
Subtotal A3				42.900,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A4. Fortalecer las estrategias de educación ambiental mediante jornadas de concientización y sensibilización sobre la importancia de la separación de residuos en hogares y la reducción del desperdicio de alimentos					
Riesgos y supuestos	Posibilidad de obsolescencia de los métodos de separación actuales y necesidad de búsqueda de opciones alternativas					
Criterios de éxito	Estrategias innovadoras para seguir avanzando en el aumento de la recogida selectiva					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Diagnóstico de programas de capacitaciones existentes a nivel nacional, regional y comunal (fortalecer los existentes o crear nuevos si no existen)	MMA	Número de colaboraciones identificadas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de identificación de capacitaciones y priorización de las existentes
2. Diseño y/o fortalecimiento de un programa de sensibilización sobre la segregación de residuos orgánicos en los hogares y la reducción de la generación de desperdicios de alimentos	GORE Municipalidades Seremias de Medio Ambiente	Evolución del porcentaje de recogida selectiva durante el periodo en el que se realiza la campaña y a posteriori (unidades: %)	4	27.500,00	Creación y elaboración de una campaña de difusión	Diseño, planificación y ejecución de una campaña de información y sensibilización para la recogida selectiva de los residuos orgánicos en hogares
3. Articulación con actores claves (Comités Ambientales Comunales, Red de Escuelas Sustentables, Junta de Vecinos, municipalidades) para difundir la participación comunitaria en los programas de sensibilización	GORE Municipalidades Seremias de Medio Ambiente	Número de colaboraciones identificadas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking de proyectos actuales y identificación de sinergias, características y potencial interés para las necesidades actuales
4. Ampliación de los pilotos de recolección de residuos orgánicos puerta a puerta a nivel comunal para transportar los residuos a las zonas de valorización	GORE Municipalidades Seremias de Medio Ambiente	Número de pruebas piloto ejecutadas	12	126.500,00	Redacción y elaboración de proyecto constructivo (\$/habitante)	Se considera un importe de 115.000€ por la redacción de los estudios para la implementación del sistema de recogida puerta a puerta en el municipio de Vilanova y la Geltrú, para 66274 habitantes
5. Evaluación de los resultados del piloto de recolección puerta a puerta, en base a ello implementar un programa o iniciativa a mayor escala, que sea replicable, sostenible y escalable.	MMA Seremias de Medio Ambiente	Número de proyectos exitosos	4	22.000,00	Estudio de viabilidad técnica	Se considera el análisis de las pruebas piloto ejecutadas con éxito y propuesta de ampliación del sistema
Subtotal A4				193.160,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A5. Mejorar o potenciar los servicios de recolección de residuos en las condiciones laborales y la provisión de equipos personas, infraestructura y equipamientos					
Riesgos y supuestos	Incremento presupuestario					
Criterios de éxito	Tener en cuenta a las personas trabajadoras para definir las prioridades en las mejoras a implementar					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Diagnóstico para evaluar los servicios de recolección de residuos existentes, identificando áreas de mejora y partes del proceso que pueden ser más eficientes.	GORE Municipalidades Seremias de Medio Ambiente	Retos identificados	4	33.000,00	Estudio de viabilidad técnica	Se considera la elaboración de un estudio de detalle para la implantación de la recogida de residuos municipales
2. Programa de capacitación técnica y desarrollo de habilidades para los trabajadores de recolección de residuos en cada una de las etapas de recolección en base a la identificación de áreas de mejora (actividad anterior), con el fin de mejorar las condiciones laborales y la calidad del servicio	GORE Seremias de Medio Ambiente	Número de trabajadores públicos con formación en formas de financiación	3	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman 320 horas (2 meses) para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de la formación, y otro mes adicional para la coordinación de contenidos e implementación
3. Inversión en la infraestructura de recolección para la mejora del servicio, incluyendo la adquisición de equipos modernos y vehículos adecuados para cada tecnología (digestores anaeróbicos, plantas de MSN, etc.).	MMA GORE Seremias de Medio Ambiente	Antigüedad media de la flota de vehículos de residuos (años)	6	282.480,00	Coste de adquisición de vehículos para la recogida de residuos (\$/vehículo)	Se considera un importe de 256800€ por la contratación del suministro por renting flexible sin opción a compra de cuatro vehículos recolector - compactador para la recogida de residuos sólidos urbanos
4. Verificación de que rutas de recolección podrían ser optimizadas, e implementación sistemas de gestión de rutas eficientes que maximicen la recolección y transporte de residuos orgánicos domiciliarios hacia las plantas de valorización correspondientes.	GORE Seremias de Medio Ambiente	Tiempo de ruta (minutos)	4	16.500,00	Estudio de viabilidad técnica	Se considera el estudio asociado al análisis de las rutas actuales y las potenciales opciones de mejora
Subtotal A5				354.860,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A6.1. Desarrollar un diagnóstico de género sobre la participación y roles de la mujer en las empresas de cadena de valor de la valorización de residuos orgánicos.					
Riesgos y supuestos	Percepción como aspecto poco prioritario por parte del personal técnico					
Criterios de éxito	Elevada participación y tratamiento prioritario de forma transversal en el resto de departamentos o secciones					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación y priorización de las áreas de la cadena de valor de la valorización de residuos orgánicos en las que la participación de la mujer es limitada o inexistente.	MMA	Participación de la mujer sobre el total de personas trabajadoras (%)	3	14.300,00	Horas de consultoría	Se estiman 200 horas en concepto de análisis de la cadena de valor y identificación de oportunidades
2. Identificación de las barreras y oportunidades para la participación de la mujer en la cadena de valor de la valorización de residuos	MMA	Brecha salarial (\$)	3			
3. Creación de un comité para fomentar la participación activa de la mujer en la toma de decisiones y en la implementación de políticas y regulaciones relacionadas con la valorización de residuos	MMA GORE	Jornadas o eventos de difusión realizados	12	15.400,00	Asistencia técnica para la creación y dinamización del comité	Servicio de asistencia para la creación de eventos, jornadas y el fomento de otro tipo de eventos que permitan la difusión de conocimiento y nuevas ideas
Subtotal A6.1				29.700,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A6.2. Promover el desarrollo profesional de mujeres en organizaciones e instituciones hacia instancias de toma de decisión vinculadas a la valorización de residuos					
Riesgos y supuestos	Percepción como aspecto poco prioritario por parte del personal técnico					
Criterios de éxito	Elevada participación y tratamiento prioritario de forma transversal en el resto de departamentos o secciones					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Reconocer y visibilizar historias de mujeres exitosas en el sector, en posiciones de toma de decisión y liderazgo	MMA Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género	Número de publicaciones realizadas	2	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña de difusión	Se estima un coste total de 8.800\$ para la definición de los contenidos, difusión, preparación de la campaña e implementación
2. Promoción de mentorías y redes profesionales de mujeres para acceder a puestos de toma de decisión	MMA Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género	Puestos de responsabilidad cubiertos por mujeres sobre el total (%)	2	8.580,00	Coste de elaboración de una jornada de participación	Se considera el coste asociado al desarrollo de una jornada de formativa, con una dedicación total de 80h. Además, se consideran 40h adicionales para la creación de espacios para compartir experiencias
3. Aplicación de políticas de promoción igualitarias basadas en desempeño y que no requieran necesariamente procesos de aplicación	MMA Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género	-	-	-	-	El coste de la medida dependerá de las políticas de promoción que se determinen
Subtotal A6.2				17.380,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A7. Impulsar programas de fortalecimiento de capacidades productivas y comerciales respecto a la valorización de residuo					
Riesgos y supuestos	Percepción como aspecto poco prioritario por parte del personal técnico					
Criterios de éxito	Desarrollo de un programa formativo que dé respuesta a las necesidades del personal técnico					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Desarrollo herramientas y recursos educativos, como manuales y guías técnicas, para apoyar la capacitación técnica y el desarrollo de habilidades en el campo de la valorización de residuos orgánicos municipales.	MMA Seremias de Medio Ambiente Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género	Número de trabajadores públicos con formación específica	4	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman dos meses para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación del manual, y otro mes para la coordinación de contenidos y su difusión entre el personal público
2. Promoción de mentorías dirigidas hacia mujeres respecto al desarrollo de emprendimientos con prácticas sostenibles vinculadas a la valorización de residuos.	MMA Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género	Puestos de responsabilidad cubiertos por mujeres sobre el total (%)	2	5.720,00	Coste de elaboración de una jornada de participación	Se considera el coste asociado al desarrollo de una jornada de formativa, con una dedicación total de 80h.
3. Generación de concursos mensuales respecto a la valorización de residuos comunitarios con premios de reconocimiento público y compensación económica.	MMA Seremias de Medio Ambiente Ministerio de la Mujer y la Equidad de Género	Participación en los concursos (número de personas)	1	4.290,00	Horas de consultoría	Se considera un coste asociado al diseño del concurso, la promoción y difusión y la logística interna de 60 horas
Subtotal A7				32.890,00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.2. Tecnología 1: Vermicompostaje comunitario

Para el desarrollo del PAT de la tecnología de vermicompostaje se estima un costo de 241.780 USD. A continuación, la Tabla 15 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

Tabla 15. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 1

Acción	A1. Fortalecer la difusión de fondos públicos y brindar acompañamiento a las municipalidades y gobiernos regionales					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Falta de financiación para el impulso de los proyectos y fluctuaciones del nivel de precios					
Criterios de éxito	Viabilidad financiera, impacto ambiental positivo y participación ciudadana para su aceptación e implementación					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación de fondos públicos e internacionales disponibles a nivel nacional y regional para proyectos de valorización de residuos orgánicos.	MMA	Porcentaje de financiación del proyecto	1	5.720,00	Horas de consultoría	Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para identificar fuentes de financiación y colaboraciones
2. Actualización de la "Guía destinada a funcionarios públicos, para la postulación de iniciativas de valorización de residuos orgánicos" en base a la nueva identificación de fondos existentes.	MMA	Publicación de la guía (sí/no)	3	11.440,00	Precio guía/documento grafico	3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar el contenido y a la propia elaboración del contenido. Coste base para la elaboración de documento aproximado del 11.440\$.
3. Capacitaciones a las municipalidades y gobierno regional sobre el uso de la guía y los fondos de financiamiento existentes y la cartera de proyectos (Programa de capacitaciones)	MMA	Número de trabajadores públicos con formación en formas de financiación	3	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman dos meses para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de la formación, y otro mes para la coordinación de contenidos e implementación

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

4. Vinculación las funciones de las unidades regionales (URS) de la SUBDERE y de la Asociación de Municipalidades de Chile que asegure un correcto asesoramiento a los gobiernos regionales y locales sobre los fondos públicos existentes para la tipología de proyectos relacionados a la valorización de residuos orgánicos	MMA	Número de jornadas realizadas y asistencia a las mismas	3	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña de difusión de contenidos	Se estima un coste total de 8800\$ para la coordinación de los contenidos, difusión, preparación de la jornada e implementación
5. Asistencia técnica para el desarrollo una cartera preliminar de proyectos de vermicomposteras comunitarias postulables a los fondos públicos que sirvan como insumo para gobiernos regionales y municipalidades	MMA	Número de proyectos postulables a fondos públicos	1	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking de proyectos actuales, características y potencial captación de fondos públicos
Subtotal A1				57.420,00	-	-

Acción	A2. Fortalecer los programas de capacidades técnicas a funcionarios y actores locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para asegurar una adecuada implementación de los proyectos.					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Falta de compromiso, problemas de gobernanza o problemas de adaptación a los cambios					
Criterios de éxito	Innovación y aumento del conocimiento dentro del sector público					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Elaboración de una guía de la gestión de residuos orgánicos a nivel comunal que incluya la implementación y operación de las vermicomposteras comunitarias, que incorpore casos de éxito de proyectos de valorización de residuos orgánicos que puedan replicarse y escalarse	MMA	Publicación de la guía (sí/no)	3	17.160,00	Precio guía/documento grafico	3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar el contenido y a la propia elaboración del contenido. Coste base para la elaboración de documento aproximado del 17.160\$.

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

2. Alianzas con las universidades y centros de investigación para el desarrollo de capacitaciones a nivel regional y local sobre el uso de la tecnología	MMA	Número de colaboraciones con centros de investigación obtenidas	6	20.020,00	Horas de consultoría	Se estiman 280 horas en concepto de recopilación de información, evaluación de análisis de riesgos, negociaciones y revisiones de los acuerdos preliminares para los acuerdos Se estima un plazo de ejecución de 6 meses para el conjunto de la acción
3. Desarrollo de capacitaciones para la formación de los funcionarios regionales y locales involucrados en la gestión de residuos orgánicos para el vermicompostaje comunitario, que incluyan temas como la selección de especies de lombrices, la preparación de sustratos, la alimentación, el manejo y la cosecha de lombrices, operación, entre otros.	MMA	Número de trabajadores públicos con formación en formas de financiación	3	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman 320 horas (2 meses) para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de la formación, y otro mes adicional para la coordinación de contenidos e implementación
Subtotal A1				60.060,00	-	-

Acción	A3. Promover el involucramiento comunitario en todas las etapas del proyecto para asegurar la sostenibilidad y escalabilidad del proyecto					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Falta de compromiso, problemas de gobernanza o problemas de adaptación a los cambios					
Criterios de éxito	Involucramiento de la sociedad civil					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Diseño del modelo de gestión del piloto de vermicompostaje comunitario: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad del proyecto	MMA Seremias de Medio Ambiente Gobierno Regional y local	Fuentes de financiamiento usadas en relación al total disponible.	6	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman 320 horas en concepto de definición de objetivos, estrategia y planificación del modelo de gestión

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

2. Desarrollo de talleres para la transferencia de conocimientos y experiencias entre los actores involucrados en la gestión de residuos orgánicos y las juntas de vecinos u organizaciones comunales para la implementación del vermicompostaje comunitario y explicando los beneficios (ej. humus para los parques públicos y vecinos).	MMA Seremias de Medio Ambiente Gobierno Regional y local	Número de talleres realizados y asistencia a los mismos	2	2.200,00	Creación y elaboración de un taller	Se estima un coste total de 2200\$ para la coordinación de los contenidos y su implementación
3. Establecimiento de comités de participación comunitaria que trabajen en estrecha colaboración con los responsables del proyecto. Estos comités pueden servir como enlace entre la comunidad y los implementadores del vermicompostaje.	MMA Seremias de Medio Ambiente Gobierno Regional y local	Número de colaboradores participantes del comité	2	5.720,00	Horas de consultoría	Se estiman 80 horas en concepto de fomento de las colaboraciones, diseño de la estrategia e implementación de las sinergias
4. Diseño y ejecución de campañas de concientización en la comunidad a través de medios locales, como folletos, carteles y redes sociales, para mantener un alto nivel de participación e interés a lo largo del tiempo.	MMA Seremias de Medio Ambiente Gobierno Regional y local	Número de jornadas realizadas y asistencia a las mismas	3	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña de concienciación	Se estima un coste total de 8800\$ para la coordinación de los contenidos, difusión, preparación de la jornada e implementación
5. Diseño de recursos interactivos (manuales y videos instructivos) en la plataforma web de Economía Circular del MMA que permita replicar experiencias a nivel comunitario	MMA Seremias de Medio Ambiente Gobierno Regional y local	Número de materiales audiovisuales creados	3	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de planificación, desarrollo del contenido audiovisual, producción del contenido, edición y diseño gráfico
Subtotal A3				48.180,00	-	-

Acción	A4. Promover la implementación de estándares de composición y etiquetado asegure calidad del vermicompost para la comercialización del excedente de producción
Prioridad	Crucial
Riesgos y supuestos	Incumplimiento del estándar de etiquetado de algunos productos derivados del vermicompost

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Criterios de éxito	Generación de actividad económica a partir de la comercialización de producto					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Evaluación de la cadena de valor del vermicompost, identificando a los usuarios / beneficiarios (áreas verdes, familias participantes) y los mecanismos de utilización del excedente de producción (venta de vermicompost, intercambio entre comunas, etc.)	MMA	Estudio realizado (sí/no)	3	22.000,00	Elaboración de estudio	Estudio de la demanda local y estrategia para su comercialización
2. Aprobación de estándares de calidad para asegurar un vermicompost de buena calidad	MMA	Número de estándares de calidad definidos	8	34.320,00	Horas de consultoría	Se estiman 480 horas de trabajo en base a la definición de objetivos, requisitos legales, y 8 meses para la implementación y certificación
3. Difusión de los estándares de calidad, a través de campañas y capacitaciones	MMA	Número de jornadas realizadas y asistencia a las mismas	3	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña de concienciación	Se estima un coste total de 8800\$ para la coordinación de los contenidos, difusión, preparación de la jornada e implementación
4. Evaluación de calidad del excedente de producción de vermicompost a nivel local para su posterior etiquetado y comercialización a nivel local	MMA	Valoración del producto en relación a la calidad de mercado	4	11.000,00	Elaboración de estudio	Estudio de calidad del producto y estrategia para su comercialización
Subtotal A4				76.120,00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.3. Tecnología 2: Planta de digestión anaerobia

Para el desarrollo del PAT de la tecnología de planta de digestión anaerobia se estima un costo de 298.925 USD. A continuación, la Tabla 16 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los

indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

Tabla 16. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 2

Acción	A1. Fortalecer el financiamiento de plantas de digestión anaeróbica que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Falta de financiación para el impulso de los proyectos y fluctuaciones del nivel de precios					
Criterios de éxito	Viabilidad financiera, impacto ambiental positivo y participación ciudadana para su aceptación e implementación					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Desarrollo de un análisis financiero para demostrar la viabilidad económica y ambiental de la implementación de plantas de digestión anaeróbica	MMA	TIR y VAN de la inversión y reducción de emisiones estimada de gases de efecto invernadero	2	38.500,00	Coste asociado al desarrollo de estudios de viabilidad	Coste asociado a la elaboración del estudio de viabilidad económica (16.500\$) y de impacto ambiental (22.000\$)
2. Diseño del modelo de gestión: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad	MMA	Fuentes de financiamiento usadas en relación al total disponible.	6	22.880,00	Horas consultoría de	Se estiman 320 horas en concepto de definición de objetivos, estrategia y planificación del modelo de gestión
3. Difusión del análisis financiero y los modelos de negocio de la tecnología para atraer posibles interesados en desarrollar la tecnología junto al municipio (inversores, colaboradores, financistas, etc.)	MMA	Número de plataformas usadas para la difusión del análisis financiero	3	7.150,00	Horas consultoría de	Se estiman 30h para el desarrollo de materiales de difusión, 30h para la planificación de la estrategia. 20 horas para la creación de material de soporte y 20h adicionales para la participación en eventos institucionales
4. Establecimiento de alianzas con instituciones financieras y organismos	MMA	Número de colaboraciones	6	20.020,00	Horas consultoría de	Se estiman 280 horas en concepto de recopilación de información, evaluación

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

internacionales para obtener financiamiento para la implementación o mejoramiento de plantas de digestión anaeróbica.		con inversores obtenidas				de análisis de riesgos, negociaciones y revisiones de los acuerdos preliminares. Se estima un plazo de ejecución de 6 meses para el conjunto de la acción
Subtotal A1				88.550,00	-	-

Acción	A2. Fortalecer la difusión de fondos públicos y acompañamiento a las municipalidades y gobierno regional por parte de las instituciones a cargo de la administración de fondos para la gestión de residuos					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Falta de personal técnico para la realización de los trabajos. Falta de fuentes de financiación					
Criterios de éxito	Publicación de recursos técnicos para los responsables de gestión de fondos					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Identificación de fuentes de financiamiento y fondos públicos, privados e internacionales disponibles para proyectos de digestión anaeróbica y valorización de residuos orgánicos.	MMA	Porcentaje de financiación del proyecto	1	5.720,00	Horas de consultoría	Se estiman 80 horas en concepto de benchmarking para identificar fuentes de financiación y colaboraciones
2. Actualización de la "Guía destinada a funcionarios públicos, para la postulación de iniciativas de valorización de residuos orgánicos" en base a la nueva identificación de fondos existentes.	MMA	Publicación de la guía (sí/no)	3	11.440,00	Precio guía/documento grafico	3 meses en total dedicados a la coordinación para desarrollar el contenido y a la propia elaboración del contenido. Coste base para la elaboración de documento aproximado del 11.440\$.
3. Capacitaciones a las municipalidades y gobierno regional sobre el uso de la guía y los fondos de financiamiento existentes	MMA	Número de trabajadores públicos con formación en formas de financiación	3	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman 320 horas (2 meses) para la planificación de los trabajos, el desarrollo del contenido, la creación de la formación, y otro mes adicional para la coordinación de contenidos e implementación

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores prioritizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

4. Vinculación las funciones de las unidades regionales (URS) de la SUBDERE que asegure un correcto asesoramiento a los gobiernos regionales y locales sobre los fondos públicos existentes para la tipología de proyectos relacionados a la valorización de residuos orgánicos	MMA	Número de jornadas realizadas y asistencia a las mismas	3	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña difusión de contenidos	Se estima un coste total de 8.800\$ para la coordinación de los contenidos, difusión, preparación de la jornada e implementación
5. Asistencia técnica para el desarrollo una cartera preliminar de proyectos de plantas de digestión anaerobia postulables a los fondos públicos, privados y/o internacionales que sirvan como insumo para los gobiernos regionales y municipalidades	MMA	Número de proyectos postulables a fondos públicos	1	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking de proyectos actuales, características y potencial captación de fondos públicos
Subtotal A2				57.420,00	-	-

Acción	A3. Fortalecer la formación de alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Falta de compromiso o problemas de gobernanza					
Criterios de éxito	Cobeneficios significativos y de las alianzas por ambas partes del acuerdo					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Diagnóstico de actores (empresas o entidades privadas) interesados en invertir en proyectos de digestión anaeróbica para valorizar residuos orgánicos	MMA	Número de empresas dispuestas a invertir y cantidad prevista de inversión	4	6.435,00	Horas de consultoría	Se estiman 90 horas en concepto de búsqueda de contactos (40h), reuniones de trabajo (30h) y priorización de agentes (20h)
2. Identificación de los posibles mecanismos de colaboración entre el municipio y el actor privado: convenios, contratos, concesiones, licitaciones	MMA	Número de colaboraciones identificadas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking de proyectos actuales, características y potencial interés para las necesidades actuales

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

3. Convenios de colaboración entre el sector público y privado para cofinanciar proyectos y compartir los riesgos y beneficios.	MMA	Participación de las empresas públicas sobre el total de la inversión de los convenios establecidos	6	17.160,00	Horas de consultoría	Se estiman 240 horas para la definición, negociación y acuerdo de los convenios de colaboración
Subtotal A3				32.175,00	-	-

Acción	A4. Fomentar las alianzas que favorezcan el diseño de plantas de digestión anaerobia para el tratamiento de RO de acuerdo a Los desafíos y necesidades territoriales del lugar de implementación					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Limitaciones técnicas, económicas o ambientales para la implementación de los proyectos					
Criterios de éxito	Aprovechamiento del biogás para el requerimiento energético de la planta y generación de un mercado para el digestato					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Diagnóstico territorial para identificar las especificaciones técnicas que debería tener el diseño de una planta de digestión anaerobia en un lugar determinado (i.e. condiciones climáticas, volumen de residuos, necesidad en zonas urbanas y rurales, viabilidad territorial, etc.,)	MMA	Superficie requerida (m2)	4	16.500,00	Estudio de viabilidad técnica	Se considera el análisis de las distintas opciones de emplazamiento, estructura y viabilidad de las instalaciones
2. Modelo de gestión para el proyecto a implementar: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad	MMA	Fuentes de financiamiento usadas en relación al total disponible.	6	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman 320 horas en concepto de definición de objetivos, estrategia y planificación del modelo de gestión
3. Incorporación del subproducto biogás como insumo energético en la fase operativa de la planta de digestión anaeróbica	MMA	Producción anual de biogás. Consumo de biogás sobre la demanda total	-		Coste estimado en la fase de diseño y operación	

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

		térmica de la planta			(conjunta con la acción anterior)	
4. Implementación de plantas piloto de digestión anaeróbica	MMA	Emisiones ahorradas por liberación de metano	18	-	Coste de implementación de una prueba piloto por tonelada de gas metano cuya emisión se evita (\$/tco2)	Diseño y suministro con instalación y puesta en marcha de una planta piloto de biogás con fines de investigación. El costo se deberá estimar en base a las características técnicas del diseño de la planta de tratamiento
Subtotal A4				39.380,00	-	-

Acción	A5. Fomentar la difusión y asistencia técnica del uso eficiente, resaltando sus ventajas que promuevan su adopción y comercialización en el sector silvoagropecuario y otros					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Resistencia al cambio de prácticas establecidas y variación en el coste de las medidas					
Criterios de éxito	Nuevas colaboraciones con instituciones o empresas del sector					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Desarrollo de investigaciones sobre los beneficios agronómicos del digestato como fertilizante y la mejora de procesos para asegurar su calidad	MMA	Beneficios identificados	6	16.500,00	Estudio de diagnóstico del digestato como fertilizante	Se estiman 16.500\$ en concepto de caracterización, utilidades, beneficios y prioridades para la implementación
2. Evaluación de la cadena de valor del digestato, identificando a los usuarios / beneficiarios (agricultores, ganaderos, empresas de jardinería, entre otros) y análisis financiero de su comercialización	MMA	Estudio realizado (sí/no)	3	22.000,00	Elaboración de estudio	Estudio de la demanda local y estrategia para su comercialización

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

3. Establecimiento de un modelo de gestión para la incorporación del digestato en el mercado silvoagropecuario y forestal: identificación de la demanda local del digestato, entrenamiento de capacidades, alianzas con actores claves, comercialización	MMA	Demanda anual prevista de digestato	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 40h para la realización de un estudio de mercado y competencia, 50h para la elaboración de una estrategia de marketing y 30h para el desarrollo de una estrategia de venta
4. Establecimiento de estándares de calidad y certificación para el digestato que garantice su calidad como fertilizante.	MMA	Número de estándares de calidad definidos	8	34.320,00	Horas de consultoría	Se estiman 480 horas de trabajo en base a la definición de objetivos, requisitos legales, y 8 meses para la implementación y certificación
Subtotal A5				81.400,00	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.4. Tecnología 3: Tratamiento biológico con MSN

Para el desarrollo del PAT de la tecnología de tratamiento biológico se estima un costo de 377.795 USD. A continuación, la Tabla 17 presenta la estimación de los costos de cada actividad específica, el organismo responsable de su implementación, y por ende su seguimiento y monitoreo, los indicadores para el reporte, el plazo estimado de ejecución (propuesto en meses), el concepto de coste de la actividad, que hace referencia como se materializará la actividad específica, y la justificación del coste, donde se detallan los supuestos realizados para la estimación.

Tabla 17. Tabla de planificación de las acciones para la implementación de las actividades de la tecnología 3

Acción	A1. Fortalecer el financiamiento de plantas de tratamiento mediante MSN que favorezca la valorización de residuos orgánicos municipales A2. Fortalecer las alianzas público-privadas que favorezca la inversión de la tecnología"					
Prioridad	Importante					
Riesgos y supuestos	Falta de financiación para el impulso de los proyectos y fluctuaciones del nivel de precios					
Criterios de éxito	Viabilidad financiera, impacto ambiental positivo y participación ciudadana para su aceptación e implementación					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

1. Análisis financiero para demostrar la viabilidad económica y ambiental de la implementación de tratamiento biológico mediante MSN		TIR y VAN de la inversión y reducción de emisiones estimada de gases de efecto invernadero	2	38.500,00	Coste asociado a la elaboración del estudio de viabilidad económica (16.500\$€) y de impacto ambiental (22.000\$)	Estudio de viabilidad técnica y económica para la implantación de una planta de biogás basada en purines y gallinazas procedentes de las explotaciones agrarias de Tenerife.
2. Diseño de un modelo de gestión: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad	MMA	Fuentes de financiamiento usadas en relación al total disponible.	6	22.880,00	Horas de consultoría	Se estiman 320 horas en concepto de definición de objetivos, estrategia y planificación del modelo de gestión
3. Identificación de actores (empresas o entidades privadas) interesados en invertir en proyectos de tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra (MSN)	MMA	Número de empresas dispuestas a invertir y cantidad prevista de inversión	4	6.435,00	Horas de consultoría	Se estiman 90 horas en concepto de búsqueda de contactos (40h), reuniones de trabajo (30h) y priorización de agentes (20h)
4. Campañas de promoción mediante espacios de diálogo para mostrar las oportunidades de negocio y los beneficios de invertir en el tratamiento biológico mediante MSN en base al análisis financiero y modelo de gestión	MMA	Número de jornadas realizadas y asistencia a las mismas	3	8.800,00	Creación y elaboración de una campaña de concienciación	Se estima un coste total de 8.800\$ para la coordinación de los contenidos, difusión, preparación de la jornada e implementación
5. Identificación de los posibles mecanismos de colaboración entre el municipio y el actor privado: convenios, contratos, concesiones, licitaciones	MMA	Número de colaboraciones identificadas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking de proyectos actuales, características y potencial interés para las necesidades actuales
6. Convenios de colaboración entre el sector público y privado para cofinanciar proyectos pilotos	MMA	Participación de las empresas públicas sobre el total de la inversión de los convenios establecidos	6	17.160,00	Horas de consultoría	Se estiman 240 horas para la definición, negociación y acuerdo de los convenios de colaboración
Subtotal A1				102.355,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores prioritizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A3. Fomentar la realización de estudios de factibilidad que evalúen las condiciones técnicas y ambientales para determinar la viabilidad de la implementación de plantas de MSN en ubicaciones específicas.					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Impacto ambiental con resultado negativo y consecuente impacto sobre la biodiversidad					
Criterios de éxito	Adaptabilidad ante desafíos técnicos o resultados adversos					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Evaluación de la viabilidad técnica de cada ubicación potencial, considerando factores como la temperatura, humedad relativa, disponibilidad de luz solar y calidad de los residuos orgánicos disponibles.	MMA	Superficie requerida (m ²)	4	27.500,00	Estudio de viabilidad técnica	Se considera el análisis de las distintas opciones de emplazamiento, estructura, condiciones geológicas y viabilidad general de las instalaciones y el plan de acción correspondiente
2. Propuesta de un plan de adecuación de la tecnología a las condiciones técnicas ambientales desafiantes	MMA					
3. Establecimiento de convenios de colaboración con los centros de investigación para el análisis de la adaptación climática de la tecnología (en colaboración con la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo - ANID)	MMA ANID CORFO	Participación de las empresas públicas sobre el total de la inversión de los convenios establecidos	6	17.160,00	Horas de consultoría	Se estiman 240 horas para la definición, negociación y acuerdo de los convenios de colaboración
4. Desarrollo de posibles modelos de negocio, cadenas de valor, escenarios económicos, etc., que consideren las condiciones específicas de cada ubicación para el desarrollo de la tecnología	MMA CORFO	Factibilidad de las ubicaciones seleccionadas y alternativas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 40h para la realización de un estudio de mercado y competencia, 50h para la elaboración de una estrategia de marketing y 30h para el desarrollo de una estrategia de venta
Subtotal A1				48.400,00	-	-

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores prioritizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Acción	A4. Promover la investigación científica enfocada en evaluar la calidad nutricional y seguridad alimentaria de las proteínas derivadas de las plantas de MSN que permita respaldar la creación de regulaciones basadas en evidencia					
Prioridad	Crucial					
Riesgos y supuestos	Problemas de gobernanza o falta de mecanismos de inversión					
Criterios de éxito	Innovación y aumento del conocimiento dentro del sector público					
Fuentes de financiamiento	Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Mundial, Green Climate Fund, Clean Energy Fund, Fondo Mundial para el Desarrollo de Ciudades, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.					
Actividades específicas	Organismo responsable	Indicadores para el seguimiento de la ejecución	Plazo estimado de ejecución (meses)	Presupuesto por actividad (USD)	Concepto del coste de la actividad	Justificación del coste
1. Desarrollo de investigaciones que evalúen la calidad nutricional y la seguridad alimentaria de las proteínas derivadas de larvas de la MSN.	ANID CORFO	Número de investigaciones desarrolladas	24	91.520,00	Horas de investigación	Se estima un coste total de 1280 horas para el desarrollo de las investigaciones y un período de 2 años para su seguimiento y evaluación
2. Fomento de la colaboración entre universidades, centros de investigación y empresas para el desarrollo de dichas investigaciones	MMA CORFO ANID	Número de colaboraciones identificadas	4	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 120 horas en concepto de benchmarking de proyectos actuales, características y potencial interés para las necesidades actuales
3. Identificación de la cadena de valor de la harina de insecto, identificando a los usuarios / beneficiarios (agricultura, ganadería, salmonicultura) y análisis financiero de su comercialización	CORFO	Estudio realizado (sí/no)	3	22.000,00	Elaboración de estudio	Estudio de la demanda local y estrategia para su comercialización
4. Diseño de un modelo de gestión para la incorporación de la harina de insecto en el mercado silvoagropecuario y acuícola: identificación de la demanda local de la harina de insecto, entrenamiento de capacidades, alianzas con actores claves, comercialización	CORFO	Demanda anual prevista de harina de insecto	3	8.580,00	Horas de consultoría	Se estiman 40h para la realización de un estudio de mercado y competencia, 50h para la elaboración de una estrategia de marketing y 30h para el desarrollo de una estrategia de venta

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores prioritizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

5. Formulación de regulaciones que planteen los requisitos técnicos, estándares de calidad, prácticas de manejo seguro y otros aspectos relevantes de la harina de insecto.	MMA	Número de normativas aprobadas	12	91.520,00	Horas de consultoría	Se estiman 480 horas de trabajo en base a la definición de objetivos, requisitos legales, y 8 meses para la implementación y certificación
Subtotal A1				222.200,00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que los costos estimados presentados para cada acción y actividad específica, asociados a la implementación de las distintas tecnologías, son aproximaciones iniciales y están sujetos a cambios. Estas cifras se han calculado tomando en cuenta escenarios generales y pueden variar en función de las condiciones específicas de cada proyecto, las dinámicas de mercado, las innovaciones tecnológicas, los cambios regulatorios, entre otros factores. Por lo tanto, deben ser considerados como referencias preliminares y no como cifras definitivas. Se recomienda realizar análisis de costos más detallados y adaptados a las circunstancias particulares de cada implementación para obtener estimaciones más precisas y ajustadas a la realidad de cada proyecto.

3.6. Planificación de la gestión

3.6.1. Medidas de gestión para el riesgo

Esta sección se dedica a identificar, evaluar y desarrollar estrategias para mitigar los riesgos que puedan surgir durante la implementación y operación de las tecnologías seleccionadas para la gestión de residuos sólidos.

En ese sentido se han identificado los siguientes tipos de riesgos, tanto para el sector como para la implementación de cada tecnología (ver Tabla 18).

Tabla 18. Tipos de riesgos identificados para el sector

Tipo de riesgo	Descripción
Ambientales	Asociados con impactos negativos en el medio ambiente. Pueden incluir la contaminación, la degradación de ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, entre otros. En proyectos específicos, estos riesgos pueden estar relacionados con la construcción y operación de infraestructuras, con la manipulación de sustancias peligrosas o gestión de plagas.
Económico	Asociados a la posibilidad de que un proyecto o una empresa enfrenten cambios adversos en las condiciones económicas o financieras que puedan afectar negativamente su rendimiento, viabilidad o rentabilidad. Por ejemplo, fluctuaciones en los mercados financieros, cambios en la demanda, inflación y variación de precios, riesgos crediticios, entre otros.
Implementación	Asociado a desafíos y obstáculos que pueden surgir durante la fase de ejecución de un proyecto. Incluyen retrasos en el cronograma, problemas logísticos, errores en la gestión del proyecto, y dificultades en la coordinación entre diferentes partes interesadas. Estos riesgos pueden afectar la capacidad de completar el proyecto a tiempo, dentro del presupuesto y de acuerdo con las especificaciones planificadas.
Tecnológicos	Asociados con la adopción y uso de nuevas tecnologías. Pueden incluir fallas técnicas, obsolescencia, incompatibilidad con sistemas existentes y problemas de ciberseguridad.
Financieros	Asociados con la obtención y gestión de fondos para un proyecto. Incluyen la incertidumbre sobre la disponibilidad de financiamiento, fluctuaciones en los costos, y riesgos relacionados con la gestión de presupuestos y flujos de efectivo. La inestabilidad financiera o cambios en las condiciones del mercado pueden también influir en estos riesgos.
Sociales	Asociados con los impactos de un proyecto en las comunidades locales y la sociedad en general. Incluyen la oposición, resistencia o rechazo de la comunidad, conflictos sociales, problemas de equidad y justicia social, y posibles impactos negativos en la calidad de vida. Este riesgo es relevante porque las tecnologías se han priorizado para comunidades urbanas, por lo que la aceptación social y el apoyo comunitario son cruciales para el éxito a largo plazo de estos proyectos.
Regulatorios	Asociados con cambios en las leyes, regulaciones o políticas que pueden afectar la viabilidad o el funcionamiento de un proyecto. Incluyen la incertidumbre en cuanto a la obtención de permisos, cumplimiento de normativas ambientales o de seguridad, y posibles cambios en la legislación que puedan impactar las operaciones del proyecto o sus costos.

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la identificación de los riesgos, se deben proponer acciones de contingencia, que consisten en proporcionar respuestas predefinidas y estrategias de acción para los posibles escenarios de riesgo identificados. Su inclusión se basa en el reconocimiento de que, a pesar de los esfuerzos de planificación y análisis, siempre existen incertidumbres y variables desconocidas que pueden afectar el curso del proyecto.

En ese sentido, entre los principales riesgos identificados del sector resaltan:

- Los **económicos**, en referencia al aumento de costos de materiales y servicios por inflación y fluctuaciones del mercado, variabilidad en la cantidad y calidad de los residuos que requieren los diversos proyectos (dependiendo de su escala) que puede afectar la eficiencia del sistema.
- Los riesgos de **implementación** se asocian con retrasos y desafíos asociados al sector, dado que puede haber dificultades para integrar nuevas tecnologías con algunas infraestructuras ya existentes. Por ejemplo, los sistemas y rutas de recojo y recolección de residuos convencionales.
- Otro factor de riesgo es el desempeño de las **tecnologías**, dado que algunas tecnologías pueden no funcionar eficientemente bajo algunas condiciones, por ello se sugiere incorporar periodos de prueba y ajuste en cada proyecto. Por otro lado, con el avance tecnológico mundial algunas de estas tecnologías pueden volverse obsoletas en el corto plazo. Otro riesgo son fallos en el funcionamiento de los procesos.
- El acceso a **financiamiento** es recurrente en proyectos de innovación tecnológica, esto puede generar fluctuaciones en el apoyo financiero y priorización política para impulsar este tipo de proyectos. Si estos proyectos se esperan tener apoyo internacional, una disminución en las iniciativas financiadas de este tipo afectaría su implementación en ciertas regiones. Finalmente, la digestión anaerobia y el tratamiento biológico por MSN se propone bajo enfoques de cooperación pública-privada, por lo que una disminución de empresas inversoras podría afectar estas iniciativas.
- Otro factor relevante es el **social**, la resistencia comunitaria para la implementación de algunas tecnologías puede disminuir el éxito del proyecto, por lo que se deben incorporar campañas de sensibilización, e incorporar a los ciudadanos en todas las etapas del proceso, desde el diseño a la ejecución. Puede ocurrir incompatibilidad con algunas prácticas tradicionales locales, por ejemplo, para el vermicompostaje comunitario las familias serían las encargadas de la segregación, y algunas familias podrían mostrarse reacias a participar por dicho motivo. O rechazo de la población de la instalación de una planta de tratamiento de residuos en su comunidad, por el riesgo de generación de olores o afectaciones a la salud.
- Un riesgo **regulatorio** identificado es el cambio en la legislación del país y las regiones beneficiarias de algún proyecto. Puede que nuevas regulaciones impacten las operaciones y prácticas de gestión de aguas. Así como conflictos legales o disputas con comunidades de interés en la cercanía de las plantas de tratamiento. Por ejemplo, si se publican estándares de calidad del digestato o harina de insecto las plantas de tratamiento deberán adecuar sus procesos para que los insumos que generen cumplan con dichas regulaciones.
- Finalmente, se identifican riesgos **ambientales**, con impactos negativos en los ecosistemas urbanos (capas de suelo) no previstos si alguna de las tecnologías impulsadas no funciona de manera adecuada. Así como exposición a materiales peligrosos y accidentes durante el manejo de residuos.

La Tabla 19 especifica cada riesgo identificado, su descripción y su acción de contingencia.

Tabla 19. Análisis de riesgos del sector de recursos hídricos

Tipo de riesgo	Riesgo identificado	Descripción del riesgo	Acción de contingencia
Económicos	Inflación y fluctuaciones en los precios de insumos	Aumento en los costos de materiales y servicios debido a la inflación y a las fluctuaciones del mercado	Incluir un margen para inflación y fluctuaciones en las proyecciones presupuestarias. Revisar y ajustar regularmente los presupuestos.
	Fluctuación en la calidad y cantidad de residuos.	Variabilidad en la calidad y cantidad de los residuos recibidos, lo que puede afectar la eficiencia del procesamiento, la segregación y la disposición final de residuos.	Implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar la calidad y cantidad de los residuos recibidos. Realizar ajustes operativos según sea necesario para manejar las fluctuaciones y mejorar continuamente los procesos de gestión de residuos.
Implementación	Dificultades logísticas en la instalación de infraestructuras	Retrasos o problemas en el transporte y la instalación de infraestructura esencial para la gestión de residuos.	Planificar con anticipación, incluyendo rutas alternativas y proveedores de respaldo. Coordinar estrechamente con los contratistas.
Tecnológicas	Falta de integración con tecnologías existentes	Dificultades para integrar nuevas soluciones de gestión de residuos con sistemas tecnológicos existentes.	Evaluar y planificar la integración tecnológica desde las etapas iniciales del proyecto. Colaborar con expertos en tecnología para soluciones a medida.
	Obsolescencia tecnológica	Riesgo de que la tecnología seleccionada se vuelva obsoleta o menos efectiva con el tiempo	Establecer un plan de actualización tecnológica. Mantenerse al tanto de las tendencias y avances en la tecnología de gestión de residuos.
	Fallos o mal funcionamiento de la tecnología	Problemas técnicos o fallos en la tecnología implementada que afectan la eficiencia del proceso	Establecer acuerdos de nivel de servicio y garantías con proveedores. Mantener un equipo técnico capacitado para solucionar problemas rápidamente.
Financiación	Reducción del apoyo por el inversor / los inversores	Dependencia excesiva de una fuente de financiación que podría no ser sostenible a largo plazo	Diversificar fuentes de financiación y explorar modelos de financiación mixtos, incluyendo asociaciones público-privadas.
	Reducción en el apoyo internacional	Disminución del apoyo financiero internacional debido a cambios en la política o prioridades globales	Fortalecer relaciones con múltiples donantes y socios internacionales. Aprovechar el financiamiento local y regional.
	Cambio en las políticas de subsidios y apoyo financiero	Cambios en las políticas gubernamentales que afectan los subsidios y apoyos financieros existentes	Diversificar fuentes de financiación, incluyendo fondos privados y subvenciones internacionales. Mantener un diálogo constante con entidades gubernamentales.
Sociales	Conflictos con prácticas culturales locales	Incompatibilidad de las prácticas de gestión de residuos propuestas con las costumbres y prácticas culturales locales	Investigar y respetar las prácticas culturales locales. Incorporar líderes comunitarios en la planificación y ejecución del proyecto.
	Resistencia comunitaria a los proyectos	Oposición o falta de apoyo de la comunidad local a la implementación de proyectos de gestión de residuos	Desarrollar programas de participación y sensibilización comunitaria. Implementar

Tipo de riesgo	Riesgo identificado	Descripción del riesgo	Acción de contingencia
			proyectos piloto y estudios de caso para demostrar beneficios.
Regulatorios	Cambios en la normativa ambiental y de residuos	Actualizaciones en la legislación que podrían impactar las operaciones y prácticas de gestión de residuos	Monitorear de cerca los cambios legislativos y adaptar las operaciones a las nuevas normativas. Consultar expertos legales para mantener el cumplimiento.
	Conflictos legales con comunidades o grupos de interés	Demandas legales o disputas por parte de comunidades o grupos de interés relacionados con proyectos de gestión de residuos	Establecer un diálogo proactivo con las partes interesadas. Tener representación legal para manejar posibles litigios o disputas.
Ambientales	Impactos negativos no previstos en el medio ambiente	Daño accidental al medio ambiente debido a las operaciones de gestión de residuos, incluyendo la contaminación del aire y del agua, la contaminación del suelo y la interrupción de hábitats.	Implementar medidas de mitigación ambiental y realizar evaluaciones de impacto ambiental regulares. Preparar planes de respuesta ante emergencias ambientales.
	Riesgos de Salud y Seguridad en Instalaciones de Gestión de Residuos	Exposición a materiales peligrosos y accidentes durante el manejo de residuos, con posibles emisiones nocivas, lo que afecta la salud y seguridad de los trabajadores y los residentes cercanos.	Establecer protocolos estrictos de seguridad y salud, capacitación regular para trabajadores, y monitoreo de emisiones. Implementar medidas de control y reducción de riesgos.

Fuente: Elaboración propia.

Los riesgos identificados para cada tecnología son:

- Para la tecnología de vermicompostaje comunitario se han identificado riesgos tecnológicos, como fallos o rendimiento subóptimo del proceso (funcionamiento de las lombrices), así como sociales por dificultades en la adopción de la comunidad, ambientales por posibles problemas de olores o atracción de plagas y regulatorios con cambios en alguna normativa que pudieran impactar la operación de las instalaciones del sistema de vermicompostaje.
- Por su parte, para la planta de tratamiento con digestión anaerobia se han identificado riesgos económicos, como costos de operación y mantenimiento, para lo que se deben optimizar proceso. Entre los riesgos ambientales, se identificó posibles impactos negativos como emisiones de metano si hay fallas en el digestor, o generación de malos olores. Adicionalmente, puede haber fallar tecnológicas, mediante problemas técnicos en la planta que afecten el proceso de tratamiento de residuos.
- Para la planta de tratamiento biológico con MSN, se identificaron riesgos de implementación, como retos en la construcción y puesta en marcha de las instalaciones de la planta, riesgos tecnológicos como una baja eficiencia en el tratamiento de residuos por las MSN, riesgos ambientales como alterar los ecosistemas locales con la incorporación de larvas de MSN y regulatorios, si se publica normativa específica que puede regular o modificar el uso o tratamiento de la MSN y harina de insecto que produce esta tecnología.

La Tabla 20 especifica cada riesgo identificado, su descripción y su acción de contingencia.

Tabla 20. Análisis de riesgo de las tecnologías priorizadas del sector

Tipo de riesgo	Riesgo identificado	Descripción del riesgo	Acción de contingencia
Tecnología 1: Vermicompostaje comunitario			
Sociales	Dificultades en la adopción comunitaria	Resistencia o falta de participación de la comunidad en iniciativas de vermicompostaje	Desarrollar programas de educación y participación comunitaria para promover la adopción del vermicompostaje. Seleccionar lugares con una fuerte gestión ambiental por parte de sus gobernantes.
Tecnológicos	Ineficiencia en el proceso de compostaje	Fallos o rendimiento subóptimo en el proceso de vermicompostaje.	Implementar programas de capacitación técnica y monitoreo continuo del proceso de compostaje
Ambientales	Impacto ambiental negativo	Posibles problemas ambientales como malos olores o atracción de plagas.	Diseñar instalaciones adecuadas y medidas de control para minimizar impactos ambientales.
Regulatorios	Normativas locales sobre residuos orgánicos	Cambios en la legislación que impactan la operación de instalaciones de vermicompostaje.	Seguimiento de las regulaciones y adaptación a los cambios normativos.
Tecnología 2: Planta de digestión anaerobia			
Económicos	Costos operativos y de mantenimiento	Costos elevados en la operación y mantenimiento de plantas de digestión anaerobia.	Optimizar procesos y buscar eficiencias para reducir costos operativos.
Ambientales	Emisiones de gases nocivos o malos olores	Posibles impactos ambientales negativos como emisiones de metano o malos olores.	Implementar sistemas de control de emisiones y tratamiento de olores.
Tecnológicos	Fallas en la tecnología de digestión anaerobia	Problemas técnicos o ineficiencias en el proceso de digestión anaerobia.	Mantenimiento regular y actualización tecnológica para asegurar el rendimiento óptimo.
Tecnología 3: Planta de tratamiento biológico con MSN			
Implementación	Dificultades en el establecimiento de instalaciones	Retos en la construcción y puesta en marcha de instalaciones para tratamiento con MSN.	Planificación detallada del proyecto y gestión eficiente de la construcción.
Tecnológicos	Ineficiencia en el tratamiento con MSN	Baja eficacia en la gestión de residuos utilizando larvas de mosca soldado-negra.	Investigación y desarrollo para optimizar la eficiencia del tratamiento y seguimiento del proceso.
Ambientales	Impactos ecológicos negativos	Riesgo de alterar ecosistemas locales con la introducción de larvas de MSN.	Evaluaciones de impacto ecológico y medidas de control para proteger la biodiversidad local.
Regulatorios	Regulaciones sobre uso de organismos vivos	Normativas específicas que afectan el uso de larvas de mosca soldado-negra en el tratamiento de residuos.	Monitorear y adaptarse a los cambios en las regulaciones y trabajar con autoridades para cumplir con los requisitos legales.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Próximos pasos

Esta sección identifica las necesidades inmediatas y los pasos críticos necesarios para el éxito del PAT, y la ejecución estratégica de las acciones propuestas.

Tabla 21. Identificación de las necesidades inmediatas y pasos críticos

Necesidades inmediatas	<ul style="list-style-type: none"> • El PAT debe aprobarse por la contraparte para que pueda incorporarse dentro de los Planes Sectoriales del sector Silvoagropecuario, el cual se encuentra en etapas de consulta pública. • Asegurar los fondos iniciales necesarios para comenzar las actividades prioritarias. Para el vermicompostaje, sería una municipalidad, para la planta de digestión anaerobia y MSN mediante cooperación pública-privada o fondos internacionales • Identificar y asignar el equipo necesario para liderar y ejecutar las primeras etapas del PAT. • Implementar estrategias de comunicación para informar a todas las partes interesadas (actores claves) sobre los objetivos y beneficios del PAT, para promover la implementación de las tecnologías priorizadas.
Pasos críticos	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un marco regulatorio que promueva estas tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. • Regular los estándares de calidad del vermicompost, digestato y harina de MSN. • Establecer programas de formación para el personal operativo y de gestión, asegurando que posean las habilidades necesarias para manejar nuevas tecnologías y procesos. • Trabajar en la mejora y adaptación de políticas y marcos regulatorios que apoyen las metas del PAT.

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Implementación y reporte

Esta sección propone como la evaluación del progreso, la identificación de áreas de mejora, y la garantía de que los objetivos del PAT se están cumpliendo repercute en el éxito del Plan.

En ese sentido, esta sección contempla los siguientes componentes:

- **Periodo e indicadores:** Definir con en qué periodo se implementará cada actividad específica (meses, años) y bajo que indicador se medirá su progreso. Esto está detallado en las tablas de la sección 3.5.2 **Error! Reference source not found.**
- **Responsabilidades y roles:** Asignar responsabilidades a los encargados de las actividades específicas, estos organismos serán quienes reporten el progreso de la actividad, mediante la elaboración de informes, incluyendo qué equipos o individuos serán responsables de recopilar, analizar y reportar datos. Esto está detallado en las tablas de la sección 3.5.2 Estimación de costos de acciones y actividades.
- **Contenido del reporte:** Especificar qué información se incluirá en los informes, como avances en actividades específicas, uso de recursos y logro de hitos. Se sugiere que estos reportes se publiquen en las plataformas institucionales de los actores claves.
- **Evaluación y ajuste:** Describir cómo se evaluarán los datos recopilados y cómo se utilizarán para hacer ajustes necesarios en la implementación del PAT.

La información generada a través del sistema de seguimiento del PAT se utilizará para recopilar y compartir sistemáticamente experiencias sobre cómo y si los sectores han podido atraer apoyo

financiero y técnico para la implementación de cada PAT. Esto constituiría una buena base para que otros países aprendan unos de otros, reproduzcan experiencias de éxito y lecciones aprendidas. Permitirá promover una mayor implementación de los PAT y mejorar la participación de las partes interesadas dentro de cada país.

4. Ideas de proyecto del sector

4.1. Idea de proyecto tecnología 1: Vermicompostaje comunitario

La idea de proyecto consiste en implementar un piloto de vermicompostaje comunitario con 200 familias en la comuna de Maipú¹¹, en 3 etapas:

- **Acceso y Pre-tratamiento**, donde se recolectan los residuos orgánicos generados en los hogares de los participantes 1 o 2 veces por semana, previa segregación por parte de cada familia, además de los residuos generados por las ferias libres y los restos de podas de los parques y calles.
- **Tratamiento y obtención del producto**, donde se forman las pilas de compostaje y el personal de la DAOGA voltea y las vermicomposteras y se asegura del correcto funcionamiento de las lombrices diariamente, el proceso de revisión no debería tomar más de 30 minutos al día. Se espera una tasa de valorización de residuos de 1 tonelada de residuos al mes¹².
- **Producto final**, después de cuatro semanas de tratamiento por las lombrices, se recolecta el humus producido, se pesa en el registro del proyecto y se distribuye para su utilización, por ejemplo, venta del vermicompost, uso agrícola, entre otros. Se espera una producción de 15 a 20 kg de vermicompost a la semana¹³.

Se ha seleccionado a la comuna de Maipú, Metropolitana por su compromiso con la sostenibilidad y la gestión de residuos, dado que cuentan con el “Programa Maipú Verde y Animal” de la Dirección de Aseo, Ornato y Gestión Ambiental (DAOGA) de la Municipalidad de Maipú. Se estima una producción de 237.797 ton/año de residuos comunales destinados al relleno Loma Los Colorados (RSLLC), y una producción per cápita (PPC) de 1,24 kg/hab/día de los habitantes [100]. En promedio, en la Región Metropolitana el 57% de los residuos sólidos domiciliarios corresponden a residuos orgánicos [101], y solo un 2% se valoriza [102], por lo que se identifica en esta comuna un área potencial con disponibilidad de residuos sólidos orgánicos que pueden valorizarse.

4.1.1. Objetivos

Reducir la cantidad de residuos orgánicos enviados a rellenos sanitarios en un 100% de las familias participantes del proyecto con la producción de vermicompost comunitario para su uso local y promover el aumento de segregación de residuos en los hogares.

4.1.2. Actividades y cronograma del proyecto

La implementación de la idea de proyecto se compone de 3 etapas:

- **Planificación y diseño del proyecto**, incluyendo la selección de sitios y capacitación del personal.

¹¹ Las ubicaciones concretas serán objeto de estudios de viabilidad de espacio, y se recomienda considerar uno o dos barrios en una etapa inicial, que podría expandirse para abarcar otros barrios en futuras etapas.

¹² Estimación en base a la experiencia de vermicompostaje comunitario en La Pintana obtenido de entrevistas en el marco de la asistencia técnica.

¹³ Estimación en base a la experiencia de vermicompostaje comunitario en La Pintana obtenido de entrevistas en el marco de la asistencia técnica.

- **Instalación de unidades de vermicompostaje**, puesta en marcha y talleres de educación ambiental para la comunidad.
- **Monitoreo y mantenimiento del proyecto**, recolección de datos sobre reducción de residuos y producción de compost.

Tabla 22. Actividades y cronograma

Actividades	Actores claves	Meses de implementación											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Planificación y diseño <ul style="list-style-type: none"> • Diseño del modelo de gestión del piloto de vermicompostaje comunitario: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad del proyecto • Postulación y aceptación del fondo de financiamiento • Formulación del plan de trabajo • Selección del líder del proyecto y aliados claves 	Municipalidad de Maipú Seremi de MMA Gobierno regional												
Selección del espacio <ul style="list-style-type: none"> • Selección de la localidad/sector/barrio beneficiaria • Diagnóstico y caracterización de residuos sólidos de la localidad seleccionada • Solicitud de permisos de sanidad 	Municipalidad de Maipú Seremi de MMA Gobierno regional ONG												
Instalación de las unidades <ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de los materiales para el armado de las vermicomposteras • Construcción de las unidades de vermicompostaje • Capacitación a los miembros del proyecto 	Municipalidad de Maipú Seremi de MMA Gobierno regional ONG												
Inscripción y capacitación de los participantes <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de talleres para la transferencia de conocimientos y experiencias a las juntas de vecinos u organizaciones comunales para la implementación del vermicompostaje comunitario y de sus beneficios. • Establecimiento de comités de participación comunitaria que serán parte del proyecto • Firma de cartas de compromiso de los participantes • Capacitación de la adecuada segregación de los residuos sólidos orgánicos a los participantes 	Municipalidad de Maipú Seremi de MMA Gobierno regional ONG Asociaciones civiles Ciudadanía												
Inicio de operaciones (puesta en marcha) y monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la cadena de valor del vermicompost • Puesta en marcha de la recolección y tratamiento de residuos • Generación y distribución de vermicompost 	Municipalidad de Maipú Seremi de MMA Gobierno regional ONG Asociaciones civiles Ciudadanía												
Seguimiento y monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de indicadores de éxito • Material de difusión para promocionar el proyecto y promover su escalabilidad • Participar de eventos donde se exponen los principales resultados 	Municipalidad de Maipú Seremi de MMA Gobierno regional												

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que las especificaciones técnicas de cada proyecto dependerán del alcance del mismo, la geografía del lugar, los actores involucrados y el tipo de tecnología a implementar. Sin perjuicio de ello, en el Box 2 se presentan algunas consideraciones técnicas a tener en cuenta para la implementación de la idea de proyecto.

4.1.3. Relación con las prioridades del país

Entre los objetivos principales del proyecto se encuentra reducir la cantidad de residuos orgánicos que se destinan a rellenos sanitarios y aumentar la tasa de valorización de residuos, objetivos que hacen sinergia con diferentes prioridades a nivel nacional:

- a) Este tipo de tecnología se alinea directamente con la ENRO (2020) la cuál propone una meta de un aumento del 1% al 66% de valorización de los residuos orgánicos generados a nivel municipal al 2040. Para dicho objetivo al 2030 se deben valorizar 30% de los residuos orgánicos municipales, contar con 500.000 familiar que utilicen composteras o vermicomposteras, llegar a 5.000 establecimientos educacionales con composteras o vermicomposteras, lograr que los parques urbanos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) valoricen sus residuos generados.
- b) El MMA está elaborando el “Proyecto de Ley que promueve el reciclaje de residuos orgánicos en los hogares y comercio”, el cual prohibirá paulatinamente la disposición final de residuos orgánicos y promoverá su valorización para desviar de los rellenos sanitarios la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales. Esto permitirá:
 - Extender la vida útil de la infraestructura de disposición final existente, disminuyendo así de forma importante los crecientes costos de construcción y los conflictos socioambientales gatillados por comunidades que se oponen al desarrollo de nuevos rellenos sanitarios.
 - Disminuir el actual problema de desfinanciamiento municipal asociado a la gestión de residuos.
 - Contribuir sustantivamente en la reducción de gases de efecto invernadero asociados al problema del cambio climático.
- c) La Ley 21.074 Fortalecimiento de la regionalización en Chile, contiene elementos que permiten la regulación de esta tecnología. Esta ley a través del fortalecimiento de los organismos regionales, permite una mayor capacidad de gestión del territorio, introduciendo además nuevas competencias legales, las cuales ofrecen una oportunidad para simplificar la ubicación de instalaciones de valorización de residuos orgánicos, además, incluyen la introducción, de manera obligatoria en el Plan Regional de Ordenamiento Territorial, de criterios de ubicación para la gestión de diversos tipos de residuos y sus métodos de tratamiento, así como la identificación de áreas preferentes para su disposición.

4.1.4. Co-beneficios del proyecto

Ambientales:

- Reducción de emisiones de metano por descomposición de residuos orgánicos y mejora de la salud del suelo.

- Usar el humus, producto del vermicompostaje, como una mejora para el suelo, disminuye el uso de fertilizantes químicos, ayuda a reducir la erosión y mejora su estructura de las áreas verdes.
- Otra ventaja que posee sobre los agroquímicos, es que, al realizar enmiendas al suelo, el volumen de humus aplicado va en disminución, por lo que en el mediano plazo los suelos no necesitan más enmiendas para que mantengan un nivel óptimo de nutrientes para los cultivos.

Socioeconómicos:

- El compostaje utilizando lombrices es un método de bajo costo que funciona con éxito en sectores de renta media a baja y con alta densidad poblacional.
- Creación de empleo local, que será con igualdad de condiciones y oportunidades para hombres y mujeres.
- Fortalecimiento de la estructura organizacional de la comunidad y la cooperación con las autoridades es fundamental para que proyectos de compostaje funcionen en el mediano y largo plazo.
- Aumento de la educación ambiental y sensibilización ciudadana sobre la correcta segregación de residuos orgánicos. Esto generará cambios en los hábitos y conductas humanas en cuanto a la protección ambiental e involucrar a las familias en los procesos de co-creación, con igualdad de oportunidades de participación.
- El compostaje de manera descentralizada y cercana a la fuente de emisión (hogares) es una buena alternativa, debido a la reducción en los costos de transporte, ya que la manera centralizada requiere de camiones específicos de recolección para asumir el denso flujo de residuos domiciliarios producidos a escala municipal.
- Aumento de la vida útil de los rellenos sanitarios, dado que disminuirá la cantidad de toneladas que ingresan para almacenarse en los rellenos, y reducción de costos de disposición de residuos del municipio, dado que el costo habitual de almacenamiento por tonelada de residuos es de unos 12.000 pesos chilenos (0.447995 UF)¹⁴.
- El costo de la producción de humus por medio de la lombricultura o vermicompostaje es bajo comparado con los fertilizantes químicos. Mientras el vermicompost se produce de los desechos de la comunidad o agrícolas, incrementándose su generación y disponibilidad, los fertilizantes químicos se obtienen de yacimientos no renovables, y su extracción, traslado y procesamiento demanda altas cantidades de energía en forma de electricidad y petróleo, por lo que tiene más costos de producción.

4.1.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto, se estima un costo de 113.500,00 USD.

¹⁴ Informe Asesoría del Senado. [\[Enlace aquí\]](#).

Tabla 23. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 1

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
Planificación y diseño	Diseño del modelo de gestión del piloto de vermicompostaje comunitario: financiamiento, diseño, operación (identificación de roles, mantenimiento, funcionamiento y rentabilidad), gobernanza, sostenibilidad del proyecto.	Contratación consultoría	35.000,00	Consultoría especializada en gestión ambiental y de proyectos.
	Postulación y aceptación del fondo de financiamiento.			
	Formulación del plan de trabajo			
	Selección del líder del proyecto y aliados claves			
Selección del espacio	Selección de la localidad/sector/barrio beneficiario	Consultorías o estudios de viabilidad	30.000,00	Implica análisis geográfico, evaluaciones de la comunidad y estudios
	Diagnóstico y caracterización de residuos sólidos de la localidad seleccionada.	Análisis de laboratorio y estudios de campo		
	Solicitud de permisos de sanidad	Tasas de permisos		
Instalación de las unidades	Adquisición de los materiales para el armado de las vermicomposteras	Costo por unidad: 200 USD. 200 hogares / 4 = 50 Vermicomposteras	15.000,00	Suponiendo que una vermicompostera grande puede manejar los residuos de aproximadamente 5 hogares 20 personas para 4 capacitaciones intensivas y técnicas
	Construcción de las unidades de vermicompostaje	Adecuación del sitio: 2.000 USD		
	Capacitación a los miembros del proyecto	Capacitación especializada: 3.000 USD		
Inscripción y capacitación de los participantes	Desarrollo de talleres para la transferencia de conocimientos y experiencias a las juntas de vecinos u organizaciones comunales para la implementación del vermicompostaje comunitario y de sus beneficios.	Talleres de transferencia y capacitación segregación para 200 personas (incluye diseño, alquiler de sitios, refrigerios y posibles vermicomposteras pequeñas).	15.000,00	Capacitación en aspectos como: Segregación de residuos, Manejo y mantenimiento de las vermicomposteras, utilización del vermicompost producido y sensibilización ambiental o prácticas sostenibles. Se supone una segregación en grupos de 25 personas.
	Establecimiento de comités de participación comunitaria que serán parte del proyecto			
	Firma de cartas de compromiso de los participantes			
	Capacitación de la adecuada segregación de los residuos sólidos orgánicos a los participantes			
Inicio de operaciones (puesta en	Evaluación de la cadena de valor del vermicompost (Identificando a los usuarios / beneficiarios (áreas verdes, familias	Contratación consultoría en	12.000,00	

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
marcha) y monitoreo	participantes) y los mecanismos de utilización del excedente de producción (venta de vermicompost, intercambio entre comunas, etc.)	Cadena de Valor: 2000 USD 200 contenedores / 1 por hogar * 20 USD = 4000 USD		
	Puesta en marcha de la recolección y tratamiento de residuos	Costo Logístico y de Coordinación = 2000 USD		
	Generación y distribución de vermicompost	Costo de Empaque y Almacenamiento (inicial): 2000 USD Costo de Distribución (inicial): 2000 USD		
Seguimiento y monitoreo	Recopilación de indicadores de éxito	Recopilación de Indicadores de Éxito: \$2.000 USD.	6.500,00	Cubre los costos asociados con la asistencia a eventos locales o regionales Software y hardware para manejo de datos.
	Material de difusión para promocionar el proyecto y promover su escalabilidad	Material de Difusión: \$1.500 USD.		
	Participar de eventos donde se expongan los principales resultados	Participación en Eventos: \$3.000 USD.		
Total (USD)			113.500,00	

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Medidas de gestión de riesgo

La implementación del piloto de vermicompostaje comunitario en Maipú presenta riesgos y desafíos, detallados a continuación, junto con sus correspondientes medidas de gestión.

- a) Si bien las lombrices no reportan problemas de olores bajo condiciones adecuadas, es necesario una supervisión constante e identificar posibles efectos negativos en la comunidad y el medio ambiente, como olores, atraer plagas, o impactos en el uso del suelo. Por ello, se deben desarrollar planes de mitigación para estos impactos, incluyendo medidas de control y monitoreo. Asimismo, desarrollar y entrenar al personal en planes de respuesta ante emergencias, como brotes de enfermedades o desastres naturales, que puedan afectar las operaciones de vermicompostaje.
- b) Un proyecto nuevo requiere de la capacitación de todo el personal y voluntarios involucrados en la operación y mantenimiento de las instalaciones de vermicompostaje. Por ello, se deben organizar talleres y programas de educación ambiental para la comunidad, enfocándose en la importancia y beneficios del vermicompostaje. Estos deberían realizarse no solo en la etapa previa a la puesta en marcha, sino también durante la implementación y seguimiento, así se asegura una capacitación continua.
- c) En proyectos que involucran la participación ciudadana siempre hay riesgo de retiro de los ciudadanos, para evitar la reducción del involucramiento se debe fomentar la participación

activa de la comunidad, por ejemplo, aperturas las instalaciones de la ubicación de las vermicomposteras, de tal manera que los ciudadanos puedan visibilizar el progreso del trabajo de las lombrices y el proceso de la generación de vermicompost. Por ello, se deberá establecer un sistema formal de comunicación, retroalimentación y quejas para abordar cualquier inquietud de la comunidad de manera oportuna.

4.2. Idea de proyecto tecnología 2: Planta de digestión anaerobia

Se propone la implementación de una planta de digestión anaeróbica en la isla de Chiloé para tratar residuos orgánicos tanto domiciliarios como industriales, con un enfoque especial en los desechos generados por la industria pesquera y agrícola local. La planta utilizará tecnología de digestión anaeróbica para convertir estos residuos en biogás y digestato. El biogás será utilizado principalmente para abastecer energéticamente sus procesos internos (el excedente se insertará a la red de distribución), y el digestato resultante será procesado como fertilizante, contribuyendo a la agricultura sostenible en la región. Implementando así un proyecto que fomente la cooperación público-privada y contribuya al desarrollo sostenible de la región.

La provincia de Chiloé pertenece a la región de Los Lagos, el área consta de 10 comunas y una población de 168.185 habitantes¹⁵. Se ha seleccionado esta locación, por el estado crítico de gestión de residuos que enfrenta esta provincia. En el 2019 se genera una Alerta Sanitaria en la provincia, debido al cierre del vertedero de Ancud, por término de su vida útil, lo que generó una situación inmanejable que puso en evidencia el estado actual de los vertederos municipales de todas las comunas de la provincia, varios de los cuales se identificaron en estado crítico. Para afrontar este problema se implementó un sitio transitorio de disposición final en el sector de Puntra en Ancud, que operó por un tiempo limitado, sin embargo, actualmente los residuos sólidos se están disponiendo fuera de la provincia de Chiloé.

En una primera etapa se propone iniciar con la Municipalidad de Ancud, que posterior al año de implementación e identificación de puntos de mejora y corrección de errores, pueda escalarse y recepcionar residuos de las demás comunas de la provincia.

4.2.1. Objetivos

Reducir la cantidad de residuos orgánicos destinados a vertederos y tratarlos mediante el proceso de digestión anaerobia de microorganismos, durante el proceso generar: (1) energía renovable a partir de biogás para cubrir el requerimiento energético de la planta de tratamiento e insertar el excedente en la matriz energética local, y (2) producir digestato para el uso en los sectores productivos locales.

4.2.2. Actividades y cronograma del proyecto

La implementación de una planta de digestión anaeróbica en Chiloé se compone de las siguientes actividades:

¹⁵ Censo 2017 del INE.

Tabla 24. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 2

Actividades	Actores claves	Implementación (trimestral)											
		Año 1				Año 2				Año 3			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Evaluación de viabilidad <ul style="list-style-type: none"> Estudio de factibilidad, diseño técnico, impacto ambiental (Evaluación de la cadena de valor del digestato y el biogás generado, identificando a los usuarios / beneficiarios y análisis financiero de su comercialización) Aprobación del piloto mediante el establecimiento de una alianza, de preferencia público-privada para la implementación del proyecto Diseño del modelo de gestión Formulación del plan de trabajo 	Municipalidad de Ancud MMA Seremi MMA Consultora contratada Empresa privada seleccionada												
Diseño del proyecto y gestión <ul style="list-style-type: none"> Licitación para que una empresa se adjudique la obra Licitación para un estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios a tratar por la planta Licitación para un diagnóstico territorial para identificar las especificaciones técnicas y selección de la ubicación de la planta 	Municipalidad de Ancud, CORFO, Empresa privada seleccionada												
Obtención de permisos y regulaciones: <ul style="list-style-type: none"> Obtener los permisos y licencias requeridos para la construcción y operación del proyecto BRT, cumpliendo con las regulaciones locales y ambientales. Contrato de compra o alquiler de terrenos del terreno para la planta 	Empresa privada seleccionada												
Construcción de la planta de digestión anaeróbica y gestión de los productos generados <ul style="list-style-type: none"> Construcción física, instalación de equipos mediante una licitación Establecer alianzas para la comercialización del digestato Establecer una alianza con el Ministerio de Energía y la empresa de distribución eléctrica de las comunidades del proyecto para evaluar la factibilidad de insertar en la red de distribución el excedente de energía que genere la planta Establecer alianzas con la empresa recolectora de residuos para modificar las rutas de recojo y la porción orgánica de los RSD se trasladen a la planta de digestión anaerobia 	Municipalidad de Ancud, CORFO, Empresa privada seleccionada Empresas de construcción, proveedores de equipos												
Pruebas de funcionamiento y capacitación del personal. <ul style="list-style-type: none"> Pruebas técnicas de operación de la planta (puesta en marcha), corrección de errores e identificación de flujos de entrada y salida Capacitación del personal operativo Cuantificación de la cantidad de energía eléctrica generada y Evaluación de la calidad del digestato producido 	Municipalidad de Ancud, CORFO, Empresa privada seleccionada												
Inicio de operaciones (puesta en marcha) y monitoreo continuo. <ul style="list-style-type: none"> Operación de la planta, monitoreo y ajustes 	Municipalidad de Ancud, CORFO,												

Actividades	Actores claves	Implementación (trimestral)											
		Año 1				Año 2				Año 3			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<ul style="list-style-type: none"> Divulgación de resultados 	Empresa privada seleccionada												

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que las especificaciones técnicas de cada proyecto dependerán del alcance del mismo, la geografía del lugar, los actores involucrados y el tipo de tecnología a implementar. Sin perjuicio de ello, en el Box 3 se presentan algunas consideraciones técnicas a tener en cuenta para la implementación de la idea de proyecto.

4.2.3. Relación con las prioridades del país

Entre los objetivos principales del proyecto se encuentra reducir la cantidad de residuos orgánicos que se destinan a rellenos sanitarios, aumentar la tasa de valorización de residuos y generar insumos que contribuyan a la circularidad del sector, objetivos que hacen sinergia con diferentes prioridades a nivel nacional:

- La NDC establece como una de sus medidas del sector “Residuos” la “captura o uso de biogás de rellenos sanitarios” y propone que bajo un escenario de Carbono Neutralidad al año 2035 100% de los residuos domésticos urbanos son depositados en rellenos sanitarios con sistemas de quema o uso de biogás.
- La ENRO propone una meta de un aumento del 1% al 66% de valorización de los residuos orgánicos generados a nivel municipal al 2040. La ENRO identifica a la digestión anaeróbica como una de las tecnologías con mayor posibilidad de aplicación y recomienda su implementación a nivel municipal en el marco de alianzas público-privadas entre municipios y el sector de la agroindustria. No obstante, es importante considerar que este tipo de plantas puede vender biometano en la red de gas, electricidad y/o calor de forma más regular que la producción y venta de digestato.

4.2.4. Co-beneficios del proyecto

Beneficios ambientales:

- La digestión anaeróbica reduce las emisiones de metano y dióxido de carbono que se producirían si los residuos orgánicos se descomponen en vertederos.
- El digestato producido es un fertilizante orgánico rico en nutrientes que mejora la fertilidad y estructura del suelo.
- La planta transforma residuos orgánicos que de otro modo irían a vertederos.

Beneficios socioeconómicos:

- Generación de oportunidades laborales locales y fortalecimiento de la economía regional, asegurando igualdad de acceso y posibilidades de ascenso tanto para hombres como para mujeres.

- El proyecto puede ser un centro de aprendizaje para prácticas sostenibles de gestión de residuos y producción de energía renovable, por lo que contribuiría a la adecuada gestión de residuos sólidos de la provincia.
- Generación de energía renovable que puede abastecer energéticamente los procesos internos de la planta y permitirá la circularidad de sus procesos. Adicionalmente, el excedente se podría introducir al sistema energético local reduciendo los costos de energía.
- La planta reduce la necesidad de transporte y tratamiento de residuos en vertederos.
- El digestato puede ser comercializado como fertilizante orgánico, creando nuevas oportunidades de negocio.

4.2.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto, se estima un costo de 6.372.000,00 USD.

Tabla 25. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 2

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
Evaluación de viabilidad	Estudio de factibilidad, diseño técnico, impacto ambiental (Evaluación de la cadena de valor del digestato y el biogás generado, identificando a los usuarios / beneficiarios y análisis financiero de su comercialización)	Contratación consultoría especializada	150.000,00	Incluye evaluación técnica y financiera del proyecto, diseños y análisis detallados de la cadena de valor y la definición del modelo operativo y la estructura de gestión considerando la generación y uso de biogás y digestato.
	Aprobación del piloto mediante el establecimiento de una alianza, de preferencia público-privada para la implementación del proyecto			
	Diseño del modelo de gestión			
	Formulación del plan de trabajo			
Diseño del proyecto y gestión	Licitación para un estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios a tratar por la planta	Preparación de Documentos de Licitación= 15.000 USD	35.000,00	Estos costos son aproximaciones basadas en prácticas estándar de licitación y pueden variar según los requisitos específicos del proyecto, las tarifas de asesoría legal y técnica, y las opciones de promoción elegidas.
	Licitación para un diagnóstico territorial para identificar las especificaciones técnicas y selección de la ubicación de la planta	Promoción de las Licitaciones= 5.000 USD		
	Licitación para un diagnóstico territorial para identificar las especificaciones técnicas y selección de la ubicación de la planta	Evaluación de Propuestas= 15.000 USD		
Obtención de permisos y regulaciones	Obtener los permisos y licencias requeridos para la construcción y operación del proyecto BRT, cumpliendo con las regulaciones locales y ambientales.	Obtención de Permisos y Licencias= 35.000 USD	487.000,00	La complejidad y variedad de permisos requeridos (ambientales, de construcción, operativos) pueden hacer que este costo varíe significativamente. El precio promedio de las parcelas de cinco mil metros cuadrados en Chiloé es de 1.117 UF Se estima un terreno de 50.000 m ² .
	Contrato de compra o alquiler de terrenos del terreno para la planta	Valor compra terreno= 452.000 USD* Valor alquiler = 12% anual del valor del terreno = 56.000 USD *Se costea con la compra del predio		

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores prioritizados

Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
Construcción de la planta de digestión anaeróbica y gestión de los productos generados	Construcción física, instalación de equipos mediante una licitación	Construcción planta mediana (50 t/día)	5.000.000,00	Obras civiles, compra e instalación de digestores anaeróbicos, sistemas de tratamiento de biogás, almacenamiento y equipos relacionados.
	Establecer alianzas para la comercialización del digestato	Negociaciones, análisis de mercado y materiales de marketing.	10.000,00	
	Establecer una alianza con el Ministerio de Energía y la empresa de distribución eléctrica de las comunidades del proyecto para evaluar la factibilidad de insertar en la red de distribución el excedente de energía que genere la planta	Asesoría técnica y legal necesaria.	35.000,00	Estudios de factibilidad y negociaciones contractuales.
	Establecer alianzas con la empresa recolectora de residuos para modificar las rutas de recojo y la porción orgánica de los RSD se trasladen a la planta de digestión anaerobia	Planificación logística y posiblemente inversiones en infraestructura de recolección	50.000,00	
Pruebas de funcionamiento y capacitación del personal	Pruebas técnicas de operación de la planta (puesta en marcha), corrección de errores e identificación de flujos de entrada y salida	Personal e instrumentación	50.000,00	
	Capacitación del personal operativo	Capacitación especializada	20.000,00	Contratación de expertos para la formación y el desarrollo de materiales de capacitación.
	Cuantificación de la cantidad de energía eléctrica generada	Equipo de medición y análisis	10.000,00	Incluyendo evaluación precisa durante las pruebas iniciales.
	Evaluación de la calidad del digestato producido	Análisis de laboratorio	15.000,00	Cubriendo la recogida de muestras, análisis en laboratorio y reporte de resultados.
Inicio de operaciones (puesta en marcha) y monitoreo continuo	Operación de la planta, monitoreo y ajustes	Personal operativo, mantenimiento, consumibles, y energía necesaria para la operación	500.000,00	10% del valor de la planta
	Divulgación de resultados	Materiales de comunicación, gastos de eventos y campañas de sensibilización pública.	10.000,00	
Total			6.372.000,00	Se estima sobre una planta con una capacidad de 50 t/día.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Medidas de gestión de riesgo

La implementación de una planta de tratamiento en Chiloé u otra comuna, provincia o región, presenta riesgos y desafíos, detallados a continuación, junto con sus correspondientes medidas de gestión.

- a) Algunas características de la materia prima como la disponibilidad (tanto geográfica como de producción), el uso alternativo, el potencial de producción de biogás y sus propiedades físicas y químicas, influyen en la mayoría de las decisiones a tomar en la ejecución de un proyecto de producción de biogás. Sin embargo, se recomienda utilizar la codigestión de distintas materias primas como estrategia de producción, para aumentar los rendimientos de biogás. Esto debido a que las materias primas se pueden complementar, ofreciendo distintos nutrientes a los microorganismos que en un solo tipo de materia prima no se encuentran.
- b) Se recomienda evaluar el dimensionamiento del reactor, debido a que la tecnología de mezcla completa implica un alto volumen y menores rendimientos de biogás, en cambio otros tipos de reactores poseen mayores rendimientos de producción de biogás y menores volúmenes, como por ejemplo los reactores UASB o los de lecho.
- c) Los precios de la energía también pueden afectar al proyecto, por lo que es importante analizar su distribución y variación en el tiempo, para disminuir el riesgo del proyecto en etapas posteriores de la evaluación.
- d) La normativa relacionada aún es incipiente, y los estándares de producción y calidad de biogás y digestato aún no se han identificado. A pesar de ello, existen documentos guías nacionales, así como recomendaciones internacionales. Esto se solucionaría con la generación de normativas técnicas para este tipo de tratamientos.

4.3. Idea de proyecto tecnología 3: Tratamiento biológico de residuos de salmonicultura con MSN

Este proyecto propone la creación de una planta para el tratamiento biológico de residuos sólidos orgánicos mediante MSN de alcance comunal en la zona sur de Chile, específicamente en áreas como La Araucanía, Los Lagos, Aysén y Magallanes. El objetivo es transformar los desechos orgánicos de la salmonicultura en un recurso que se inserte nuevamente en la cadena de valor del sector: la harina de insecto, que luego será utilizada como alimento en la misma industria, cerrando así el ciclo de producción de manera sostenible. Esta iniciativa busca fomentar la cooperación y sinergia entre los productores de salmón, contribuyendo así al fortalecimiento de la sostenibilidad del sector.

El funcionamiento de la Planta de Tratamiento Biológica con MSN consta de 5 etapas: criadero, pre-tratamiento, tratamiento de las moscas y refinamiento (ver Box 4).

Se ha seleccionado a la industria del salmón porque es el segundo sector exportador más grande de Chile y el segundo productor de salmones a nivel internacional, abasteciendo a más de 100 mercados en el mundo. Junto a ella, se desarrollan más de 4.000 pymes y genera más de 70.000 empleos directos e indirectos en las regiones mencionadas [103]. Sin embargo, en cuanto a la disposición final de residuos sólidos producidos por la salmonicultura, el 74,3% va a relleno sanitario, solo el 24,3% se recicla y el 1,2% va a otra disposición [104].

Adicionalmente, la mayor cantidad de los residuos generados son de tipo orgánico, consistentes principalmente de Mortalidad, vísceras, descartes, desprendimientos y otros [105]. Por lo que se ha identificado a este sector como potencial fuente de residuos sólidos orgánicos con necesidad de tratamiento, en un sector relevante en términos de productividad y generación económica del país y de prácticas de sostenibilidad.

4.3.1. Objetivos

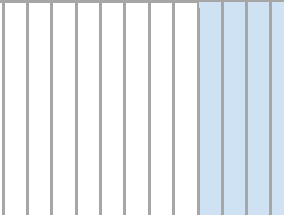
Aplicar un sistema de economía circular mediante el tratamiento de los residuos orgánicos de industria de la salmonicultura para producir: (1) harina de insecto de alta calidad que pueda ser utilizada como alimento en la misma industria salmonicultora y (2) una enmienda de suelo para el sector silvoagropecuario.

4.3.2. Actividades y cronograma del proyecto

Las actividades para desarrollar un tratamiento biológico mediante larvas de MSN en el sector salmonicultura son:

Tabla 26. Actividades y cronograma de la idea de proyecto de la tecnología 3

Actividades	Actores claves	Meses de implementación																	
		Año 1						Año 2											
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6						
Estudio de Factibilidad y Diseño <ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio de viabilidad técnica, económica y ambiental Seleccionar una ubicación adecuada para el piloto, preferiblemente cerca de una instalación salmonera donde se puedan tratar los residuos de manera eficiente Establecimiento de alianza entre productores salmonicultores para la implementación del proyecto 	Asociación de la Industria del Salmón de Chile A.G. MMA Subpesca																		
Diseño y adquisición de instalaciones <ul style="list-style-type: none"> Diseñar el sistema de tratamiento que incluye la cría y cultivo de larvas de mosca soldado-negra Adquirir las instalaciones necesarias para la cría de las larvas, incluyendo áreas de incubación y sistemas de alimentación. Obtener los permisos y licencias requeridos para la construcción y operación de la planta Comprar el equipamiento requerido para recolectar, procesar y utilizar las larvas para el tratamiento de los residuos. 	Asociación de la Industria del Salmón de Chile A.G. MMA Subpesca																		
Pruebas Piloto y Capacitación del Personal <ul style="list-style-type: none"> Capacitar a los salmonicultores para operar y mantener el sistema de tratamiento Establecer las condiciones óptimas para la cría y el cultivo de larvas de mosca soldado-negra, incluyendo la alimentación y la gestión de las condiciones ambientales. Implementar el proceso de tratamiento de residuos utilizando las larvas de mosca soldado-negra y monitorear su eficacia. Capacitación del personal operativo de la planta Evaluación de la calidad de la harina de insecto producido y la enmienda de suelo 	Asociación de la Industria del Salmón de Chile A.G. MMA Subpesca																		

<p>Inicio de Operaciones y Evaluación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arranque de la planta, monitoreo de calidad de harina de insecto • Programa de comunicación y difusión del proyecto • Evaluar la posibilidad de expandir el proyecto piloto a mayor escala si los resultados son positivos. 	<p>Asociación de la Industria del Salmón de Chile A.G. MMA Subpesca Gobiernos Regionales</p>	
--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que las especificaciones técnicas de cada proyecto dependerán del alcance del mismo, la geografía del lugar, los actores involucrados y el tipo de tecnología a implementar. Sin perjuicio de ello, en el Box 4Box 2 se presentan algunas consideraciones técnicas a tener en cuenta para la implementación de la idea de proyecto.

4.3.3. Relación con las prioridades del país

Entre los objetivos principales del proyecto se encuentra reducir la cantidad de residuos orgánicos que se destinan a rellenos sanitarios, aumentar la tasa de valorización de residuos y generar insumos que contribuyan a la circularidad del sector, objetivos que hacen sinergia con diferentes prioridades a nivel nacional:

- a) La ENRO establece la meta de valorizar el 66% de los residuos orgánicos generados a nivel municipal al 2040. La tecnología MSN puede facilitar el cumplimiento de este objetivo al convertir los residuos orgánicos en un producto valioso, como la harina de larvas de mosca, que se puede utilizar como alimento para animales.
- b) Esta tecnología se alinea con la ECLP de varias maneras, se destaca como el proceso con la MSN puede contribuir al objetivo que busca alcanzar la carbono neutralidad al 2050, esto al reducir las emisiones de metano de los vertederos. Sumado a esto, el componente de adaptación al cambio climático se ve beneficiado gracias a esta tecnología, esto teniendo en cuenta que puede aumentar la resiliencia del sector agrícola al proporcionar una fuente alternativa de proteínas para la alimentación animal, reduciendo la dependencia de insumos importados, como la soja.

4.3.4. Co-beneficios del proyecto

Beneficios ambientales:

- Disminución de la cantidad de residuos orgánicos generados por la industria salmicultora que de otro modo terminarían en vertederos. Es un ejemplo de economía circular, ayudando a cerrar el ciclo de producción de una manera más sostenible.
- La gestión eficiente de los residuos de la salmicultura ayuda a prevenir la contaminación de los cuerpos de agua.
- La transformación de residuos en productos útiles mediante procesos biológicos es energéticamente eficiente y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero.

Beneficios sociales:

- El establecimiento y operación de la planta de tratamiento creará nuevas oportunidades de trabajo en la región. Dichas oportunidades de creación de empleo estarán disponibles a

hombres y mujeres de igual manera, y el proyecto asegurará que ambos géneros tengan igual oportunidades de ascenso y representatividad en todos los grupos de trabajo.

- El proyecto puede servir como un modelo para prácticas sostenibles y responsables ambientalmente en la industria.

Beneficios económicos:

- La utilización de la harina de insecto como alimento para los salmones puede reducir los costos de alimentación en la industria.
- La harina de insecto producida tiene el potencial de abrir nuevos mercados, no solo en la alimentación de salmones sino también en otros sectores.
- La implementación de prácticas sostenibles y tecnologías innovadoras puede atraer el turismo ecológico.

4.3.5. Presupuesto del proyecto

Para la implementación de esta idea de proyecto, se estima un costo de 2.935.000,00 USD.

Tabla 27. Estimación de costos de la idea de proyecto de la tecnología 3

Actividad	Subactividad	Concepto de costo	Valor (USD)	Supuestos
Estudio de Factibilidad y Diseño	Realizar un estudio de viabilidad técnica, económica y ambiental	Contratación consultoría especializada	70.000,00	Análisis de mercado, análisis técnico de la bioconversión de residuos, estudio de impacto ambiental y análisis financiero. Evaluaciones de terreno, accesibilidad, proximidad a fuentes de residuos y análisis de impacto ambiental local.
	Seleccionar una ubicación adecuada para el piloto, preferiblemente cerca de una instalación salmonera donde se puedan tratar los residuos de manera eficiente			
	Establecimiento de alianza entre productores salmonicultores para la implementación del proyecto			
Diseño y adquisición de instalaciones	Diseñar el sistema de tratamiento que incluye la cría y cultivo de larvas de mosca soldado-negra	Contratación consultoría especializada	500.000,00	El diseño detallado cubriría la ingeniería civil, mecánica, eléctrica y de procesos.
	Obtener los permisos y licencias requeridos para la construcción y operación de la planta			
	Adquirir las instalaciones necesarias para la cría de las larvas, incluyendo áreas de incubación y sistemas de alimentación	Adquisición de predios, obra civil y equipamiento	2.000.000,00	Producción anual estimada de salmón = 500.000 t Se asume 30% de subproductos = 150.000 t/año Se supone un sistema que procese 1t/m ² = 180.000m ² .
	Comprar el equipamiento requerido para recolectar, procesar y utilizar las larvas para el tratamiento de los residuos.			
Pruebas Piloto y Capacitación del Personal	Capacitar a los salmonicultores para operar y mantener el sistema de tratamiento	Contratación de expertos y materiales de capacitación	60.000,00	

	Capacitación del personal operativo de la planta			
	Establecer las condiciones óptimas para la cría y el cultivo de larvas de mosca soldado-negra, incluyendo la alimentación y la gestión de las condiciones ambientales.	Ajustes iniciales	20.000,00	Incluye materiales necesarios.
	Implementar el proceso de tratamiento de residuos utilizando las larvas de mosca soldado-negra y monitorear su eficacia.	10% valor de adquisición de predios, obra civil y equipamiento.	200.000,00	
	Evaluación de la calidad de la harina de insecto producido y la enmienda de suelo	Sistemas de monitoreo y análisis inicial de productos.	15.000,00	Incluye hardware y software de monitoreo.
Inicio de Operaciones y Evaluación	Arranque de la planta, monitoreo de calidad de harina de insecto	Análisis iniciales y establecimiento de protocolos de calidad.	20.000,00	Análisis nutricional y control de calidad.
	Programa de comunicación y difusión del proyecto	Contrataciones especializadas: estudios de viabilidad y consultoría.	50.000,00	Se consideran las campañas de difusión, así como establecer una consultoría especializada para evaluar la expansión.
	Evaluar la posibilidad de expandir el proyecto piloto a mayor escala si los resultados son positivos.			
Total			2.935.000,00	

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6. Medidas de gestión de riesgo

La implementación de una Planta de tratamiento de residuos, u otra comuna, presenta varios riesgos y desafíos, detallados a continuación, junto con sus correspondientes medidas de gestión.

- a) La viabilidad económica representa un gran reto a sortear, esto desde el costo inicial de equipos y la puesta en marcha de la operación de esta tecnología, lo cual representa un riesgo para su selección frente a otras alternativas. Para dar solución a esta problemática se propone fortalecer los subsidios o fondos de financiamiento por parte de entes gubernamentales con el fin de amortiguar costos y apoyar este tipo de tecnologías.
- b) Dado que la harina de insecto es un insumo incorporándose al mercado, y si bien se han identificado casos de aplicación en el país, aún hay salmonicultores que lo desconocen y podrían rechazar el producto, más por desconocimiento de sus beneficios que por una mala calidad del producto. Esto podría reducir la demanda de la tecnología, generando afectación a la viabilidad económica del proyecto y limitando su desarrollo. Se propone, a la par con la implementación de pilotos, promover la certificación de los procesos de la tecnología para asegurar productos que cumplan estándares de alta calidad, los cuáles pueden disminuir la posibilidad del rechazo por parte de los consumidores.
- c) Para minimizar riesgos vinculados al proceso de la MSN se sugiere tener un estricto control sobre la población de moscas en el área del proyecto, implementando medidas para controlar

la reproducción de las mismas, como el uso de mallas, trampas y control biológico. La capacitación y sensibilización al personal sobre el manejo adecuado de la tecnología MSN es fundamental para garantizar la eficiencia de la tecnología, finalmente se destaca la necesidad de sensibilizar a la comunidad sobre los beneficios y riesgos de la misma para tener mayor apropiación y aprobación de los proyectos.

Referencias bibliográficas

- [1] Gobierno de Chile, “Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile”, 2020. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf
- [2] Ministerio del Medio Ambiente MMA, “Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos Chile 2040”, Santiago de Chile, 2021. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/03/Estrategia-Nacional-de-Residuos-Organicos-Chile-2040.pdf>
- [3] Ministerio del Medio Ambiente MMA, “Hoja de Ruta para un Chile Circular”, 2021. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/07/HOJA-DE-RUTA-PARA-UN-CHILE-CIRCULAR-AL-2040-ES-VERSION-ABREVIADA.pdf>
- [4] Ministerio del Medio Ambiente, “Política Nacional de Residuos 2018-2030”. Accedido: 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://santiagorecicla.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/02/Politica-Nacional-de-Residuos_final-V_sin-presentacion.pdf
- [5] Centro de Sistemas Públicos de la Universidad de Chile, “Análisis sobre el esquema tarifario establecido en la recolección municipal de residuos”, Santiago, abr. 2020.
- [6] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, “Ley 20920 ESTABLECE MARCO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS, LA RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR Y FOMENTO AL RECICLAJE”. Accedido: 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>
- [7] Ministerio del Medio Ambiente MMA, “Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos Chile 2040”, Santiago de Chile, 2021. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/03/Estrategia-Nacional-de-Residuos-Organicos-Chile-2040.pdf>
- [8] E. Rondón, M. Szantó, E. Contreras, y A. Gálvez, “Guía general para la gestión de residuos domiciliarios”, 2016. Accedido: 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/1/S1500804_es.pdf
- [9] Ministerio del Medio Ambiente MMA, “Compostaje: Una tendencia para combatir el Cambio Climático”. Accedido: 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico-2/>
- [10] SEA, “Guía para la descripción del uso del territorio en el SEIA”, Santiago, 2013.
- [11] SINIA, “Datos Abiertos 2022”, <https://sinia.mma.gob.cl/datos-abiertos/datos-abiertos-2022/>.
- [12] ImplementeSur, “ASESORÍA SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS A NIVEL MUNICIPAL EN CHILE”, 2019. Accedido: 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://rechile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Informe-1-Diagnostico-nacional-e-internacional.pdf>
- [13] E. Rondón, M. Szantó, J. Pacheco, E. Contreras, y A. Gálvez, “Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios”, Santiago, 2016.
- [14] Ministerio del Medio Ambiente MMA, “Séptimo Reporte del Estado del Medio Ambiente 2023”, 2023. Accedido: 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/reporte-del-estado-del-medio-ambiente-2022/>
- [15] E. Vivanco, “Gestión de residuos domiciliarios - Regulación en Chile”, Santiago, may 2022.
- [16] G. Riofrio y T. Cabrera, “Trabajadoras por la ciudad: aporte de las mujeres a la gestión ambiental de los residuos sólidos en América Latina. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo (DESCO)”, 2012.
- [17] A. Muñoz, “La educación ambiental en Chile, una tarea aún pendiente. ”, *Ambiente & Sociedad*, pp. 177–198, 2014.
- [18] UNEP, “Section III: Gender and Waste Management”, <http://www.rrcap.ait.ac.th/Course%20Package/Module%204.pdf>.
- [19] M. Muller y A. Schienberg, “Gender and Urban Waste Management”, <https://www.gdrc.org/uem/waste/swm-gender.html>.
- [20] Sida, “Waste Disposal and Equality Between Women and Men”, Stockholm, Sweden, 1998.
- [21] IETC, “Gender and waste management Did you know...?”, Japan, 2022.

- [22] L. Rodic, "Waste Governance", en *Global Waste Management Outlook*, UNEP, 2015, pp. 125–200.
- [23] R. Marguirott, "Residuos sólidos domiciliarios en Chile: Evolución y nuevo enfoque regulador", Tesis de master, Universidad de Salamanca, Salamanca, 2020.
- [24] J. Sannazzaro y P. Gajardo, "Tecnologías sustentables y género. Aproximación a casos en el archipiélago de Chiloé, Chile.", *Rivar (Santiago)* 9(26), pp. 55–71, 2022.
- [25] MMA, "Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos Chile 2040", Santiago, mar. 2021.
- [26] L. Capogrossi, "La época de los esclavos se acabó: género y condiciones de trabajo en las empresas de limpieza en Argentina", *Íconos Revista de Ciencias Sociales* (66), pp. 173–190, 2020.
- [27] V. Rudin, S. Van den Berg, y L. Abarca, "Género y reciclaje: herramientas para el diseño e implementación de proyectos: Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo.", 2013.
- [28] WECF, "Women and Chemicals: The impact of hazardous chemicals on women", jun. 2016.
- [29] OCDE, "Mainstreaming Gender and Empowering for Environmental Sustainability. Session 3. Differentiated environmental impacts on women's and men's health and well-being. 2020 ", París, 2020. Accedido: 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.oecd.org/env/GFE-Gender-Issues-Note-Session-3.pdf>
- [30] P. Claussen, M. Delfino, y B. Bayma, "Subcontratación y lógicas de segregación por género: Una mirada comparada en dos sectores ocupacionales de servicios auxiliares en la ciudad de Santa Fe", 2020.
- [31] Servicio Civil, "Condiciones y Representación de las mujeres en el Sector Público". Ministerio de Hacienda, 2017.
- [32] Servicio Nacional de la Mujer y la Equidad de Género, "Programa Mecanismos de Género en la Gestión Municipal (- Proceso Formulación Presupuestaria 2018)", 2018.
- [33] F. Gutiérrez Galicia, A. L. Coria Páez, y R. Tejeida Padilla, "A Study and Factor Identification of Municipal Solid Waste Management in Mexico City", *Sustainability*, vol. 11, n° 22, p. 6305, nov. 2019, doi: 10.3390/su11226305.
- [34] S. A. Bhat, J. Singh, y A. P. Vig, "Earthworms as Organic Waste Managers and Biofertilizer Producers", *Waste Biomass Valorization*, vol. 9, n° 7, pp. 1073–1086, 2018, doi: 10.1007/s12649-017-9899-8.
- [35] M. Lores, M. Gómez-Brandón, D. Pérez-Díaz, y J. Domínguez, "Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts", *Soil Biol Biochem*, vol. 38, n° 9, pp. 2993–2996, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.05.001>.
- [36] Pilar. Roman, M. M. Martínez, y Alberto. Pantoja, *Manual de compostaje del agricultor : experiencias en América Latina*. FAO, 2013. Accedido: 10 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- [37] R. Luna Murillo, A. Bejarano Albornoz, A. Espinoza Coronel, C. Ulloa Méndez, K. Espinosa Cunuay, y R. Trávez Trávez, "Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química", *Ciencia y Tecnología*, vol. 9, n° 1, pp. 11–16, jul. 2016, doi: 10.18779/cyt.v9i1.160.
- [38] M. del R. Romero-Lima, A. Trinidad-Santos, R. García-Espinosa, y R. Ferrera-Cerrato, "Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales", *Agrociencia*, vol. 34, n° 3, pp. 261–269, 2000.
- [39] C. Alvarez_Arias, A. Kari_Ferro, N. Echegaray Peña, R. Huaraca_Aparco, N. Flores_Pacheco, y J. Barreto Carbajal, "Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L)", *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología: C&T Riqchary*, vol. 4, n° 1, pp. 39–45, 2022.
- [40] E. Álvarez-Sánchez, A. Vázquez-Alarcón, J. Z. Castellanos, y J. Cueto-Wong, "Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo", *Terra Latinoamericana*, vol. 24, n° 2, pp. 261–268, 2006, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311108013>
- [41] A. Ahmad et al., "Rice Straw Vermicompost Enriched With Cellulolytic Microbes Ameliorate the Negative Effect of Drought in Wheat Through Modulating the Morpho-Physiological Attributes", *Front Environ Sci*, vol. 10, 2022, doi: 10.3389/fenvs.2022.902999.

- [42] J. Vázquez, M. Alvarez-Vera, S. Iglesias-Abad, y J. Castillo, "The incorporation of organic amendments in the form of compost and vermicompost reduces the negative effects of monoculture in soils", *Scientia Agropecuaria*, vol. 11, n° 1, pp. 105–112, mar. 2020, doi: 10.17268/sci.agropecu.2020.01.12.
- [43] R. Sherman, "Vermicomposting for Businesses, Farms, Institutions & Municipalities", <https://composting.ces.ncsu.edu/vermicomposting-2/vermicomposting-for-business-farms-institutions-municipalities/>, 2023.
- [44] E. Triana, "Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos por Medio del Vermicompostaje en el Barrio los Alpes–Bogotá", Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Bogotá, 2023.
- [45] M. D. G.-E. L. G.-M. P., B. R. Soriano, "EXPERIENCIA EN LA TRANSFORMACIÓN DE RESTOS VEGETALES DE DIVERSAS ESPECIES BAJO COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE", Valencia, España.
- [46] C. M. Universidad de Costa Rica, O. Colegio de Ingenieros Agrónomos (Costa Rica), O. G. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, y L. Cardoso-Vigueros, *Agronomía costarricense.*, vol. 37, n° 1. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>, 2013. Accedido: 1 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242013000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [47] J. Wang et al., "Emissions of ammonia and greenhouse gases during combined pre-composting and vermicomposting of duck manure", *Waste Management*, vol. 34, n° 8, pp. 1546–1552, ago. 2014, doi: 10.1016/j.wasman.2014.04.010.
- [48] A. M. Hobson, J. Frederickson, y N. B. Dise, "CH₄ and N₂O from mechanically turned windrow and vermicomposting systems following in-vessel pre-treatment", *Waste Management*, vol. 25, n° 4, pp. 345–352, ene. 2005, doi: 10.1016/j.wasman.2005.02.015.
- [49] A. Nigussie, T. W. Kuyper, S. Bruun, y A. de Neergaard, "Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small-scale composting", *J Clean Prod*, vol. 139, pp. 429–439, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.058>.
- [50] A. Mertenat, S. Diener, y C. Zurbrügg, "Black Soldier Fly biowaste treatment – Assessment of global warming potential", *Waste Management*, vol. 84, pp. 173–181, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.040>.
- [51] A. Kumar, P. Birenda, S. R.S., y K. Basanti, "Vermicomposting: Success Story of farmer for Revenue and Employment Generation", *International Journal of Agriculture Sciences*, vol. 9, n° 41, pp. 4664–4666, sep. 2017.
- [52] L. Reynolds, "Got Dog Poop? Let This Vermicomposting Success Story Inspire You", <https://www.treehugger.com/dog-poop-vermiculture-compost-myles-stubblefield-7096547>.
- [53] J. Kisser et al., "A review of nature-based solutions for resource recovery in cities", *Blue-Green Systems*, vol. 2, n° 1, pp. 138–172, ene. 2020, doi: 10.2166/BGS.2020.930/644616/BGS2020930.PDF.
- [54] Gobierno de Santiago, "Gobierno de Santiago lanza programa de compostaje para promover el reciclaje de residuos orgánicos en domicilios de la región", Santiago, Chile, 2023. Accedido: 27 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gobiernosantiago.cl/gobierno-de-santiago-lanza-programa-de-compostaje-para-promover-el-reciclaje-de-residuos-en-domicilios-de-la-region/>
- [55] CORFO, "Vermicompostaje: Una iniciativa pionera en Magallanes, nace en Puerto Natales apoyada por Corfo". Accedido: 1 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/regional/02_03_2020_vermicompostaje;jsessionid=SDR1JfC2WYTOBHEMgC8ckTnr08OQjM5_dF6jCxGtReGxk6I-DZ8B!-2082791978!-43292529
- [56] Providencia Chile, "'Providencia recicla orgánico' entregará 1.300 kits en su versión 2022". Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://providencia.cl/provi/explora/noticias/medio-ambiente/providencia-recicla-organico-entregara-1-300-kits-en-su-version-2022>
- [57] Gobierno de canarias, "Manual de vermicompostaje". Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>

- [58] D. Guauque, “Comparación del proceso de vermicompostaje con la especie *Eisenia fétida* desde la variación de los residuos orgánicos”, Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2017.
- [59] C. R. Lohri, S. Diener, I. Zabaleta, A. Mertenat, y C. Zurbrügg, “Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings”, *Rev Environ Sci Biotechnol*, vol. 16, n° 1, pp. 81–130, 2017, doi: 10.1007/s11157-017-9422-5.
- [60] J. Martínez-Lagos, E. Vistoso Gacitúa, H. Barría Ojeda, y R. Gallardo Andías, “Aspectos claves para la elaboración de Vermicompost para pequeños espacios”, Osorno, Chile, 2022.
- [61] Montevideo Ambiente, “Manual de vermicompostaje: Cómo reciclar nuestros residuos orgánicos”, Montevideo, 2018.
- [62] C. E. Manyi-Loh, S. N. Mamphweli, E. L. Meyer, y A. I. Okoh, “Microbial anaerobic digestion: process dynamics and implications from the renewable energy, environmental and agronomy perspectives”, *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 16, n° 7, pp. 3913–3934, jul. 2019, doi: 10.1007/s13762-019-02380-w.
- [63] W. Czekala, T. Jasiński, M. Grzelak, K. Witaszek, y J. Dach, “Biogas Plant Operation: Digestate as the Valuable Product”, *Energies (Basel)*, vol. 15, n° 21, p. 8275, nov. 2022, doi: 10.3390/en15218275.
- [64] Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México, “Estudio de digestión anaeróbica seca y húmeda en planta piloto, para determinar el potencial de producción de biogás a partir de residuos orgánicos generados en el municipio de Naucalpan de Juárez”, México, 2018.
- [65] T. Sandoval, “valuación ambiental de procesos de reciclaje y valorización de residuos orgánicos para la Región Metropolitana: Comparación de tecnologías mediante un análisis de Ciclo de Vida”, Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago, 2023.
- [66] J. Carrasco, “Evaluación técnica y económica de una planta de biogás para autoabastecimiento energético: Una estrategia para diferentes contextos”, Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago, 2015.
- [67] MMA, “Biodigestión: el proceso biológico que convierte los residuos orgánicos en energía limpia”, <https://acuerdochilecanada.mma.gob.cl/biodigestion-el-proceso-biologico-que-convierte-los-residuos-organicos-en-energia-limpia/>.
- [68] M. C. García-González et al., “Treatment of swine manure: case studies in European’s N-surplus areas”, *Sci Agric*, vol. 73, n° 5, pp. 444–454, oct. 2016, doi: 10.1590/0103-9016-2015-0057.
- [69] F. Salazar Sperberg, “Diagnóstico de plantas de Digestión Anaeróbica existentes en lecherías de las regiones de Los Ríos y Los Lagos”, Providencia, Santiago, nov. 2016.
- [70] Ministerio de Energía, “Sobre el proyecto”, https://biogaslechero.minenergia.cl/?page_id=27.
- [71] P. Robledo, “El panorama de los biodigestores en Chile, una alternativa para la gestión de los residuos orgánicos”, <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/el-panorama-de-los-biodigestores-en-chile-una-alternativa-para-la-gestion-de-los-residuos-organicos/>.
- [72] Government of Canada, “The Canada-Chile Commission for environmental cooperation”, 2020. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/eccc/En1-50-2020-eng.pdf
- [73] Codexverde, “Solo un 15% de los municipios gestiona sus residuos orgánicos”. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://codexverde.cl/solo-un-15-de-los-municipios-gestiona-sus-residuos-organicos/>
- [74] Ministerio del Medio Ambiente MMA, “Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente 2021”, 2021. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/REMA2021.pdf>
- [75] Ingeniería Alemana S.A., “Estudio para la evaluación socioeconómica y ambiental de tres prototipos de biodigestores en predios de pequeños productores lecheros.”, 2009. Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2009/03/EstudioBiodigestores.pdf>
- [76] J. A. Velásquez-Piñas, O. D. Calle-Roalcaba, L. R. Miramontes-Martínez, y L. A. Alonso-Gómez, “Evaluación económica y ambiental de las tecnologías de utilización del biogás y perspectivas del análisis multicriterio”, *Revista ION*, vol. 36, n° 1, pp. 29–47, feb. 2023, doi: 10.18273/revion.v36n1-2023003.

- [77] Agencia de residuos de Cataluña, “Digestión anaerobia”, https://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/valoritzacio_reciclatge/instal·lacions_de_gestio/tractament_biologic/digestio_anaerobia/.
- [78] F. Martínez, “EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE BIOMASA”, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132055/Evaluacion-tecnica-y-economica-de-una-planta-de-generacion.pdf?sequence=4>
- [79] J. Rodríguez y O. Cendales, “Evaluación del impacto ambiental generados por la implementación de un biodigestor en la vereda de Puerto Tembleque (Meta)”, Universidad Cooperativa de Colombia, 2018. Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f3bf2e14-30f7-4e87-b435-f046b3a54da8/content>
- [80] M. V. Oviedo Olvera, J. F. García Trejo, y C. Gutiérrez Antonio, “Mosca soldado negra: eslabón perdido en la cadena de revalorización de residuos orgánicos”, México.
- [81] D. M. CUESTAS PARRA, “PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL”, Bogotá, 2022.
- [82] K. V. Beskin et al., “Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associated volatile emissions”, *Waste Management*, vol. 74, pp. 213–220, abr. 2018, doi: 10.1016/j.wasman.2018.01.019.
- [83] A. Toriz-Roldan, J. Ruiz-Vega, M. García-Ulloa, A. Hernández-Llamas, J. Fonseca-Madrigal, y H. Rodríguez-González, “Assessment of Dietary Supplementation Levels of Black Soldier Fly, *Hemertia illucens*, Pre-Pupae Meal for Juvenile Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*”, *Southwestern Entomologist*, vol. 44, n° 1, p. 251, mar. 2019, doi: 10.3958/059.044.0127.
- [84] T. Stadlander, A. Stamer, A. Buser, J. Wohlfahrt, F. Leiber, y C. Sandrock, “*Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm”, *J Insects Food Feed*, vol. 3, n° 3, pp. 165–175, sep. 2017, doi: 10.3920/JIFF2016.0056.
- [85] C. Neumann, S. Velten, y F. Liebert, “N Balance Studies Emphasize the Superior Protein Quality of Pig Diets at High Inclusion Level of Algae Meal (*Spirulina platensis*) or Insect Meal (*Hermetia illucens*) when Adequate Amino Acid Supplementation Is Ensured”, *Animals*, vol. 8, n° 10, p. 172, oct. 2018, doi: 10.3390/ani8100172.
- [86] B. A. Altmann, C. Neumann, S. Rothstein, F. Liebert, y D. Mörlein, “Do dietary soy alternatives lead to pork quality improvements or drawbacks? A look into micro-alga and insect protein in swine diets”, *Meat Sci*, vol. 153, pp. 26–34, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.001>.
- [87] Bio-emprender, “Food for the future”. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bio-emprender.iica.int/iica-club/food-for-the-future/>
- [88] Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, “Mosca soldado negro, la innovadora propuesta para la gestión de residuos orgánicos municipales”. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://chile.ahk.de/es/infocenter/noticias/noticias/mosca-soldado-negro-la-innovadora-propuesta-para-la-gestion-de-residuos-organicos-municipales>
- [89] Bio-emprender, “Food for the future”. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bio-emprender.iica.int/iica-club/food-for-the-future/>
- [90] Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, “Mosca soldado negro, la innovadora propuesta para la gestión de residuos orgánicos municipales”. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://chile.ahk.de/es/infocenter/noticias/noticias/mosca-soldado-negro-la-innovadora-propuesta-para-la-gestion-de-residuos-organicos-municipales>
- [91] G. Peña, “Modelo de negocios para una productora de Harina de Insecto”, Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2020.
- [92] G. Márquez, “Propuesta de negocio para producción de larvas de mosca soldado negro utilizando residuos orgánicos provenientes de bancos de alimentos”, *Cilo América/ Vol.15*, pp. 697–707, 11 de noviembre de 2021. Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.21676/23897848.4506>
- [93] D. CABRERA GUTIERREZ y A. L. LÓPEZ GUTIERREZ, “EVALUACIÓN DE LA LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*Hermetia Illucens*) COMO ALTERNATIVA PARA LA DEGRADACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS”, FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, Bogotá, DC., 2021.

- [94] G. A. Márquez Fontalvo, "Propuesta de negocio para producción de larvas de moscas soldado negro utilizando residuos orgánicos provenientes de bancos de alimentos", Barranquilla, 15, 2021.
- [95] G. Peña, "Modelo de negocios para una productora de Harina de Insecto", Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2020.
- [96] Adiveter, "Europa da luz verde al uso de larvas de mosca para alimentación animal". Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.adiveter.com/europa-da-luz-verde-al-uso-de-larvas-de-mosca-para-alimentacion-animal/>
- [97] N. Studt, "Uso de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) para el manejo de residuos municipales orgánicos en el campus de la universidad earth, Costa Rica", Cartago, 2010. Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/60987358.pdf>
- [98] M. Acosta y V. Guzmán, "Evaluación del contenido proteico de las larvas de mosca soldado negro (*Hermetia Illucens* sp) durante el proceso de degradación de biorresiduos", Fundación Universidad de América, 2022. Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9086/1/6181181-2022-2-IQ.pdf>
- [99] G. Bosh et al., "Conversion of organic resources by black soldier fly larvae: Legislation, efficiency and environmental impact", *J Clean Prod*, pp. 355–363, 2019, Accedido: 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.270>
- [100] SEREMI de Medio Ambiente, "Gestión y Valorización de Residuos Sólidos en la Región Metropolitana", 2012.
- [101] SEREMI de Medio Ambiente, "Informe Rellenos Sanitarios- Residuos Sólidos Urbanos en la RM", 2017.
- [102] COMANA Metropolitana de Santiago, "Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana", 2006.
- [103] Asociación de la Industria del Salmón de Chile A.G., "Salmonicultura", <https://www.salmonchile.cl/salmonicultura-salmonchile/>.
- [104] K. Faúndez, "La ruta en la gestión de residuos salmonicultores", *Salmonexpert*, vol. 80, pp. 1–51, 2020.
- [105] E. Vivanco, "Residuos de la salmonicultura para uso agrícola", 2023.
- [106] T. Poswa, "The importance of gender in waste management planning: A challenge for solid waste managers", en *8th World Congress on Environmental Health*, Durban, South Africa : Durban Institute of Technology (DIT), Department of Environmental Health, feb. 2014.
- [107] SERNAMEG, "Programas del SernameG", https://www.sernameg.gob.cl/?page_id=27.
- [108] Instituto de Nutrición y Centro América y Panamá (INCAP), "Lombricultura", [https://www.incap.int/index.php/es/Lombricultura#:~:text=La%20lombricultura%20se%20pued%20definir,o%20harina\)%2C%20como%20suplemento%20para](https://www.incap.int/index.php/es/Lombricultura#:~:text=La%20lombricultura%20se%20pued%20definir,o%20harina)%2C%20como%20suplemento%20para).
- [109] Implementa Sur, "Asesoría sobre el manejo de residuos orgánicos generados a nivel municipal en Chile", Chile, 2019.
- [110] M. Schuldt, R. Christiansen, L. Scatturice, y J. Mayo, "Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie", *Revista electrónica de Veterinaria*, vol. 8, n° 8, pp. 1–11, ago. 2007.
- [111] M. S. Romero-Güiza, J. Vila, J. Mata-Alvarez, J. M. Chimenos, y S. Astals, "The role of additives on anaerobic digestion: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 58, pp. 1486–1499, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.094>.
- [112] J. Mata-Alvarez, *Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes*. IWA Publishing, 2002.
- [113] F. Cecchi, P. Traverso, P. Pavan, D. Bolzonella, y L. Innocenti, "Characteristics of the OFMSW and behaviour of the anaerobic digestion process", en *Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes*, IWA Publishing, 2022, pp. 141–178.
- [114] L. de Groot y A. Bogdanski, "Bioslurry = Brown Gold: A review of scientific literature on the co-product of biogas production", Rome, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org>
- [115] L. Newton, C. Sheppard, W. Watson, G. Burtle, y R. Dove, *The soldier fly, a beneficial insect: house fly control, manure volume reduction and nutrient recycling*. 2005.

- [116] A. Müller, S. Wiedmer, y M. Kurth, "Risk Evaluation of Passive Transmission of Animal Parasites by Feeding of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae and Prepupae", *J Food Prot*, vol. 82, n° 6, pp. 948–954, 2019, doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-484>.

Anexos

Anexo 1. Metodología BAEF

La metodología para priorizar las barreras identificadas y desarrollar sus correspondientes medidas propuestas para superarlas se basó en las recomendaciones del documento *Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies*. Esta metodología fue modificada en base al contexto nacional, distinguiéndose finalmente 4 etapas:

- Identificación de todas las posibles barreras a través de encuestas bibliográficas y lluvias de ideas en un taller virtual con el grupo técnico del sector gestión de residuos (ver Box 1).
- Revisión de la lista general de barreras para seleccionar las más esenciales en un taller virtual con el grupo técnico de del sector gestión de residuos (ver Box 1).
- Descomposición de las barreras esenciales seleccionadas en un análisis de causa – efecto.
- Desarrollo de medidas para superar las barreras traduciendo las barreras en soluciones

Figura 8. Metodología del BAEF



Fuente: Elaboración propia.

Box 1. Metodología de dinámicas participativas en el proceso BAEF

El proceso fue llevado a cabo en 2 dinámicas: la validación de las barreras transversales y de cada tecnología, en un taller participativo (Cuarto grupo de trabajo sectorial) con el uso de la plataforma Mural y la clasificación de las barreras esenciales mediante un proceso asincrónico con el uso de una Hoja de Cálculo compartida con los actores claves. A continuación, se explica cada proceso.

- **Dinámica 1. Validación de barreras:** se expusieron las barreras identificadas a partir de revisión bibliográfica para su validación a cargo de los miembros del grupo técnico. La pregunta realizada fue si la barrera o brecha existente debería mantenerse, modificarse o quitarse. También, se agregaron nuevas barreras al tablero en el que se estaba trabajando. Este proceso se realizó para las barreras transversales y de cada tecnología.

Barreras transversales relacionadas a la gestión de residuos orgánicos municipales		
Mantener	Agregar	Quitar
<p>Baja integración público - privada que dificulta el desarrollo de estudios de proyectos de implementación de nuevas tecnologías en el sector.</p> <p>Falta de claridad en cuanto responsabilidades y procesos que deben ser seguidos frente a la valoración de residuos sólidos domiciliarios.</p> <p>Baja integración del sector público con entidades privadas, lo que puede obstaculizar la implementación de tecnologías innovadoras necesarias para el mejoramiento de residuos.</p> <p>Insuficiente ejecución de medidas piloto para la cual se han asignado recursos, lo que impide la validación de tecnologías nuevas que se aplican a nivel local.</p> <p>Falta de apoyo a participación hacia los sectores de origen de los residuos orgánicos, lo que impide la generación de conocimiento y levantamiento de información para la gestión de residuos orgánicos en origen y a nivel local por parte de las municipalidades y para su valorización.</p> <p>Falta de incentivos que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Falta de inclusión de la problemática de valorización de residuos orgánicos en la planificación de los territorios (GORE).</p> <p>Falta de cooperación entre las municipalidades para unir sus fondos en el desarrollo de proyectos de gran envergadura (políticas regionales permiten la planificación).</p>	<p>Actualización técnica necesaria e implementación de nuevas tecnologías, más que a nivel local y a nivel regional.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión para la generación de conocimiento y levantamiento de información para la gestión de residuos orgánicos en origen y a nivel local por parte de las municipalidades y para su valorización.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p>	<p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p> <p>Existen pocos recursos de inversión desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos.</p>

- **Dinámica 2. Identificación de barreras esenciales (o categorización).** Los miembros de cada mesa de trabajo sectorial asignaron el nivel de importancia a cada una de las barreras validadas en la anterior dinámica. Para ello, cada barrera fue categorizada como crucial, importante o poco esencial, de acuerdo con la importancia y prioridad que se le asignaba, como se indica a continuación:

Clasificación	Descripción	Puntuación
Barrera crucial	Son aquellas que, si no son superadas, la tecnología no será implementada.	3
Barrera importante	Pueden generar retrasos en la introducción de la tecnología.	2
Barrera poco esencial	El tipo de barreras que no ponen en riesgo la implementación de la tecnológica. Sin embargo, la superación de estas barreras facilita y potencializa el proceso, incrementando las posibilidades de éxito.	1

Barreras transversales al sector gestión de residuos orgánicos municipales			Pasos:		Usuario 1		Usuario 2	
			¿Valida esta barrera?	Justificación	Nivel de importancia que la asigna	¿Valida esta barrera?	Justificación	Nivel de importancia que la asigna
Económico - financiera	Fondos (esfuerzos) públicos destinados a la valorización de los recursos inorgánicos, más que a los orgánicos o no alineados a la separación de origen. (Distribución de presupuestos locales)		Mantener	estrategias de valorización de orgánicos deben ser subsidiadas	Crucial	Mantener	Entrega de mayores recursos a los municipios para desarrollo de estos proyectos. Deben existir fondos exclusivos para su financiamiento.	Crucial
Económico - financiera	Baja integración público - privada que dificulta el desarrollo de estudios de innovación y la implementación de nuevas tecnologías en el sector		Mantener	debe incluirse a la academia, y generar espacios de desarrollo en I+D+I en el tema	Importante	Mantener	Incentivar realización de Proyectos piloto mediante alianzas entre municipios y sector privado, que no les implique altos costos.	Crucial
Institucionales, políticas y regulatorias	Falta de claridad en cuanto responsabilidades y procesos que deben ser seguidos frente a la valoración de residuos sólidos domiciliarios		Mantener	Es necesario avanzar en generar más capacitación para que los tomadores de decisiones a nivel municipal puedan ver	Importante	Mantener	Debe existir política clara que defina responsabilidades y obligaciones de valorizar respecto a orgánicos.	Importante
Institucionales, políticas y regulatorias	(Nuevo) Falta de conocimiento (de las municipalidades) sobre los fondos públicos para la valorización de residuos orgánicos (Programa nacional de residuos sólidos)		Mantener	Existe una diferencia de orden de magnitud frente a los distintos alternativas de valorización de RSS, no es lo mismo un fondo. Considero que se debe evaluar primero como funciona la orgánica por municipios, las responsabilidades de los departamentos de medio ambiente vs. aso y	Crucial	Mantener	Fomento acceso a la información de los municipios respecto a fondos existentes y creación equipos especialistas.	Crucial
Institucionales, políticas y regulatorias	(Nuevo) Falta apoyo a la generación de conocimientos y levantamiento de información para la gestión de residuos orgánicos en origen (y a nivel local por parte de las municipalidades) y para su valorización.		Modificar	idem anterior	Crucial	Mantener	Fomentar mayor capacitación hacia equipos técnicos municipales y sus áreas técnicas	Importante
Institucionales, políticas y regulatorias	(Nuevo) Inexistencia de incentivos desde la legislación que promuevan o favorezcan la valorización de residuos orgánicos		Mantener	No es lo mismo la Ley REP con una hoja de ruta de valorización de orgánicos.	Crucial	Mantener	Generar incentivos para realizar acciones de prevención/valorización desde Gobierno Central, por el tarifa o respecto a	Importante
Institucionales, políticas y regulatorias	(Nuevo) No hay inclusión de la problemática de valorización de residuos orgánicos en la planificación de los territorios (GORE)		Mantener	es necesario avanzar en estrategias regionales colaborativas para apoyar iniciativas de valorización	Crucial	Mantener	Debería existir un análisis de todos los instrumentos de planificación a nivel regional que integre criterios	Importante
Institucionales, políticas y regulatorias	(Nuevo) Falta de cooperación entre las municipalidades para unir sus fondos en el desarrollo de proyectos de gran envergadura (políticas regionales permiten la planificación)		Mantener	idem anterior	Importante	Mantener	Incentivar asociativismo municipal para el desarrollo de este tipo de proyectos o intercambio de experiencias.	Importante

El proceso de clasificación de barreras se realizó asincrónicamente (en un plazo de 2 semanas) en una Hoja de Cálculo compartida con los y las miembros del grupo de trabajo enviada vía correo electrónico, por lo cual, el trabajo se realizó de forma individual. Los resultados finales de dicha categorización se realizaron mediante promedio aritmético y se consideraron solo las instituciones que participaron.

A continuación, se mencionan las instituciones que participaron en las dinámicas del cuarto grupo de trabajo del sector residuos.

Producto 3.3: Desarrollo de un Plan de Acción Tecnológico para los sectores y subsectores priorizados

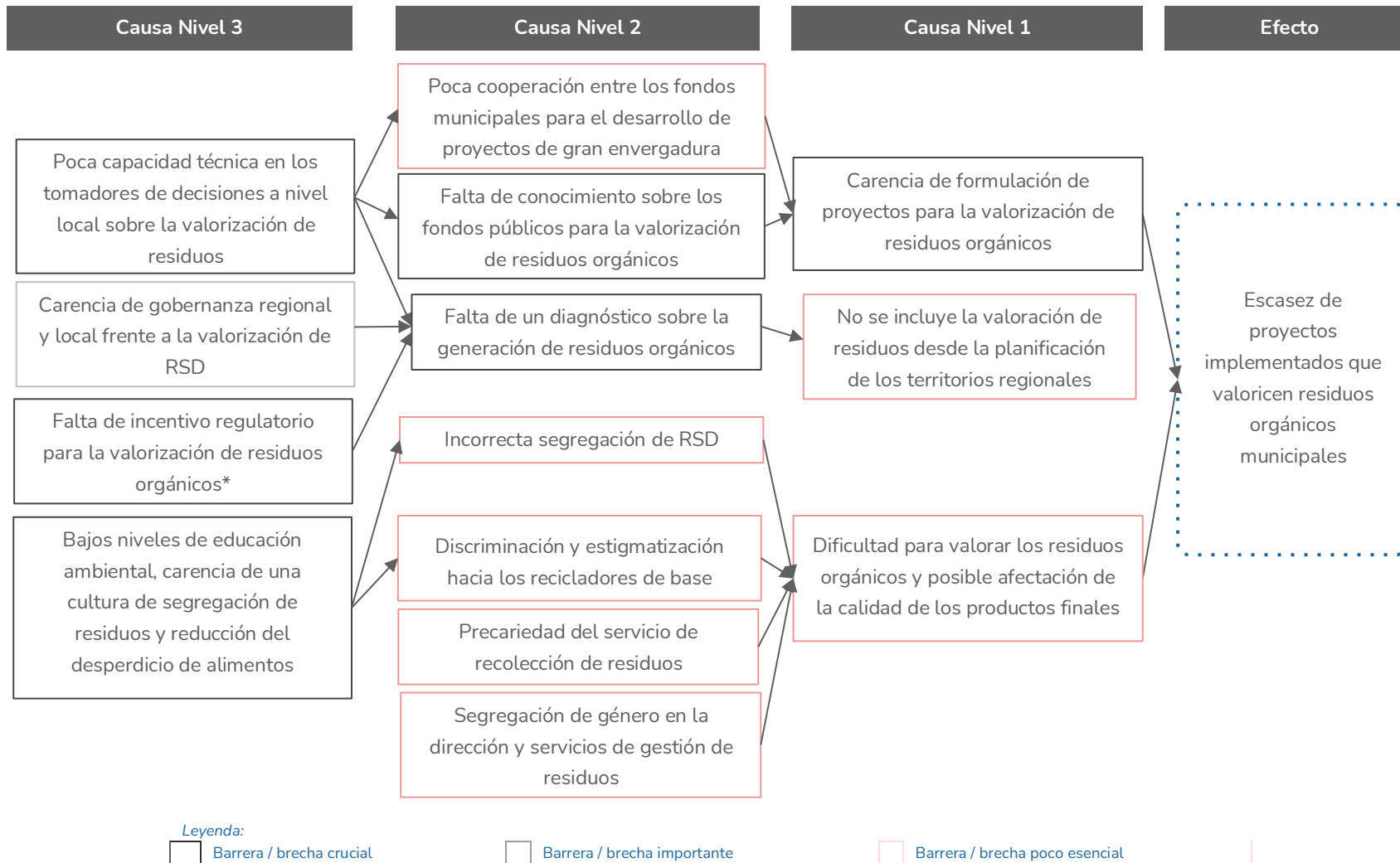
Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA) y Plan de Acción Tecnológica (PAT) para la implementación de la NDC de Chile

Taller 4/05/23	Hoja de Cálculo
Asociación Nacional de la industria del Reciclaje (ANIR)	Universidad de Santiago de Chile (USACH)
Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE)	Asociación Metropolitana de Municipalidades (MSUR)
Ministerio del Medio Ambiente (MMA)	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV)

Finalmente, tras sistematizar los resultados del taller y el archivo enviado, se llevó a cabo una reunión virtual con los representantes de la Oficina de Economía Circular del MMA, Tomás Saieg y Pablo Fernandois, con quienes se validaron los resultados finalmente obtenidos en el proceso participativo.

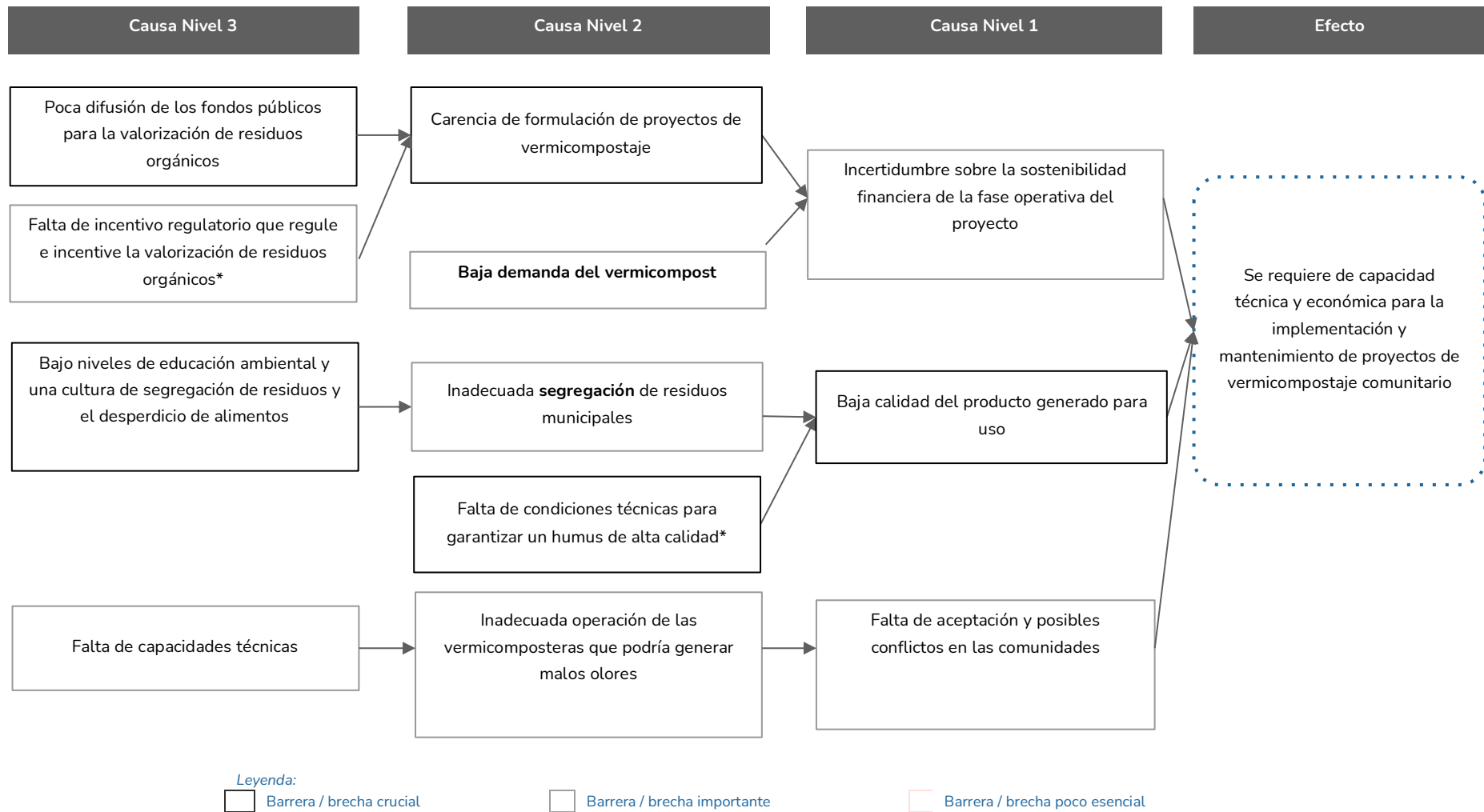
Anexo 2. Esquema causa – efecto de las barreras y brechas existentes

Figura 9. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de tecnologías del sector residuos



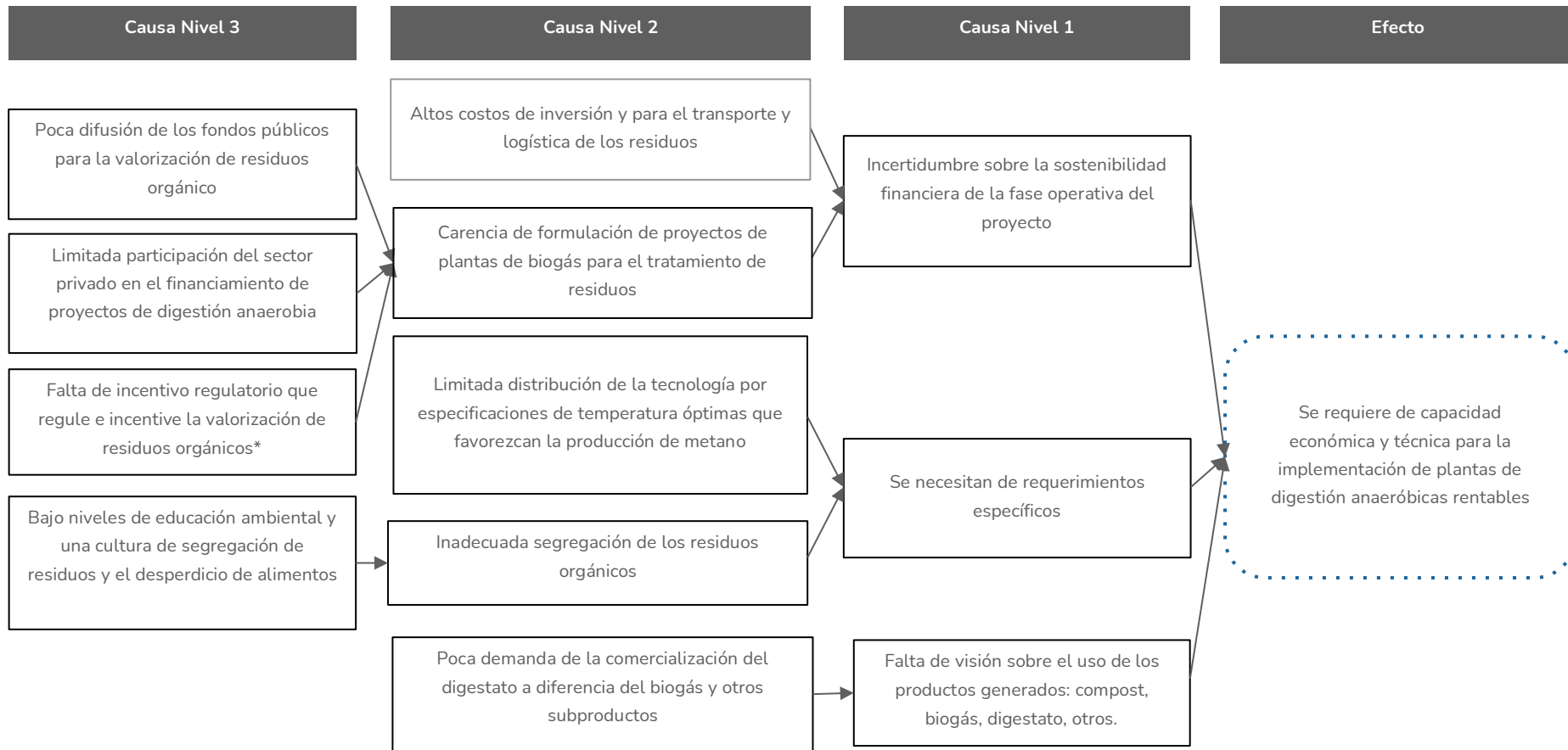
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de vermicomposteras comunitarias



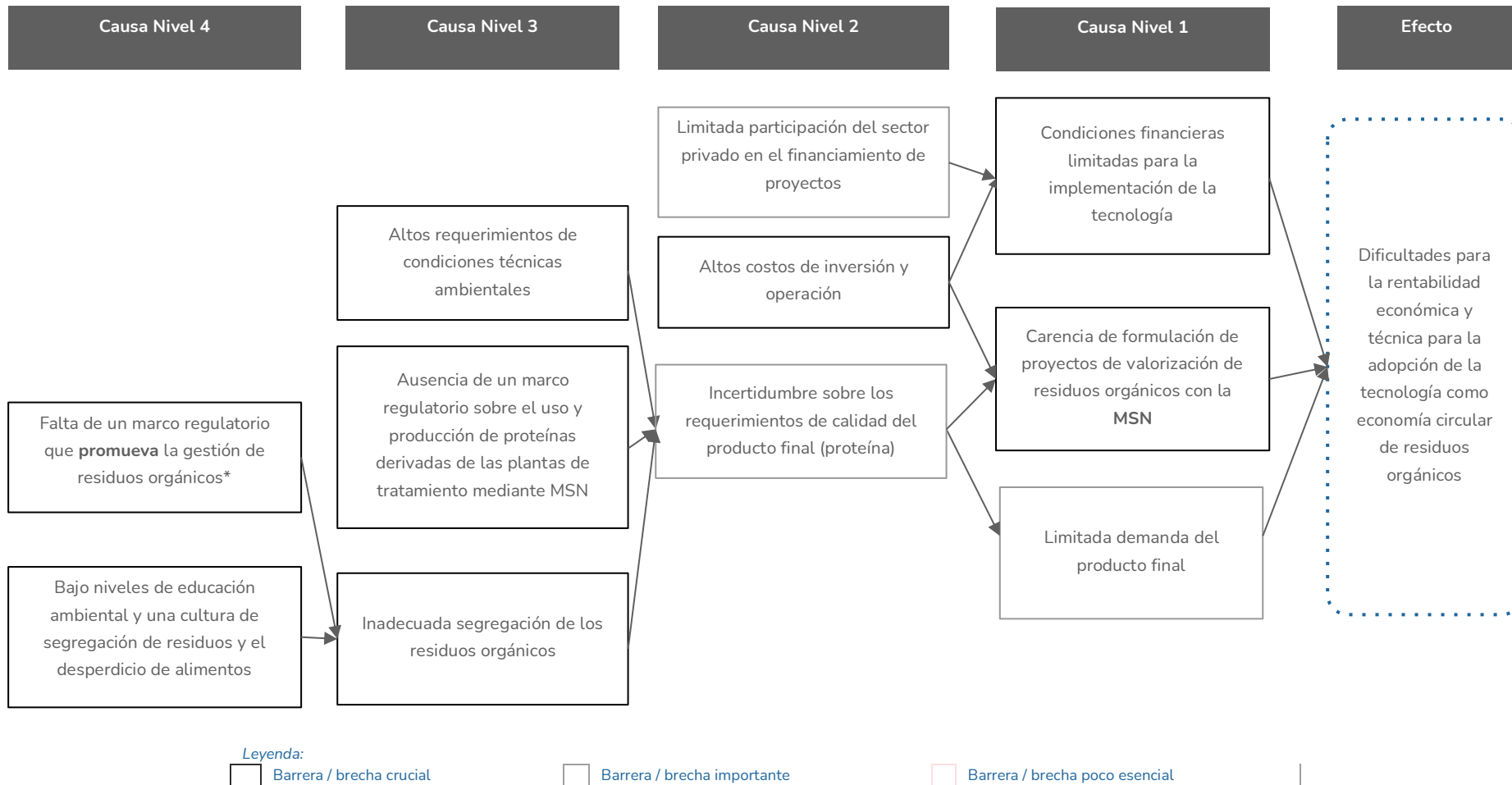
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de plantas de digestión anaerobia

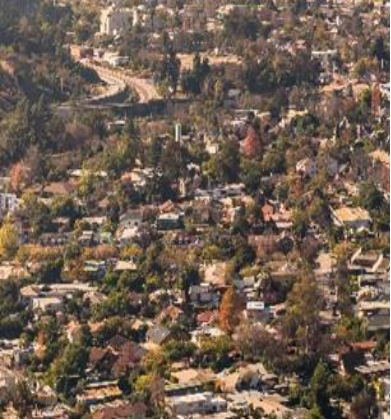


Leyenda:
 Barrera / brecha crucial
 Barrera / brecha importante
 Barrera / brecha poco esencial
 Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Esquema causa – efecto de las barreras y/o brechas existentes para la inserción de tratamiento biológico mediante larvas de mosca soldado-negra



Fuente: Elaboración propia.



www.deuman.com