



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPACTOS AMBIENTALES DEL ACEITE DE OLIVA Y EVALUACIÓN DE UN
PORTAFOLIO DE MEDIDAS PARA SU MITIGACIÓN.
ESTUDIO DE CASO DE COMERCIAL SOHO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

TOMAS JOAQUIN SAIZ VINET

PROFESOR GUÍA:
RAÚL URIBE DARRIGRANDI

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MANUEL DÍAZ ROMERO
MARCO SCHWARTZ MELGAR

SANTIAGO DE CHILE
2014

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial
POR: Tomás Joaquín Saiz Vinet
FECHA: 21/08/2014
PROFESOR GUIA: Raúl Uribe Darrigrandi

IMPACTOS AMBIENTALES DEL ACEITE DE OLIVA Y EVALUACIÓN DE UN
PORTAFOLIO DE MEDIDAS PARA SU MITIGACIÓN.
ESTUDIO DE CASO DE COMERCIAL SOHO

La creciente preocupación por la protección del ambiente está generando en las empresas agroindustriales el desafío de orientar su producción hacia un paradigma sustentable. Fundación Chile recoge esta preocupación y en conjunto con Walmart ha creado un programa de desarrollo de proveedores sustentables. En el marco de este programa, Fundación Chile patrocina a este memorista para realizar un estudio de caso de Comercial Soho, una empresa productora de aceite de oliva, con el objetivo de modelar y analizar los impactos ambientales de su producto y evaluar económicamente un portafolio de medidas para su mitigación.

En una primera etapa se utiliza la metodología de Análisis de Ciclo de Vida para generar una línea base de los impactos ambientales de la producción del aceite de oliva. Esto permite identificar que los principales focos de impacto se relacionan con el uso de agroquímicos (18% de los impactos del sistema medidos en puntos normalizados), el proceso de riego (25%), los residuos generados en la extracción del aceite (6%) y los materiales usados en el envasado del producto (24%).

En una segunda etapa se investigan oportunidades de mejora para reducir los impactos detectados. A partir de este estudio se genera un portafolio de medidas de mitigación que incluye alternativas para el cambio de fertilizantes, herbicidas e insecticidas, alternativas para el manejo de desechos y distintas opciones de envasado. Posteriormente se evalúa la efectividad de las alternativas propuestas por medio de los costos de abatimiento y se genera un criterio para su ordenamiento en consideración de la reducción de los impactos y de sus costos.

La alternativa que genera los mejores resultados es el uso de botellas de PET, que reduce en un 24% los impactos ambientales y genera ahorros importantes (\$474 por litro de aceite envasado) los cuales pueden ser utilizados para financiar las otras medidas analizadas. Por otro lado, el uso del carozo de la aceituna en una caldera de biomasa genera la segunda reducción más grande de los impactos (4%), y genera ganancias económicas a través del ahorro de gas licuado y la venta del carozo sobrante. Si se implementaran las mejores alternativas de cada escenario podría lograrse una reducción del 31% de los impactos ambientales detectados.

Es importante señalar que el análisis de costos realizado es sólo una aproximación a una evaluación económica completa; sin embargo, las recomendaciones generadas permiten que la empresa estudiada oriente sus esfuerzos hacia una evaluación más específica de las alternativas de mejoramiento detectadas a través de este estudio.

*“Cuando inicies tu viaje a Ítaca,
desea que el camino sea largo,
lleno de aventuras, lleno de experiencias.
Ni a los Lestrigones ni a los Cíclopes,
ni al colérico Poseidón deberás temer.
Tales en tu camino nunca encontrarás,
si mantienes tu pensamiento elevado, si selecta
es la emoción que toca tu espíritu y tu cuerpo.
Ni a los Lestrigones ni a los Cíclopes,
ni al salvaje Poseidón encontrarás,
si no los llevas dentro de tu alma,
si no los yergue tu alma ante ti”*

-Ítaca, Constantino Kavafis

TABLA DE CONTENIDO

1	Formulación del Proyecto.....	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Planteamiento del Problema	2
1.3	Objetivos	3
1.4	Metodología	3
1.5	Alcances.....	8
2	Antecedentes	10
3	Revisión Internacional de Prácticas de Sustentabilidad.....	13
4	Cadena de valor.....	18
4.1	Cultivo del Olivo	18
4.2	Producción del Aceite.....	22
4.3	Distribución	25
4.4	Uso.....	25
4.5	Disposición Final	26
5	Análisis de Ciclo de Vida.....	27
5.1	Definición Del Objetivo del ACV.....	27
5.2	Alcance del ACV	28
5.3	Escenarios	31
5.4	Análisis de Inventario	34
5.5	Evaluación de Impacto Ambiental	38
6	Evaluación Económica.....	54
6.1	Análisis de Costos.....	54
6.2	Consideraciones Económicas del Compostaje de Alperujo	65
6.3	Consideraciones Económicas de la Incineración del carozo.....	67
7	Discusión de los Resultados	71
8	Recomendaciones a Comercial Soho	76
9	Conclusiones.....	80
	Glosario	84
	Bibliografía	85

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Impactos ambientales del Chileno Promedio	90
Anexo 2 - Propiedades del aceite de oliva	91
Anexo 3 - Clasificación de los Aceites de Oliva.....	92
Anexo 4 - Caracterización de la industria Internacional	94
Anexo 5 - Caracterización de la Industria Nacional.....	98
Anexo 6 - Inventario de Ciclo de Vida, Línea Base	103
Anexo 7 – Efectos desagregados de las mejores opciones de los escenarios sobre la línea base.....	107
Anexo 8 – Precios utilizados para el análisis de costos.....	108
Anexo 9 – Tablas de Mitigación y Costos de Abatimiento.....	109
Anexo 10 – Cálculo de la cantidad de compost de alperujo.....	112
Anexo 11 – Cálculo de cantidad de carozo	113
Anexo 12 – Normativa Aplicable	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Categorías de impacto ambiental y su unidad de medida.....	5
Tabla 2 - Alternativas para el cambio de fertilizantes	31
Tabla 3 – Alternativas para el cambio de herbicidas	32
Tabla 4 - Insecticidas Alternativos Evaluados.	32
Tabla 5 - Alternativas para el cambio de envases.....	34
Tabla 6 - Categorías de impacto ambiental y su unidad de medida.....	35
Tabla 7 – Puntajes normalizados en cada etapa del ciclo de vida.	38
Tabla 8 – Distribución de los impactos del sistema en las categorías de impacto ambiental	39
Tabla 9 - Determinación de Hotspots del Sistema.	40
Tabla 10 – Principales hotspots medidos en puntaje normalizado.	42
Tabla 11 - Escenarios y Hotspots relacionados.	43
Tabla 12 - Escenarios y Categorías de Impacto Trascendentes.	44
Tabla 13 - Impacto original y reducciones asociadas a los escenarios de cambio de fertilizantes	45
Tabla 14 - Impacto original y reducciones en los escenarios de cambio de herbicidas.	46
Tabla 15 - Impacto original y reducciones en los escenarios de cambio de insecticidas.	47
Tabla 16- Impacto original y reducciones en el escenario de compostaje de alperujo... ..	48
Tabla 17- Impacto original y reducciones en el escenario de incineración del carozo. ...	49
Tabla 18 - Impacto original y reducciones en los escenarios de cambio de envases. ...	50
Tabla 19 - Mejores opciones de los escenarios evaluados	51
Tabla 20 - Efecto de las mejores opciones de los escenarios sobre la línea base.....	52
Tabla 21 - Precio de fertilizantes por litro de aceite de oliva	55
Tabla 22 - Precio de herbicidas por litro de aceite de oliva	55
Tabla 23 - Precio de insecticidas por litro de aceite de oliva.....	55
Tabla 24 - Precio de envases por litro de aceite de oliva	55
Tabla 25 – Clasificación de las alternativas de mejora según la magnitud de su reducción en cada categoría de impacto.	57
Tabla 26 – Ranking de las alternativas de mejora.....	64
Tabla 27 – Ganancias y ahorros de proyectos de venta de carozo y uso de caldera de biomasa.....	69
Tabla 28 – Indicadores económicos de la valorización térmica del carozo de oliva en caldera de biomasa	69
Tabla 29 – Revisión de resultados del uso de sulfato de amonio.....	71
Tabla 30 – Revisión de resultados del uso de nitrato de amonio.....	71
Tabla 31 – Revisión de resultados del uso cletodima.	72
Tabla 32 – Revisión de resultados del uso de tiametoxam.	73
Tabla 33 – Revisión de resultados del uso de aceite parafínico.....	73
Tabla 34 - Revisión de resultados del compostaje de alperujo.	74
Tabla 35 – Revisión de resultados de la incineración del carozo.....	74
Tabla 36 – Revisión de resultados de la reducción de peso en botellas de vidrio.....	75
Tabla 37 – Revisión de resultados del uso de botellas de PET.....	75
Tabla 38 - Impactos diarios del chileno promedio.	90
Tabla 39 - Principales países de destino de las exportaciones chilenas de aceite de oliva, año 2013	101

Tabla 40 - Efectos desagregados de las mejores opciones de los escenarios sobre la línea base.....	107
Tabla 41 – Precios cotizados para cada alternativa evaluada en los escenarios.....	108
Tabla 42 – Reducciones y Costos de Abatimiento de las Alternativas de Fertilizantes en Todas las Categorías Trascendentes.....	109
Tabla 43 - Reducciones y Costos de Abatimiento de las Alternativas de Herbicidas en Todas las Categorías Trascendentes.....	110
Tabla 44 - Reducciones y Costos de Abatimiento de las Alternativas de Insecticidas en Todas las Categorías Trascendentes.....	110
Tabla 45 - Reducciones y Costos de Abatimiento de las Alternativas de Envases en Todas las Categorías Trascendentes.....	111
Tabla 46 – Mezcla optima de insumos para la generación de compost de alperujo	112
Tabla 47 – Precios de compost en Chile.....	112
Tabla 48 –Precio de 45 kg de gas licuado	113
Tabla 49 – Normativa aplicable a la disposición de residuos, compostaje y operación de caldera de biomasa	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas y flujos típicos de un ACV.....	4
Figura 2 – Ejemplo de curva de abatimiento de cambio climático.....	8
Figura 3 - Diagrama del sistema bajo estudio.....	20
Figura 4 - Fases de un ACV. Basado en ISO 14040.....	27
Figura 5 - Distribución de impactos ambientales en etapas del ciclo de vida.....	38
Figura 6 - Comparación de los escenarios de cambio de fertilizantes	45
Figura 7 - Comparación de los escenarios de cambio de herbicidas	46
Figura 8 - Comparación de los escenarios de cambio de insecticidas.....	47
Figura 9 - Comparación del escenario de compostaje de alperujo.....	48
Figura 10 Comparación del escenario de incineración del carozo	49
Figura 11 - Comparación de los escenarios de cambio de envases	50
Figura 12- Comparación del efecto cumulativo de las mejores opciones sobre la línea base	53
Figura 13 – Curva de abatimiento de cambio climático.....	58
Figura 14 – Curva de abatimiento de acidificación terrestre	59
Figura 15 – Curva de abatimiento de eutrofización marina	60
Figura 16 – Curva de abatimiento de ecotoxicidad.	61
Figura 17– Curva de abatimiento de agotamiento de combustibles.....	62
Figura 18 – Curva de abatimiento de puntaje normalizado	63
Figura 19 – Comparación de los ahorros y aumento de costos por litro de aceite de oliva	65
Figura 20 - Producción de aceite de oliva de países tradicionales por campaña.....	94
Figura 21 - Distribución porcentual de la producción mundial de aceite de oliva, 2013 .	95
Figura 22 - Producción de aceite de oliva de países no tradicionales por campaña.	95
Figura 23 - Distribución porcentual del consumo internacional de aceite de oliva, 2013.	96
Figura 24 - Distribución porcentual de las exportaciones (izquierda) e importaciones (derecha) de aceite de oliva, 2013	96
Figura 25 - Evolución superficie nacional plantada para la producción de aceite del 2005 al 2012	99
Figura 26 -Evolución de la Producción Nacional, desde el 2005 al 2012.....	99
Figura 27 - Evolución del consumo per cápita aparente nacional de aceite de oliva del 2005 al 2012.....	100
Figura 28 - Evolución de las exportaciones nacionales de aceite de oliva del 2003 al 2012	100
Figura 29 - Evolución de las importaciones de aceite de oliva del 2005 al 2012.	101

1 FORMULACIÓN DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

La industria agrícola chilena ha mostrado recientes esfuerzos por posicionarse como una potencia de producción alimentaria internacional [1]. Pero para concretar este anhelo es necesario superar varios desafíos. Los productores agrícolas deben aprender a producir bajo mayores exigencias del retail, de la legislación y del comercio internacional, y entregar una oferta de valor concordante con los cambios en preferencias del consumidor final [2]. Considerando estas dificultades, el sector agrícola podría beneficiarse ampliamente si adopta prácticas de sustentabilidad para sus procesos de producción [2].

Los centros de retail y grandes empresas productoras a nivel mundial están impulsando una agenda que promueve la sustentabilidad. Walmart, por ejemplo, ha establecido como objetivo estratégico el “vender productos sustentables para la gente y el medio ambiente” [3], ante esto han decidido trabajar con sus proveedores agrícolas para que se adapten a un nuevo paradigma sustentable.

Por otro lado, organizaciones que agrupan a los principales actores del retail y el sector productivo internacional, como The Sustainability Consortium, buscan mejorar la sustentabilidad de los productos y promover la investigación científica y el desarrollo de herramientas para la medición de atributos sustentables incluso en empresas chilenas [4, 5].

Desde el comercio internacional se está comenzando a exigir mayores estándares de calidad para los productos agrícolas como su trazabilidad y la certificación de su desempeño ambiental variando ampliamente según país y sector industrial. Una tendencia que se prevé irá creciendo y enfocándose hacia una mayor estandarización [6].

En los clientes finales se ha desarrollado la emergencia del consumidor ético, aquel que agrega en sus criterios de selección aspectos como el desempeño ambiental y social de los productos [5]. Según una encuesta de Ipsos, los consumidores nacionales manifiestan estar dispuestos a pagar un 10% más por productos ‘verdes’ y la categoría más nombrada dentro de estos productos son los artículos comestibles [7].

En este escenario es necesario adoptar herramientas de medición y reporte de sustentabilidad en las empresas agrícolas. Metodologías como el análisis de ciclo de vida ayudan al rubro a dilucidar estrategias para adaptarse a las nuevas condiciones del mercado, mejorar sus procesos, concientizarse de sus impactos ambientales y entregar una propuesta de valor más sustentable [4]. En líneas generales, las empresas están dispuestas a adoptar este tipo de metodologías pues logran generar mejoras en la eficiencia de los procesos o una mejora de imagen frente al consumidor, sin embargo pueden requerir grandes cambios en la cultura organizacional [4].

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este estudio se centra en estudiar el caso de la Comercial Soho, una empresa productora de aceite de oliva. La empresa desarrolla actividades de cultivo de olivos y de procesamiento para la obtención de aceite de oliva extra virgen. Produce aproximadamente 500.000 litros de aceite anuales [8], siendo Walmart su principal comprador.

Comercial Soho se caracteriza por estar en la vanguardia de la industria nacional, utiliza tecnología de punta para la elaboración de su aceite y ha ganado premios internacionales por su producto [8].

La empresa manifiesta un activo interés en mejorar sus procesos con foco en la sustentabilidad. Muestra de ello es que está adscrita al programa de desarrollo de proveedores (PDP) de Walmart Chile cuyos objetivos contemplan mejorar sus capacidades de autogestión y autodiagnóstico en sustentabilidad. Por otro lado, la empresa también está adscrita en el acuerdo de producción limpia (APL) de la industria del aceite de oliva organizado por el consejo de producción limpia y ChileOliva.

Ya se han identificado en la literatura varios efectos adversos al medioambiente asociados al aceite de oliva. Tanto el cultivo del olivo como la producción del aceite generan gran cantidad de subproductos, incluyendo residuos de la poda y la cosecha y desechos sólidos y líquidos de los molinos de oliva. Así también ambos procesos consumen cantidades significativas de recursos y energía [9]. Adicionalmente muchos subprocesos como el manejo de la tierra, fertilización, transporte de insumos y control de plagas son potenciales fuentes de emisiones al aire, agua y suelo [9]. Resta ver si estos impactos son homologables al caso de Comercial Soho.

El memorista trabaja junto a Fundación Chile en el programa de desarrollo de proveedores y su principal labor consiste en medir, modelar y evaluar los impactos ambientales de Comercial Soho, utilizando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y sugerir mejoras viables que la orienten a una producción más sustentable.

La investigación utiliza el ACV para modelar y evaluar los impactos ambientales asociados a las distintas etapas en la cadena de valor del aceite de oliva. En el proceso se identifican alternativas para la reducción de estos impactos. Para determinar la viabilidad de las alternativas se realiza un análisis de su costo efectividad y se investiga la experiencia en proyectos similares con foco en la evaluación de proyectos. Finalmente se pronen recomendaciones que en su conjunto conformarán una guía para mejorar el desempeño sustentable del producto.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo General:

Modelar y analizar los impactos ambientales del aceite de oliva producido por Comercial Soho y evaluar económicamente un portafolio de medidas para su mitigación.

Objetivos Específicos

1. Medir los impactos ambientales de la producción de Comercial Soho mediante Análisis de Ciclo de Vida.
2. Identificar los hotspots¹ de impacto ambiental de la producción de aceite de oliva.
3. Identificar y analizar un portafolio de alternativas para mejorar el desempeño ambiental del producto.
4. Evaluar la factibilidad económica y ambiental de las alternativas.

1.4 METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolla metodológicamente en varias fases: primero se genera una línea base de los impactos ambientales. Luego, a partir de ésta se identifican los principales hotspots. Posteriormente, en base a los hotspots y la información recopilada se propone un portafolio de alternativas para mejorar el desempeño ambiental del producto. Finalmente se evalúan las alternativas en consideración a su comportamiento ambiental y a los costos que genera su implementación.

1.4.1 Análisis de Impacto Ambiental

En este estudio, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es la principal herramienta utilizada para medir el desempeño ambiental del aceite de Comercial Soho. En una primera instancia se utiliza el ACV para generar una línea base de impactos ambientales. Luego, en una segunda iteración, se utiliza para evaluar el cambio de los impactos ambientales producidos por las alternativas de mejora.

El ACV es una metodología para identificar, modelar y medir los impactos ambientales asociados a las etapas de un producto a través de su ciclo de vida, comenzando por la extracción de las materias primas y terminando cuando es desechado. Idealmente comprende etapas genéricas de extracción de materia prima, procesamiento de materiales, manufactura, distribución, uso, mantenimiento y desecho o reciclaje [10].

El ACV se encuentra normado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en las series ISO14040 y permite establecer una estructura de trabajo, consistencia metodológica, y terminologías estandarizadas internacionalmente [10].

¹ En la literatura de análisis de ciclo de vida se denomina hotspots a los procesos o puntos críticos que generan el mayor impacto ambiental dentro del sistema estudiado.

Por cada etapa se determinan los procesos involucrados y se realiza una rigurosa cuantificación de los recursos empleados en cada uno, como uso energía y materias primas. Esto se materializa en la creación de un inventario de ciclo de vida por cada proceso.

Luego, la información de los inventarios de ciclo de vida es modelada en un software de ACV como el programa Simapro usado en este estudio. El software asocia los ítems de los inventarios con distintas categorías de impacto ambiental, como huella de carbono, huella hídrica, toxicidad, potencial cancerígeno, etc. Con esto es posible estimar los impactos ambientales del sistema e identificar a qué procesos están asociados.

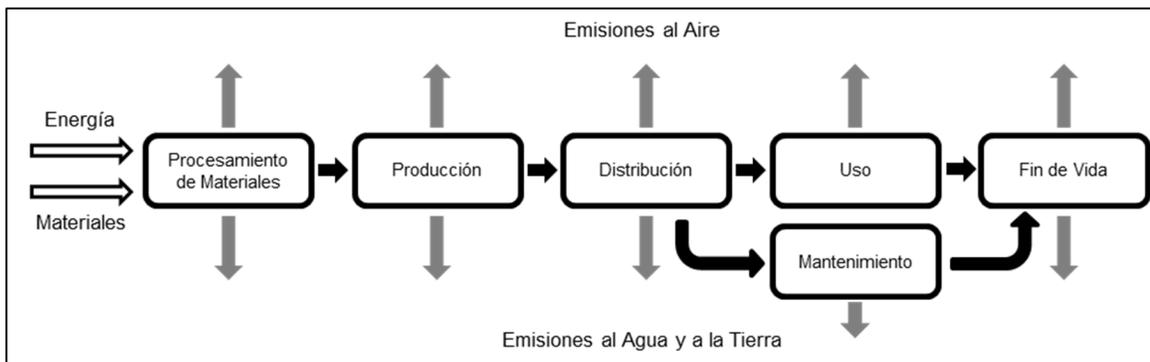


Figura 1 - Etapas y flujos típicos de un ACV. Elaboración propia.

Caracterización de Impactos Ambientales

En los ACVs se pueden utilizar distintas metodologías para medir los impactos ambientales. En este estudio se utiliza la metodología ReCiPe, ésta trabaja con 17 categorías de impacto ambiental, cada una de ellas medida en unidades científicas diferentes, representando cuantitativamente cada categoría de impacto. Por ejemplo, la categoría de cambio climático se mide en kilogramos de dióxido de carbono equivalente ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$), mientras que la toxicidad humana es medida en unidades tóxicas comparativas humanas (CTUh). En la Tabla 1 se pueden apreciar las categorías de impacto y sus unidades de medida. En la sección 0 se entrega una definición de las categorías de impacto.

Tabla 1 - Categorías de impacto ambiental y su unidad de medida. Fuente [11]

Categoría de Impacto	Unidad
Cambio climático	kg CO ₂ eq
Deterioro capa de ozono	kg CFC-11eq
Formación de smog fotoquímico	kg NMVOC
Formación material particulado	kg MP10
Radiación ionizante	kg U235 eq
Acidificación terrestre	kg SO ₂
Eutrofización agua dulce	kg P eq
Eutrofización marina	kg N eq
Toxicidad humana, cáncer	CTUh
Toxicidad humana, no-cáncer	CTUh
Ecotoxicidad	CTUe
Ocupación de suelo agrícola	m ² a
Ocupación de suelo urbano	m ² a
Transformación de suelos	m ²
Agotamiento de fuentes de agua	m ³
Agotamiento de minerales	kg Fe eq
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq

El primer paso para obtener los indicadores ambientales consiste en el proceso de caracterización. En este, a partir de los datos de los inventarios de ciclo de vida, se obtienen cifras concretas del desempeño ambiental en las categorías de interés. Debido a que las categorías de impacto, obtenidas en la caracterización, poseen distintas unidades de medida, no es posible realizar comparaciones entre distintas categorías.

Normalización de Impactos Ambientales

En un segundo paso, el proceso de normalización lleva los indicadores de categoría de impacto a unidades adimensionales, utilizando una referencia común. Por ejemplo, se divide la emisión de gases de efecto invernadero del producto analizado por la de un ciudadano promedio chileno en un día. Esto permite eliminar las unidades científicas de cada categoría de impacto e identificar cuáles son las categorías más relevantes respecto a la referencia utilizada. Por ejemplo, el puntaje normalizado para la categoría de cambio climático se calcula como:

$$\text{puntaje normalizado } CO_2e = \frac{\text{emisión } CO_2e \text{ unidad funcional}}{\text{emisión } CO_2e \text{ diaria chileno promedio}}$$

Los valores de impacto ambiental del chileno promedio utilizados para calcular el puntaje normalizado se muestran en el Anexo 1.

Existe un tercer paso, la ponderación de los resultados, en los que se busca priorizar las categorías de impacto según las opinión de la sociedad. Algunas categorías de impacto son consideradas más o menos importantes dependiendo del entorno en el que se están analizando. Por esta razón, los valores obtenidos de la normalización son multiplicados

por ponderadores que ajustan la escala de valores a las prioridades que la sociedad les entrega.

Cabe destacar que no existe consenso en la comunidad científica entre la mejor manera de ponderar las diversas categorías de impacto, y éstas pueden variar entre métodos y locaciones geográficas. Por esta razón en este estudio se ha optado sólo por utilizar solamente los puntajes caracterizados y los normalizados.

En este estudio se utilizan los puntajes caracterizados para comparar los cambios dentro de una misma categoría de impacto. Y, por otro lado, el puntaje normalizado se utiliza como un indicador general del desempeño ambiental englobando todas las categorías y para comparar entre alternativas que pueden tener impactos relevantes en categorías distintas.

1.4.2 Identificación de Hotspots

Los hotspots corresponden a los procesos o puntos críticos donde se acumulan los mayores impactos ambientales del sistema estudiado. En este estudio se establecen dos criterios para definir un hotspot:

1. El hotspot debe representar 10% o más del impacto generado en al menos una categoría de impacto.
2. El hotspot debe representar 5% o más del impacto generado en al menos dos categorías de impacto.

Nótese que estos criterios dependen exclusivamente de los puntajes caracterizados de los impactos ambientales y no de un indicador que resuma varios impactos ambientales como los puntos normalizados.

1.4.3 Identificación de Alternativas de Mejora

Los hotspots identificados en la línea base de impactos ambientales indican qué procesos al ser modificados presentan oportunidades para mejorar el desempeño ambiental del producto.

Para identificar las alternativas de mejora se parte considerando a los principales hotspots del sistema, luego se investiga qué prácticas de sustentabilidad se han utilizado para reducir los impactos de dichos hotspots, para esto se recurre a publicaciones científicas, reportes de prácticas de sustentabilidad, ACVs de aceite de oliva y opinión experta.

Por otro lado, también se consideran en las alternativas de mejora algunos proyectos de sustentabilidad que Comercial Soho está evaluando.

En la sección 5.3 se presentan los escenarios en donde se evalúan las alternativas de mejora, incluyendo las razones de su elección y las fuentes que los justifican.

1.4.4 Análisis de las Alternativas de Mejora

Las alternativas de mejora son evaluadas en tres aspectos, el ambiental, el técnico y el económico. La evaluación ambiental se realiza nuevamente a través de ACV al modelar escenarios que modifican la línea base ya construida. Esta evaluación permite identificar aumentos y disminuciones de los impactos ambientales y también trade-offs entre las categorías de impacto ambiental.

La evaluación técnica se centra en la factibilidad de la implementación de las alternativas de mejora considerando su compatibilidad con los procesos específicos de comercial Soho.

La mayoría de alternativas de mejora corresponden a escenarios donde se cambian unos insumos por otros, esperando que con los nuevos se generen menores impactos ambientales. Para éstas alternativas se realiza un análisis de sus costos de abatimiento, relacionando la reducción de los impactos ambientales con el costo que tiene reducirlos.

Para determinar el costo de las alternativas se considera únicamente el precio de los insumos y su diferencia respecto al precio del insumo de la línea base. Con esta elección metodológica no se evalúan costos financieros, de mano de obra de transporte u otros que podrían ser importantes. En la sección 6.1.1 se realizan comentarios sobre ésta elección.

Los costos marginales de abatimiento se definen en [12] de la siguiente forma:

$$CA_i = \frac{C_i - C_b}{I_b - I_i}$$

Donde CA_i es el costo marginal de abatimiento de la alternativa i , C_i es el costo de la alternativa i , C_b es el costo asociado al escenario base, I_b es impacto asociado a escenario base e I_i es el impacto generado al aplicar la medida de mitigación i .

Los costos marginales de abatimiento constituyen una medida de costo eficiencia de la reducción pues permiten saber cuánto dinero se invierte o se ahorra con una medida por unidad de impacto ambiental reducida. De esta manera, el análisis de costos de abatimiento permite generar un criterio para ordenar las alternativas evaluadas según los costos asociados a la magnitud de sus reducciones de impacto ambiental.

El análisis de los costos de abatimiento típicamente se ilustra a través de las curvas de abatimiento, como por ejemplo el de la Figura 2. En estos gráficos el eje de las abscisas representa la cantidad mitigada en cierta categoría de impacto ambiental, mientras el eje de las ordenadas representa el costo marginal de abatimiento de dicha categoría de impacto. Las columnas por debajo de la línea del cero representan medidas de mitigación que reducen el impacto ambiental y además generan ahorros. Por otro lado, las columnas por sobre la línea del cero representan medidas que logran una mitigación pero incurren en mayores costos.

El enfoque de costos de abatimiento es típicamente utilizado al evaluar alternativas para reducción de gases de efecto invernadero, pero admite su utilización para otro tipo de impactos ambientales.

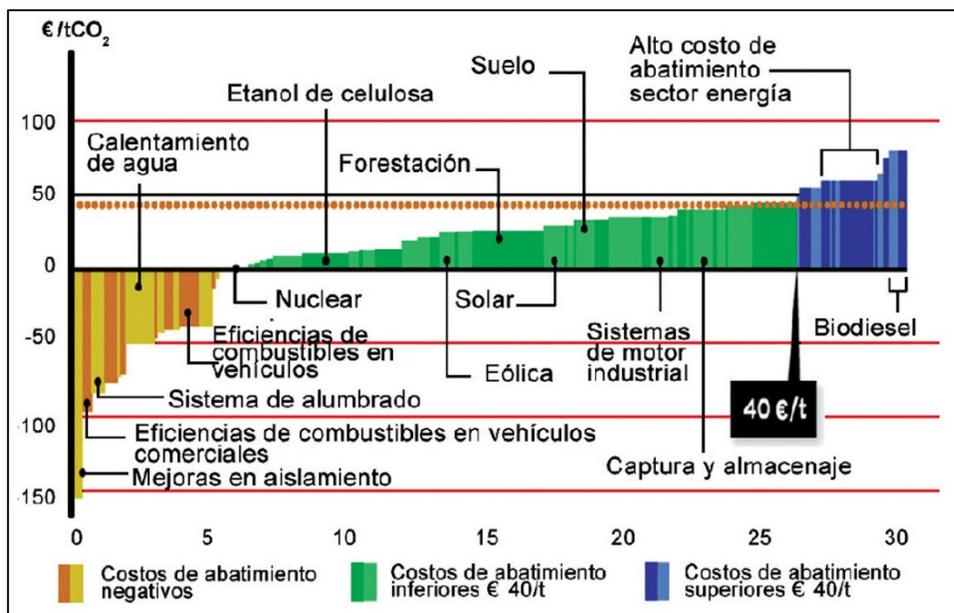


Figura 2 – Ejemplo de curva de abatimiento de cambio climático. Fuente [13] .

Hay dos alternativas de mejora que no son evaluadas a través de costos de abatimiento. Éstas no corresponden a un escenario de cambio de insumos si no a uno de valorización de desechos, por lo que no se puede identificar precios y costos asociados al cambio. Para evaluar las alternativas de valorización de desechos, se recurre a referencias en las que se muestran evaluaciones de proyectos similares y luego se discute la factibilidad técnica y económica de su aplicación en Comercial Soho.

1.5 ALCANCES

En este estudio se modela y analiza un fenómeno sistémico, como lo es la generación de impactos ambientales en relación a los procesos a través de varias etapas de la cadena de valor del aceite de oliva. Todo esto incluye relaciones entre los procesos, sus etapas, los impactos ambientales y las interrelaciones con el mercado que pueden tener las alternativas de mejora. Toda esta amplitud es compleja y difícil de abordar si no se establecen límites de alcance.

1.5.1 Alcance de la Descripción del Sector Industrial

Se tienen dos objetivos al estudiar la industria nacional e internacional del aceite de oliva. El primero es el contextualizar a Comercial Soho en su escenario de mercado, y el segundo es determinar las tendencias de mercado que puedan ser importantes en relación a las alternativas de mejora proyectadas. Más allá de estos alcances se busca sólo caracterizar el sector y no realizar un análisis profundo.

1.5.2 Alcances del Análisis de Ciclo de Vida

En la elaboración del ACV se espera realizar uno del tipo “de la cuna a la tumba”, es decir que abarque toda la cadena de valor del producto considerando procesos desde la generación de los insumos agrícolas hasta la disposición final cuando el usuario desecha el producto.

Además, se modelará sólo el aceite que ha sido cultivado por Comercial Soho, es decir se omitirá el análisis correspondiente a la utilización de aceitunas de otros campos o el uso de la cadena embotelladora para aceites de otras empresas.

Mayores consideraciones sobre el alcance del ciclo de vida serán detalladas en el capítulo del ciclo de vida.

1.5.3 Alcances de las Alternativas de Mejora

Las alternativas de mejora sólo se evaluarán en cuanto a su factibilidad técnica, económica y ambiental, en particular queda fuera de los alcances el análisis desde una perspectiva social. Por otro lado, este estudio no contempla la implementación de las alternativas de mejora, sólo las analiza en cuanto a su factibilidad.

2 ANTECEDENTES

En este capítulo se presenta una breve descripción de Comercial Soho, se caracteriza al aceite de oliva como producto y se contextualiza la industria nacional e internacional del aceite de oliva.

2.1 CARACTERIZACIÓN DE COMERCIAL SOHO

La empresa Comercial Soho, razón social Comercial e Industrial Soho S.A., cultiva olivos y de procesa las aceitunas para la obtener aceite de oliva. La empresa fue creada en 1998 por la familia Fabres. Sus primeras plantaciones fueron realizadas en 1999 y para el año 2004 realizaron la construcción de su almazara, planta de extracción, almacenaje y envasado del producto.

En el año 2004 Comercial Soho inició la comercialización de sus marcas Sol de Aculeo y Fabrini en el mercado chileno, las que hoy tienen una presencia en alrededor del 65% del territorio nacional, a través de las principales cadenas de supermercados y tiendas especializadas [8].

La empresa actualmente posee una planta de extracción de aceite, o almazara, en el valle de Aculeo y cerca de 250 hectáreas en el valle de Curicó y un personal permanente de 20 trabajadores y otro variable que puede alcanzar las 50 personas en la época de cosecha. Su producción en el año 2013 fue de 360.000 l y se proyecta que para este año producirán 500.000 l.

Comercial Soho se mantiene en la vanguardia en cuanto a técnicas de producción utilizando la más reciente tecnología disponible [14]. Por ejemplo, para el cultivo de sus olivos implementan prácticas que permiten el uso óptimo de agroquímicos, por otro lado, en su almazara las maquinaria Westfalia produce aceites de máxima calidad.

Los productos de comercial Soho han ganado varios premios internacionales. Por sus productos Sol de Aculeo Blend y Sol de Aculeo Arbequina ha ganado medallas de bronce y oro en la L.A. Olive Oil County Fair de Estados Unidos en los años 2006, 2008 y 2010 [14].

Comercial Soho ha manifestado su interés en mejorar su desempeño en sustentabilidad y muestra de ésto es que forman parte del APL de la industria de aceite de oliva y del programa de desarrollo de proveedores sustentables de Walmart. A su vez la empresa está evaluando el uso de distintos fertilizantes para reducir su huella de carbono y también la implementación de una máquina que separe la semilla de los otros desechos para su utilización como fuente de energía.

2.2 EL ACEITE DE OLIVA COMO PRODUCTO

El aceite de oliva es un aceite vegetal extraído de la fruta del olivo (*Olea europaea*) denominado oliva o aceituna. El principal uso de este aceite es culinario, particularmente como aliño para ensaladas, pero también para freír o como ingrediente en diversos platos.

Otros usos del aceite de oliva son su utilización en cosméticos, en lámparas de aceite y para conservación de alimentos.

Debido a que cerca de la tercera parte de la pulpa de la aceituna es aceite, éste es fácilmente extraído mediante sistemas de presión como los antiguos molinillos de piedra utilizados en las almazaras, sin embargo hoy en día hay métodos más modernos, y de mayor eficiencia, como la extracción centrífuga.

El consumo del aceite de oliva está fuertemente ligado a la dieta mediterránea y constituye su fuente principal de grasa. Se considera que el aceite de oliva es muy beneficioso para la salud, en el Anexo 2 se presentan varias de sus propiedades.

Existen distintas categorías en que se clasifican los aceites de oliva, extra virgen, virgen y de orujo, por mencionar algunas. Originalmente la categorización dependía del método de extracción e insumos utilizados, sin embargo hoy en día la clasificación también obedece a las características químicas del aceite y es normada comercialmente por el Consejo Oleícola Internacional (COI). En el Anexo 3 se describen en detalle las distintas categorías de aceite de oliva.

2.3 INDUSTRIA INTERNACIONAL

La industria de aceite de oliva se encuentra históricamente ligada a la zona geográfica de la cuenca del Mediterráneo. En efecto, hoy en día los mayores productores de aceite de oliva son España, Italia y Grecia, representando un 49,7%, 14,6% y 7,43% de la producción mundial, respectivamente [15]. De una forma similar, los países del Mediterráneo también presentan cifras elevadas en el consumo de aceite de oliva [15].

Sin embargo, pese a la concentración de la industria en la zona mediterránea, resulta notoria la incorporación reciente de nuevos actores en el mercado internacional. Países como Chile, Argentina, Estados Unidos y Australia si bien tienen escasa influencia en las cifras de producción internacional presentan una tendencia al crecimiento [15]. Por otro lado, se evidencia una tendencia creciente de consumo en países como Estados Unidos, Brasil, Japón y Australia que puede ser asociada a al aumento del poder adquisitivo en naciones desarrolladas y en vías de desarrollo [15].

Se presenta en el Anexo 4 una caracterización más detallada de la industria internacional del aceite de oliva.

2.4 INDUSTRIA NACIONAL

La industria oleícola chilena en los años recientes se ha incorporado rápidamente al mercado del aceite de oliva. Desde el año 2005 hasta la actualidad la industria chilena ha tenido notorios y sostenidos aumentos en la producción y consumo de aceite de oliva, mostrando tasas anuales de crecimiento cercanas al 45% para la producción y 22% para el consumo [16, 17]. Por otro lado, en el mismo periodo se evidencia un aumento de las importaciones de aceite de oliva y una disminución de las importaciones [16, 17].

La clara tendencia en el aumento productivo, sumada a la disminución de las importaciones y al aumento del consumo, muestra que el aceite de oliva chileno podría acaparar pronto el mercado nacional [16]. Otra tendencia manifiesta en la industria es el aumento de las exportaciones, cuyos principales países de destino son Estados Unidos y Brasil [17], pero también se consideran nuevos destinos como Rusia [18].

Si bien la industria chilena es emergente, ésta puede ser caracterizada por mantenerse a la vanguardia técnica y tecnológica, orientada a la producción intensiva y con foco en la calidad [19]. Prácticamente todo el aceite de oliva producido en Chile es extra virgen [16].

En el Anexo 5 se presenta una caracterización detallada de la industria nacional del aceite de oliva.

3 REVISIÓN INTERNACIONAL DE PRÁCTICAS DE SUSTENTABILIDAD.

En esta sección se detallan varias prácticas para mejorar el desempeño en sustentabilidad ambiental que son aplicadas o promovidas en España, Grecia, Australia y Chile. La información recogida aquí permite posteriormente identificar las alternativas de mejora, escenarios evaluados y recomendaciones finales a la empresa.

3.1 ESPAÑA

Como se ha mencionado España genera en torno al 50% de la producción mundial ubicándose como el mayor productor y como el mayor consumidor de aceite de oliva [15]. La industria española presenta una amplia variedad de métodos para la producción del aceite, desde los métodos hasta los más industrializados, con un 90,1% dedicado a la producción industrial [20].

Además de las almazaras, dedicadas a la extracción de aceite de oliva, en la industria española conviven orujeras, dedicadas a extraer aceite de orujo; refinerías, que procesan el aceite para corregir sus defectos químicos; laboratorios que miden la calidad del aceite y envasadoras [20]. La presencia de tantos actores es demostrativa de la alta escala de producción y especialización en la industria española.

Las prácticas de sustentabilidad identificadas en España se concentran principalmente en la etapa de cultivo y particularmente en la promoción de la olivicultura ecológica. En [21], una publicación del Consejo de Andalucía, expone que “la olivicultura ecológica tiene como objetivo producir aceite virgen extra sin el uso de productos químicos de síntesis (fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, etc). Con ello, pretende garantizar la ausencia de contaminantes en el aceite, la protección de los recursos naturales: suelo, agua, atmósfera, y biodiversidad, y el máximo cuidado de la salud humana”.

En concreto, algunas de las prácticas que promueve la olivicultura ecológica son:

- **Uso de cubiertas vegetales:** Consiste en la siembra o mantenimiento de plantas herbáceas para cubrir durante parte del año el suelo del olivar. Con esta práctica se busca aumentar la materia biológica en el suelo evitando la erosión de los olivares, contribuir a la fertilización del cultivo mediante la fijación de nitrógeno por plantas leguminosas y proporcionar un hábitat adecuado para los depredadores naturales de las plagas del olivo [21].
- **Compostaje de residuos de la almazara:** Consiste en el uso del alperujo, principal residuo de las almazaras, para la elaborar compost, un fertilizante orgánico y natural. Se reconoce que el compost de alperujo presenta características químicas interesantes para la fertilización, pero deben añadirse otros materiales, como paja y estiércol, para crear un compost de buena calidad. Los informes recalcan su factibilidad técnica y económica [22, 21].
- **Uso de compost en la fertilización:** Esta práctica corresponde a la aplicación directa del compost de alperujo al olivar. Tiene la ventaja de generar el fertilizante

a una distancia muy cercana al cultivo, reduciendo los costos de traslado y fertilización [22, 21].

- **Manejo biológico de plagas:** esta práctica consiste en realizar primero un adecuado monitoreo de plagas, realizado mediante un muestreo de insecto en torno a los olivos, para determinar el grado de amenaza y plan de acción. Se recomienda en segundo lugar mantener un ecosistema que aloje a los depredadores naturales de las plagas [21].

3.2 GRECIA

Actualmente el 7% de la producción mundial de aceite de oliva es generado en Grecia, aunque esta cifra solía ser más alta, 18% en el año 2005, pero luego del año 2006 la producción decayó por efectos de la crisis económica [15]. Grecia, así como España, presenta gran variedad en las tecnologías utilizadas en la producción de aceite, las formas más tradicionales y las tecnologías menos eficientes siguen teniendo presencia en su industria.

La mayoría de los productores griegos siguen utilizando el sistema de extracción de tres fases y no el más eficiente sistema de dos fases, pese a incentivos financieros para el cambio [23]. Esta situación también repercute en el tipo de desechos generados por esta industria en donde el impacto de las aguas residuales cobra mayor importancia [24].

En [25] y [24] el proyecto Ecoil promueve prácticas para la eco-producción de aceite de oliva en la industria griega. Las prácticas más relevantes son:

- **Uso racional de agroquímicos:** Se refiere a minimizar el uso de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, fungicidas y herbicidas) aplicando sólo lo necesario para la correcta producción del cultivo, evitando los impactos ambientales que produce su exceso. Para determinar las cantidades precisas deben seguirse reglas establecidas por estudios agronómicos [25].
- **Tratamiento aguas residuales:** Debido a la naturaleza de las tecnologías de producción griegas las aguas residuales conforman uno de sus principales fuentes de impacto ambiental. El documento propone primero tratar las aguas químicamente para neutralizar los componentes ácidos del residuo y luego enviarlos a piscinas de evaporación [25].
- **Optimización del consumo de agua y energía:** Esto corresponde a un conjunto de prácticas orientadas a disminuir el consumo agua y energía y por lo tanto de sus impactos asociados. Se promueve el sistema de extracción de dos fases, sistemas de reciclado en la utilización de agua, mejorar la eficiencia de las calderas y realizar mantenimiento periódico del equipo mecánico [24].

Resulta notorio que el enfoque griego está basado en la optimización de sus procesos. Esto puede ser consecuencia de su industria poco industrializada. Además se destaca que sólo se pudieron encontrar publicaciones sobre sustentabilidad del año 2006 y anteriores, por lo que el efecto de la crisis puede también haber frenado estas iniciativas.

3.3 AUSTRALIA

Australia es un país que se incorporó cerca del año 2000 a la producción de aceite de oliva, sus cifras han ido aumentando hasta alcanzar un 0,5% producción mundial [15]. Al ser una industria relativamente joven los productores australianos se han preocupado de adquirir tecnología de vanguardia; su foco está en la calidad del producto, produciendo mayoritariamente aceite de oliva extra virgen [26].

La Australian Olive Association dispone estudios [26] que tratan varias materias relacionadas con sustentabilidad, sin embargo no se identificó un documento que la trate como tema central. Algunas de las prácticas notorias promovidas en estos estudios son:

- **Bioseguridad de la industria:** Debido a la aislación geográfica de Australia y a la juventud la juventud de su industria aún no se han manifestado plagas que afecten a los olivos como ocurre en territorios continentales. Esto permitió la implementación de un plan nacional de bioseguridad para disminuir los riesgos asociados a las pestes en la industria olivera [27]. Los planes están asociados a controlar la entrada de agentes biológicos foráneos y capacitar tempranamente a los productores en el monitoreo y control de plagas [28].
- **Compostaje del Alperujo:** de una forma similar a la experiencia Española en [29] se promueve realizar compostaje de alperujo y utilizarlo para la fertilización y remediación de suelos de los olivares.

3.4 CHILE

Chile también es un país de reciente incorporación a la producción de aceite de oliva y hoy explica cerca del 1% de la producción mundial [15]. Como se ha mencionado en la sección anterior, el aceite de oliva chileno se precia por su gran calidad, con el 90% de su producción enfocada en el aceite de oliva extra virgen [16]. En términos tecnológicos Chile se mantiene en la vanguardia y apunta a sistemas de cultivo intensivo y la mayoría de los productores utiliza sistema de dos fases y fertirriego [19].

La industria chilena de aceite de oliva ha mostrado una iniciativa reciente por mejorar su desempeño en sustentabilidad. La asociación de productores ChileOliva junto al Consejo Nacional de Producción Limpia han creado un acuerdo de producción limpia (APL) en el que están adscritos 20 productores, que representan cerca del 70% de la producción nacional [19]. El APL comenzó en noviembre del año 2013 y considera un desarrollo de dos años.

Se exponen a continuación las metas del APL detalladas en [28]:

- **Meta 1:** Desarrollar un conjunto de indicadores de sustentabilidad para la industria, que considere la dimensión económica, ambiental y social, y que éstos sean reportados de manera individual y sectorial.

- **Meta 2:** Fortalecer la gestión del uso eficiente del agua en la industria de forma de generar las condiciones que permitan medir la huella de agua del proceso de producción de aceite de oliva.
- **Meta 3:** Formalizar un sistema de gestión de la energía que permita definir, controlar objetivos y metas de ahorro, así como establecer las bases para medir la huella de carbono.
- **Meta 4:** Mejorar la gestión y valorización de los residuos orgánicos generados a partir del procesamiento de las olivas.
- **Meta 5:** Establecer condiciones de higiene y seguridad que permitan mejorar los estándares de ambiente laboral de los trabajadores, mediante la implementación de acciones que permitan disminuir el riesgo de accidentes y enfermedades profesionales.
- **Meta 6:** Fortalecer competencias en su fuerza laboral a partir de capacitación en producción limpia y materias vinculadas al desarrollo sustentable de la actividad.
- **Meta 7:** Fomentar en las empresas el desarrollo de actividades de responsabilidad social.

En una entrevista con Pamela González [19], jefa de proyectos de ChileOliva se discutió sobre las metas y el estado actual del APL. Se exponen algunas apreciaciones de la entrevista a continuación:

Es notorio que las metas 2 y 3, referentes al uso de agua y a la eficiencia energética estén orientadas sentar las bases para medir la huella hídrica y de carbono respectivamente. Se espera con estas metas generar indicadores del sector y en una segunda versión del APL exigir reducciones de las huellas.

Se encuentra en desarrollo la guía de indicadores, referente a la meta 1. Con ella se espera orientar a los productores en el monitoreo y control de sus operaciones y entregar herramientas para que mejoren su desempeño en las tres áreas de la sustentabilidad.

También se encuentra en desarrollo la guía de valorización de residuos de la almazara, sin embargo en una presentación preliminar de esta guía es notorio el hincapié en realizar una adecuada gestión de residuos y en buscar la valorización de los desechos como en la producción de compost [29].

Se debe reconocer que la industria olivícola chilena presenta ciertas dificultades para implementar proyectos transversales al sector, como el compostaje de alperujo de varias almazaras, debido a la pequeña escala de la industria y las grandes distancias entre los olivares.

En términos generales la industria chilena, por su foco en la calidad y la vanguardia tecnológica se encuentra bien posicionada para asumir el desafío de mejorar su

desempeño en sustentabilidad. Los adscritos al APL han mostrado buenos avances y manifiestan interés en la eficiencia de los procesos y el ahorro de costos que esto implica, por otro lado se concibe que mejorar el desempeño en sustentabilidad es una buena forma de diferenciación ligada a la calidad del producto y su industria.

Además del desarrollo del APL en el sector oleícola chileno, otra iniciativa relacionada con la sustentabilidad ambiental es la reciente ley de responsabilidad extendida del productor (REP). La ley obliga a las empresas productoras, fabricantes e importadoras, de productos prioritarios a hacerse cargo de sus productos una vez terminada su vida útil [30]. Dentro de la clasificación de productos prioritarios se encuentran los envases y embalajes, y dentro de esta categoría se encuentran las botellas de vidrio que son utilizadas en el envasado de aceite de oliva.

Con la REP se establecen metas para la recolección y valorización de estos residuos, creando así nuevos negocios, y disminuyendo su disposición final. Por otro lado, la ley obliga a los productores a considerar los costos para el manejo de su producto al momento de convertirse en residuo, generando así un incentivo de prevención [30].

En el caso de la industria de aceite de oliva esta ley concierne más a los productores de botellas de vidrio que a los productores de aceite. Sin embargo, como se verá más adelante, cualquier reducción de los impactos ambientales en los insumos del envasado y su disposición final aumenta el desempeño en sustentabilidad del producto completo: el aceite envasado en su botella.

4 CADENA DE VALOR

La descripción de la cadena de valor del aceite de oliva contempla cinco etapas principales: el cultivo de la oliva, la producción del aceite de oliva, el retail, el uso y el fin de vida. Para cada una de estas etapas se describen los procesos por los que pasa el aceite de oliva a través de su ciclo de vida.

La descripción corresponde a la cadena de valor en la que participa Comercial Soho y se sirve de la información entregada por la empresa para las etapas de cultivo y producción del aceite. Para la etapa de retail se modelan los procesos de Walmart Chile. Por lo tanto, los procesos de estas etapas son característicos de una cadena de valor específica y no necesariamente pueden ser generalizados a otras empresas o cadenas del aceite de oliva.

4.1 CULTIVO DEL OLIVO

La información disponible sobre la etapa de cultivo del olivo ha sido entregada por Comercial Soho a Fundación Chile y además ha sido complementada con información bibliográfica y visitas de la Fundación al terreno de cultivo.

Se identifican varios procesos referentes a la mantención de los olivos en condiciones óptimas para la producción. Todos estos desembocan en la etapa de cosecha como se muestra en la Figura 3.

4.1.1 Plantación de olivos.

Los olivos son plantados cuando el árbol es joven. En este estado requieren cuidados especiales durante los primeros dos o tres años, una irrigación regular, una fertilización de acuerdo a sus necesidades específicas y un manejo de plagas y malezas riguroso [25].

En las 205 hectáreas destinadas para el cultivo, Comercial Soho posee alrededor de 15.000 olivos, los cuales tienen en promedio cerca de 14 años, pero aún no llegan a su óptimo de producción.

4.1.2 Riego

Los olivos están adaptados para crecer en climas calurosos y secos, y pueden sobrevivir en áreas en que otros árboles no pueden. Sin embargo, el crecimiento y la productividad del olivo dependen fuertemente de la irrigación. En efecto, la producción de un olivo puede aumentar significativamente al aplicar pequeñas cantidades de agua [25].

Comercial Soho realiza riego por goteo utilizando el agua de un pozo ubicado en su terreno. Además esta actividad está estrechamente relacionada con el proceso de fertirriego descrito en la sección 4.1.5. Anualmente Comercial Soho riega cerca de 3500 metros cúbicos de agua por hectárea.

4.1.3 Poda

El proceso de poda forma parte del mantenimiento del olivo y adapta al árbol para la producción de olivas. La poda incrementa la producción, alarga la vida del árbol y optimiza la absorción de nutrientes desde el suelo [25]. Se realizan 3 tipos diferentes de poda:

- **Poda de formación:** Se realiza cuando el árbol tiene un año de edad para adaptar su forma a las condiciones de cultivo. El árbol se deja a una altura de entre 60 y 80 cm del suelo.
- **Poda de regeneración:** Se realiza cada dos años con el fin de fortalecer los brotes nuevos.
- **Poda de producción:** El principal objetivo es inducir a las ramas para que produzcan frutos. Las ramas muy vigorosas no son productivas, mientras que ramas débiles producen pocos frutos, por lo tanto se busca alargar las ramas productivas. Además, se busca asegurar una buena condición de iluminación, pues la entrada de luz evita la incidencia de ciertas plagas. Esta labor se efectúa anualmente, desde inicio de otoño hasta entrada la primavera.

4.1.4 Manejo de Suelo

Los residuos generados en la poda son picados y luego incorporados al suelo para incrementar la capa de materia orgánica, evitar la erosión y mejorar la fertilidad del suelo. Si bien estos residuos no son excesivamente ricos en nutrientes, son considerados una buena y barata fuente de materia orgánica para los suelos del olivar [21], y es una práctica extendida y recomendada [25, 21, 31].

Anualmente Comercial Soho adiciona cerca de 9.000 kg/ha de materia orgánica proveniente de los residuos generados de la poda.

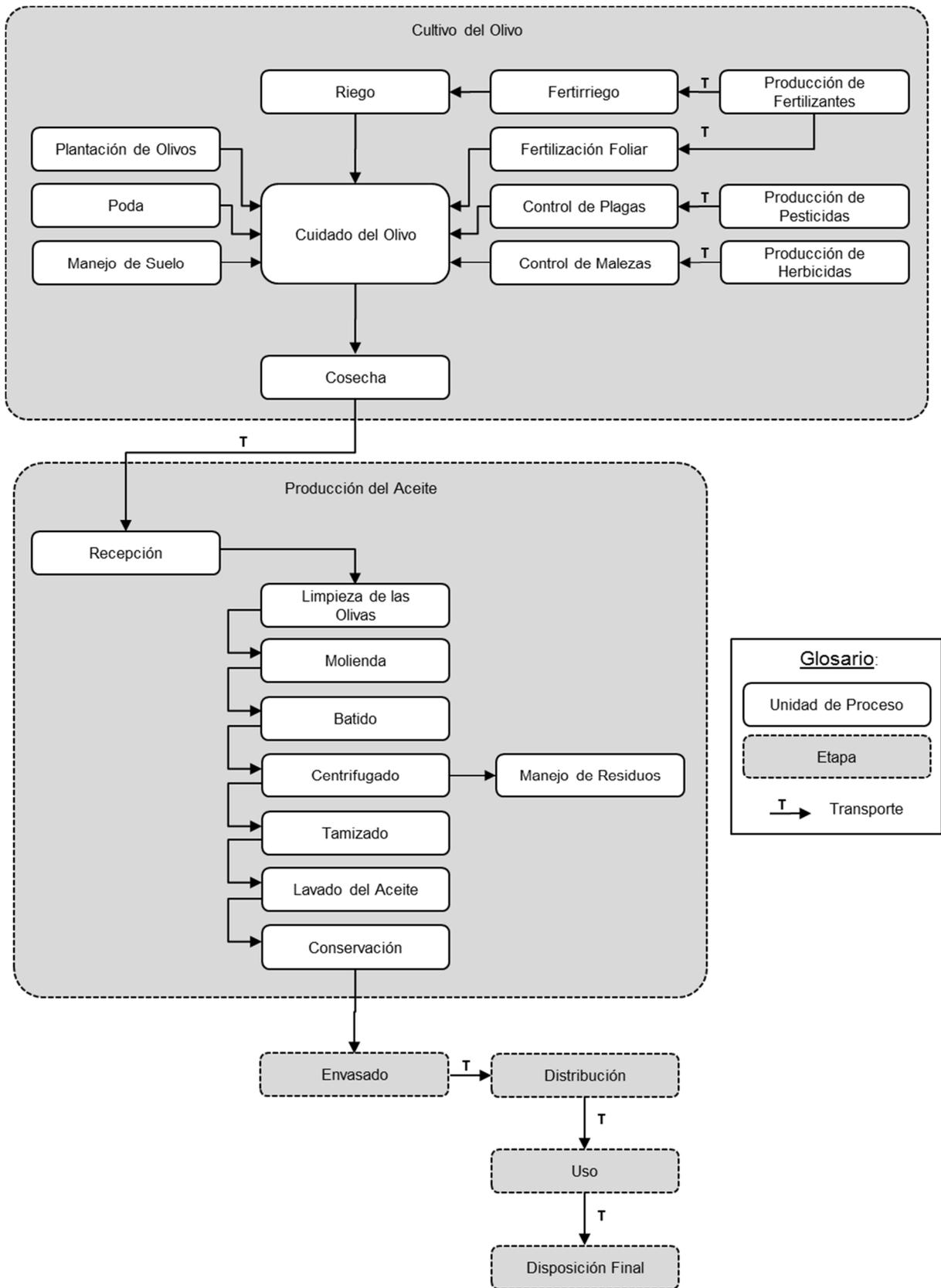


Figura 3 - Diagrama del sistema bajo estudio. Elaboración propia.

4.1.5 Fertilización

Tradicionalmente se considera que el olivo es un árbol de gran rusticidad, capaz de desarrollarse en suelos marginales y con escaso aporte de agua de riego y fertilizantes [31]. En efecto, el olivo tiene bajos requerimientos nutricionales con la notoria excepción del nitrógeno, el cual es considerado el elemento más esencial al influenciar el crecimiento y producción de olivas [25].

Otros nutrientes cuya deficiencia puede afectar a los olivos son el fósforo, el potasio, el boro y el magnesio [25]. Todos estos nutrientes han sido considerados por Comercial Soho para la elección de sus fertilizantes.

En este tipo de plantación, Comercial Soho emplea dos formas de fertilización. La primera es la fertilización foliar y la segunda es el fertirriego, cada una será descrita en las siguientes secciones.

- **Fertilización Foliar:** Consiste en la aplicación de una solución nutritiva al follaje de las plantas, con el fin de complementar la fertilización realizada al suelo o para corregir deficiencias específicas en cierto período de desarrollo de la plantación.
- **Fertirriego:** El fertirriego conforma el otro método de fertilización usado por Comercial Soho. Éste consiste en la aplicación de fertilizantes por medio del riego. Este método se considera más eficiente pues se localiza donde se encuentran las raíces del olivo.

4.1.6 Control de Plagas

El olivo puede ser afectado en distintas etapas de su crecimiento por diversas plagas. Por ejemplo, en la literatura destacan la conchuela negra del olivo (*Saissetia oleae*), la conchuela hemisférica (*Saissetia coffeae*) y la mosquita blanca (*Siphoninus phillyreae*) [32].

Sin embargo, según lo manifestado por Comercial Soho su única plaga de importancia es la conchuela negra. Éste insecto parasitario se alimenta directamente del contenido de los vasos conductores de la planta hospedera y excreta una mielecilla que da paso a la infestación de hongos, reduciendo el vigor y la productividad de los árboles.

Comercial Soho realiza periódicamente monitoreos para detectar la plaga y realiza control químico sólo cuando lo amerita, esta práctica forma parte de su plan de manejo integrado de cultivo. El insecticida utilizado actualmente para estos efectos es el imidacloprid, sin embargo este podría cambiar debido a la necesidad de rotar los insecticidas para evitar generar resistencia en la plaga.

4.1.7 Control de Malezas

Las malezas cercanas al área de cultivo compiten con el olivo por la humedad y los nutrientes. Esto suele ser perjudicial para la salud del árbol y su producción. Los árboles jóvenes son más sensibles a la competencia de las malezas que los árboles maduros,

por lo tanto las medidas de control están dirigidas a mantener las malas hierbas a raya hasta que el olivo sea capaz de competir efectivamente contra ellas [25].

Por otro lado, las malezas pueden ser hospederos alternativos de un gran número de plagas y aumentar la incidencia de enfermedades en el olivo.

Comercial Soho realiza control químico a las malezas. El herbicida utilizado es el glifosato, el cual es aplicado en un intervalo de 30 días con un tiempo de carencia de 7 días.

3.1.4 Cosecha.

La cosecha de olivas se puede realizar de forma manual o mecánica. La forma tradicional es la manual y consiste en utilizar varas para golpear las ramas del olivo y provocar la caída de las olivas hacia redes ubicadas en suelo circundante al árbol. El método tiene la desventaja de dañar las olivas debido a la caída, provocando una baja en la calidad del aceite producido, y también el dañar las ramas del olivo, especialmente las más jóvenes [25].

La cosecha mecánica utiliza varas telescópicas con una pinza la punta que se engancha a una rama del árbol sometiéndola a una vibración mecánica provocando el desenganche de las olivas. El sistema opera utilizando un compresor que se conecta a un tractor o a un motor. Se considera que la cosecha mecánica tiene considerables ventajas económicas comparadas con el método manual [25].

El momento dedicado a la cosecha varía dependiendo del tipo de oliva y la zona de cultivo. Para el caso de Comercial Soho se utiliza el método mecánico para cosechar. La cosecha se realiza durante fines de Abril hasta Julio, durante esta temporada se reciben entre 40 a 48 toneladas de oliva al día. Por último, las olivas son transportadas en contenedores de plástico hasta la planta donde se realizará la etapa de producción de aceite.

4.2 PRODUCCION DEL ACEITE

La información obtenida de los procesos involucrados en la producción de aceite de oliva proviene de Fundación Chile y fueron recopilados en una visita de esta entidad a la planta de Comercial Soho. Adicionalmente se ha complementado esta información con una revisión bibliográfica.

Comercial Soho utiliza el método de extracción de dos fases. Este método presenta diferencias considerables con el método de tres fases y el método de prensado tradicional, sobre todo al considerar los subproductos generados [33]. Además se utiliza maquinaria y procedimientos propios de la empresa, por lo tanto la información descrita no es del todo generalizable a otras productoras de aceite de oliva.

4.2.1 Recepción

Las olivas son transportadas en contenedores de plástico, o bins, desde el terreno de cultivo hasta la planta en camiones. Se utilizan bins para evitar que se dañe la fruta [34]. Luego son recibidas y pesadas en una pesa romana en las afueras de la planta; se almacenan momentáneamente las olivas en una tolva que conecta con el proceso de limpieza.

Para la siguiente campaña Comercial Soho se encuentra implementando un sistema de recepción y pesado continuo. Esta alternativa tiene tres ventajas: evita la manipulación de las aceitunas, ahorra tiempo de operación, ahorra el gas anteriormente utilizado en la pesa romana.

4.2.2 Limpieza de las Olivas

En el proceso de limpieza se eliminan las hojas, ramillas y demás objetos que puedan interferir en el proceso; ésto se realiza mediante una maquina despalilladora. Posteriormente las olivas caen a una piscina con agua donde son lavadas y por acción de la gravedad se eliminan elementos de mayor peso como polvo, barro, metales o piedras. Finalmente se elimina el fruto que no es apto para generar aceite.

En la industria no existe un real consenso acerca de si se deben lavar o no las olivas [34]. Esto se debe a que el lavado no parece influir en la inocuidad final del producto, pues las impurezas son eliminadas en procesos posteriores como el de centrifugado. En su nuevo sistema de recepción Comercial Soho podrá decidir si desea lavar o no las aceitunas entrantes.

4.2.3 Molienda

La molienda tiene por objetivo romper los frutos para facilitar la extracción de aceite. Este proceso en ocasiones requiere la adición de agua para disminuir la temperatura de la máquina. El resultado final de este proceso es una pasta que contiene la pulpa y la semilla de la oliva.

4.2.4 Batido

La pasta obtenida en el proceso anterior se somete a un batido con el cual se separa parte del aceite contenido en la pulpa de la oliva y comienza a formar gotas de mayor tamaño por agregación [24]. Este proceso utiliza circulación de agua caliente para que disminuya la viscosidad del aceite [34]. La duración de este proceso es de unos minutos; de lo contrario, se pierden ciertos componentes esenciales del aceite de oliva.

Como resultado de este proceso se obtiene una pasta que contiene la pulpa, la piel y el hueso de la oliva además del aceite parcialmente desagregado de la pulpa. La pasta en este estado facilita la separación entre fase líquida y la sólida de la oliva.

4.2.5 Centrifugación.

Este es el método que caracteriza la extracción de un sistema de dos fases. En este proceso se realiza una centrifugación de la pasta obtenida en el proceso anterior. A través de la centrifugación se produce la separación de los distintos materiales de acuerdo a su densidad, hacia la parte exterior de la centrifuga se aglomeran los materiales más pesados como el alperujo y el agua, mientras en el centro queda el aceite al ser más liviano [24].

Como resultado de este proceso se separa la masa en dos fases: por un lado, aceite de oliva con un 8% de humedad y, por otro lado, el alperujo, conformado por agua, pieles, pulpa y huesco [34].

4.2.6 Tamizado

El tamizado es un proceso de filtrado del aceite. La materia sólida retenida se devuelve a la fase de batido. Posteriormente, el aceite resultante se vacía a un depósito de acero inoxidable, desde donde se bombea para la fase siguiente.

4.2.7 Lavado del Aceite

El aceite tamizado en la fase anterior aún contiene impurezas, éstas son separadas por la acción de una centrífuga vertical. Bajo la acción de la máquina, se extrae el agua que posee el aceite.

De este proceso se obtienen dos sustancias: el aceite libre de impurezas y de humedad y por otro lado las aguas residuales.

4.2.8 Conservación

El aceite de oliva, resultado de los procesos anteriores, es conducido a estanques de acero inoxidable. Para asegurar una conservación adecuada del aceite se aplica nitrógeno a los tanques, disminuyendo la concentración de oxígeno y evitando la oxidación del aceite [34]. De esta forma el aceite puede estar ser conservado en los tanques hasta por un año.

4.2.8.1 Envasado

El mayor volumen de aceite de oliva producido por Comercial Soho es envasado mediante un proceso semiautomático. La excepción la constituyen las botellas de formato pequeño que son rellenadas manualmente.

El embalaje primario consiste en botellas de vidrio para formatos de hasta un litro, y para mayores volúmenes se utilizan botellas de polietileno tereftalato (PET).

Las botellas son selladas utilizando tapas compuestas por aluminio y plástico. Existen algunas pérdidas materiales asociadas a este proceso, se pierden alrededor de 100 tapas diarias por cada 4.000 botellas, estas tapas se disponen como desecho sólido.

Luego del embotellado se etiqueta la botella utilizando material plástico y papel barnizado.

Finalmente las botellas son introducidas en el embalaje secundario. Para el embalaje secundario se utilizan pallet de madera, cajas de cartón y film plástico de PVC para otorgar estabilidad al sistema.

4.2.9 Manejo del Residuos

El alperujo tiene varias alternativas para su manejo. Una de ellas es realizar compost mezclándolo con otras materias orgánicas como estiércol de oveja y de caballo. Otra alternativa es separar el carozo del alperujo, secarlo y utilizarlo para generar energía calórica. Una tercera forma de utilización es venderlo para la extracción de los componentes químicos que el alperujo posee, como los polifenoles que tienen variadas aplicaciones en las industrias farmacéuticas y cosméticas.

Actualmente Comercial Soho paga a una empresa para que se lleve el alperujo y lo utilice en la generación de compost.

4.3 DISTRIBUCIÓN

Esta etapa considera los procesos de transporte y almacenaje que tiene el producto luego del envasado hasta su presentación en las góndolas de los supermercados.

Los pallets con las botellas de aceite son trasladados en camiones desde la almazara hasta uno de los centros de distribución de Walmart ubicado en la comuna de Pudahuel. Luego son almacenados hasta ser transportados, junto con otros productos, hasta los supermercados ubicados a lo largo de Chile.

Además del transporte, se contempla el uso de grúas horquilla y de consumo eléctrico en la operación del centro de distribución. También se considera el descarte del embalaje secundario en los supermercados.

4.4 USO

La etapa de uso contempla el transporte desde el supermercado hasta el hogar por medio de un automóvil familiar. Luego el aceite de oliva es consumido principalmente como aliño de ensalada. Se asume que un 3% de la masa del aceite de oliva queda adherida a los platos y es finalmente descartada al alcantarillado por medio del lavado, este supuesto es una aproximación generada en base observaciones informales.

4.5 DISPOSICIÓN FINAL

La etapa de disposición final considera el destino de la botella del aceite una vez que los usuarios han consumido su contenido. Se transporta la botella en un camión de desechos hasta un vertedero municipal. Por otro lado, se considera que un 13% de la masa de vidrio es reciclada, según los datos de [35].

5 ANALISIS DE CICLO DE VIDA

Las metodologías estandarizadas de ACV consideran una serie de fases de trabajo en una secuencia definida que se reflejará en la estructura de este capítulo. De acuerdo con la ISO 14040, el ACV consta de cuatro fases: definición de los objetivos y los alcances, análisis del inventario, evaluación del impacto e interpretación de resultados, ver Figura 4.

Las fases del ACV están interrelacionadas y a menudo son conducidas en paralelo. Por ejemplo la fase de interpretación se realiza al verificar que el estudio está cumpliendo sus objetivos, mientras la evaluación de impacto puede indicar la necesidad de refinar los datos utilizados en el inventario. El ACV es, por lo tanto, un proceso que se retroalimenta y se enriquece a medida que se realiza [10].

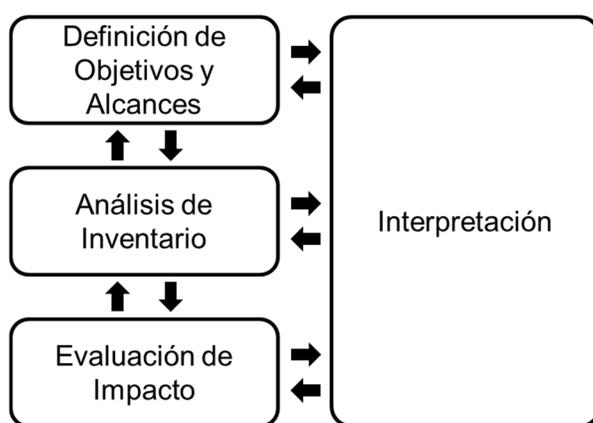


Figura 4 - Fases de un ACV. Basado en ISO 14040 [75].

5.1 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO DEL ACV

Este estudio está siendo realizado en Fundación Chile en el marco del programa de desarrollo de proveedores sustentables de Walmart que busca generar capacidades de autodiagnóstico y autogestión, en temáticas de sustentabilidad de las empresas proveedoras.

Por lo tanto, el objetivo con el que se realiza el ACV es **generar una evaluación imparcial de los impactos ambientales asociados al producto de Comercial Soho que guíe a la empresa en la toma de decisiones para mejorar su desempeño en sustentabilidad.**

5.1.1 Uso del estudio y público objetivo

Se espera que los resultados de este estudio sean utilizados por Comercial Soho como evidencia para mejorar los atributos de sustentabilidad de su producto con el objeto de modificar sus procesos, insumos y elección de proveedores.

Por lo tanto, el público al que está orientado este análisis es en primera instancia la gerencia de Comercial Soho. Adicionalmente, los resultados informarán a Walmart Chile

en el marco de su programa de desarrollo de proveedores y también a Fundación Chile como uno de sus desarrollos en ACV. Aparte de estos actores, no se pretende que los resultados del estudio sean revelados a terceros para fines comparativos.

5.1.2 Revisión Crítica

El desarrollo y los resultados finales de este estudio serán revisados por el equipo de Sustentabilidad en la Cadena de Valor, perteneciente al área de Energía y Cambio Climático de Fundación Chile, que cuenta con varios profesionales altamente capacitados en realizar ACVs.

5.2 ALCANCE DEL ACV

Un estudio metodológicamente correcto de ACV describe en su alcance claramente la unidad que se está analizando partiendo por la función que cumple el producto para el consumidor. También se deben detallar qué procesos que se incluyen dentro del sistema de análisis, junto con las hipótesis y los criterios de exclusión utilizados, así como la calidad de los datos utilizados [36].

5.2.1 Función del producto

Para los efectos de este estudio se considerará que la función del aceite de oliva es **su uso como aliño para ensaladas y para cocinar**, esto concuerda con la principal función que le da el consumidor.

Si bien el aceite de oliva tiene otras funciones como cuidado de la piel, aceite para lámparas y también existen diversas aplicaciones médicas y cosmetológicas de sus derivados, éstas han sido consideradas fuera de los alcances.

5.2.2 Unidad funcional

La comparación de los impactos ambientales a través del ciclo de vida debe estar basada en una función comparable o unidad funcional que represente cuantitativamente la función que se le da al producto.

Para conseguir los efectos beneficiosos del aceite de oliva es necesaria una ingesta diaria en torno a 35 mililitros² de aceite de oliva extra virgen, aproximadamente dos cucharadas soperas, como recomiendan diversas fuentes [37, 38, 39]. Esta medida puede ser aproximada a un consumo de un litro mensual por persona.

Adicionalmente, es importante recalcar la categoría a la que pertenece el aceite de oliva pues la investigación sobre otros estudios de ACV ha revelado la dificultad de comparar aceites con diferentes características organolépticas y se aconseja definir claramente la categoría del aceite en la unidad funcional [40]. Esto se debe a que distintos tipos de

² Se llegó a esta cifra al promediar los consumos recomendados por las fuentes citadas. Para los casos en que la ingesta se recomendaba en unidades de masa se realizó la conversión a volumen asumiendo una densidad de 0.918 kg/L.

aceite de oliva son producidos mediante procesos que generan impactos ambientales diferentes. El aceite de oliva producido por Comercial Soho es de tipo extra virgen.

En base a lo anterior, la unidad funcional de este estudio será definida como: **“Un litro de aceite de oliva extra virgen embotellado y etiquetado por Comercial Soho para su uso como aliño de ensalada o para cocinar.”**

5.2.3 Flujo de Referencia

Los flujos de referencia son una medida de la cantidad de producto estudiado, esto puede variar según el escenario estudiado, pero siempre será equivalente a un litro de aceite de oliva.

Por ejemplo, las medidas en la etapa de cultivo están expresadas en base a una hectárea. Esta medida puede ser llevada a la unidad funcional si se consideran los kilogramos de olivas que produce una hectárea y los kilogramos necesarios para producir un litro de aceite. De esta forma se puede establecer un flujo de referencia donde 0,00061 hectáreas son equivalentes a un litro de aceite de oliva.

En otro ejemplo, Comercial Soho trabaja con distintos formatos de botellas. Se utilizan de vidrio para volúmenes de hasta 1 litro, mientras que para mayores se utilizan botellas de polietileno tereftalato (PET). En consecuencia, se pueden establecer varios flujos de referencia según el contenedor del aceite, todos equivalentes a un litro, a saber:

- 2 botellas de vidrio de 500 mL.
- 1,33 botellas de vidrio de 750 mL.
- 0,5 botellas de PET de 2 L.

Por otro lado, dado el uso que se le da en Chile al aceite de oliva, casi exclusivamente como aliño de ensalada, podría establecerse que una cucharada de aceite por ensalada es una buena unidad de estudio. En este caso se puede establecer un nuevo flujo de referencia donde 66,6 cucharadas equivalen a un litro, o bien podrían multiplicarse los resultados del estudio por 0,015 para expresarlos en cucharadas.

5.2.4 Sistema Estudiado y Procesos Excluidos

En orden de modelar apropiadamente los procesos de la cadena de valor descrita el capítulo 4 se tomaron varios supuestos y decisiones que pueden afectar los resultados finales de la modelación. Estas elecciones metodológicas son descritas a continuación para transparentar las decisiones del estudio.

Se decide excluir del sistema el proceso de plantación de los olivos debido a que los árboles de Comercial Soho tienen en promedio 14 años con lo cual los procesos de cuidado de los arboles jóvenes dejan de ser trascendentes. Además, no existen proyectos de plantar más árboles.

En el proceso de riego se considera el agua suministrada a través de riego por goteo y se excluye el agua proveniente de las precipitaciones. Además se modela el recambio de

las tuberías y cintas de riego defectuosas, asumiendo que están hechas de policloruro de vinilo (PVC) y polietileno.

Para la poda se excluyen los procesos de poda de formación y de regeneración, modelándose únicamente la poda de producción. Se asume además que las ramas y hojas que resultan de este proceso pueden ser modeladas como residuos orgánicos genéricos.

Los procesos de transporte asociados a los agroquímicos producidos en el extranjero se consideran en barcos de carga transoceánicos. Las distancias fueron calculadas utilizando la información de SeaRates.com [41] estimando el puerto más cercano a la ciudad de origen como lugar de procedencia y el puerto de San Antonio como destino. Luego se asumió que el transporte nacional se realiza en camión, desde San Antonio al valle de Curicó, donde se encuentran los campos.

Los procesos que involucran uso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas asumen que las cantidades reportadas por Comercial Soho son las óptimas de acuerdo a su planificación de manejo integrado de cultivo. En el proceso de fertirriego se modelan también las emisiones generadas por los olivos debido al uso de fertilizantes. Para cuantificar estas emisiones se siguieron las metodologías expuestas en [42].

Para el proceso de cosecha se asume que las mallas recolectoras están hechas de polietileno de alta densidad y que los bins para transportar las olivas son de polipropileno.

En la etapa de producción del aceite se han resumido los procesos de limpieza de las olivas, molienda, batido, centrifugación, tamizado, lavado del aceite y conservación en uno solo, llamado producción. Esto debido que la información disponible entregada por Comercial Soho impide desagregar los procesos.

En el proceso de envasado se modela tanto el envasado primario, compuesto de la botella, su tapa y sus etiquetas, y el envasado secundario, correspondiente a ordenar las botellas en cajas de cartón y luego éstas en pallets. Se considera el etiquetado modelándolo como papel.

Se añade un proceso de servicios anexos a la producción que contabiliza el consumo eléctrico, de gas licuado y de diésel generado en la almazara.

En la etapa de distribución para modelar el transporte desde el centro de distribución hacia los supermercados se utilizan las estimaciones realizadas por Fundación Chile, en investigaciones anteriores. Estas estimaciones consideran el número de puntos de venta de Walmart y la población por región. En la etapa de distribución no se consideró la energía gastada en el almacenamiento en los centros de distribución.

La etapa de uso contempla transporte del aceite de oliva desde el supermercado hasta el hogar, para modelar esto nuevamente se toman las estimaciones de distancia realizadas por Fundación Chile. Además la etapa de uso contempla que luego del consumo un 3% de la masa del aceite de oliva queda adherida a los platos y es desechada al alcantarillado por medio del lavado.

En la etapa de disposición final se considera que las botellas de vidrio o de PET son transportadas en un camión de desechos en una distancia promedio de 2,6 km [43]. Luego, los desechos son dispuestos en un relleno sanitario. Se asume que un 13% del vidrio es reciclado según la caracterización de los desechos de la Región Metropolitana publicada en [35], en base a datos de la CONAMA.

5.3 ESCENARIOS

Además de los procesos incluidos en la línea base se modelan escenarios que corresponden a variantes de los procesos anteriores. La elección de estos escenarios se ha realizado en base a la investigación de la experiencia internacional (ver sección 3) los proyectos de que Comercial Soho está implementando y los hotspots detectados en la línea base (ver los hotspots en la sección 5.5.2).

5.3.1 Cambio de Fertilizantes

En estos escenarios se modelan alternativas para reemplazar la urea, el principal fertilizante nitrogenado utilizado por Comercial Soho. Se asume que para estos escenarios la empresa hace un uso racional de fertilizantes, es decir, aplica la cantidad justa según la exigencia nutricional del olivo en base al manejo integrado de cultivo [25]. A continuación la Tabla 2 muestra los fertilizantes evaluados:

Tabla 2 - Alternativas para el cambio de fertilizantes. Elaborada en base a las fichas técnicas de los fertilizantes y [44].

Nombre Comercial	Compuesto nitrogenado	Concentración en nitrógeno	Energía de producción [MJ/kg de N]
CAN 27	Nitrato de amonio ³	27% p/p	46
Entec 26	Nitrato de amonio	26% p/p	44
Entec 21	Sulfato de amonio	21% p/p	45

Los tres fertilizantes son mencionados en la publicación ‘Eficiencia energética y Fertilización Nitrogenada’ como mejores alternativas a la urea al considerar el valor energético necesario para la síntesis de cada compuesto [44]. Adicionalmente, el CAN demostró que genera un menor impacto ambiental en comparación a otros fertilizantes nitrogenados en cultivos de caña de azúcar [45]. Por otro lado, Comercial Soho está evaluando la utilización de Entec 26 y Entec 21 como alternativas para la disminuir su huella de carbono.

Los tres fertilizantes evaluados son apropiados para su uso en fertirriego. Si bien presentan diferentes formas de funcionamiento debido a su formulación se asume que la eficiencia de la aplicación es la misma que en el caso de la urea.

5.3.2 Cambio de Herbicidas

³ Además del compuesto nitrogenado el CAN 27 incluye carbonato de calcio y carbonato de magnesio. En adelante se referirá a la combinación de estos compuestos como CAN.

En estos escenarios se consideran alternativas al uso del Glifosato. Este herbicida cuenta con clasificación toxicológica IV, la menos toxica, sin embargo esta clasificación ha sido cuestionada por varias entidades incluyendo la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos [46].

Se escogen herbicidas alternativos desde la lista de agroquímicos autorizados por el SAG en [47] y se seleccionan aquellos que son apropiados para trabajar con olivos y que tienen clasificación toxicológica IV, es decir los menos tóxicos. Estos escenarios además de suponer el uso racional del herbicida suponen que los aplicadores cuentan con entrenamiento para su aplicación segura. Los herbicidas evaluados son los siguientes:

Tabla 3 – Alternativas para el cambio de herbicidas. Elaborada a partir de datos del SAG en [47].

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Concentración del ingrediente activo	Categoría toxicológica
Spectro 33 EC	Pendimetalina	33% p/v	IV
Gesatop 90 WG	Simazina	90% p/v	IV
Aquiles 24 EC	Cletodima	24% p/v	IV

Para determinar las cantidades apropiadas de herbicidas se utiliza el rango mayor de la dosis recomendada para olivos en la ficha técnica de cada herbicida, se asume que sólo es necesaria una aplicación del producto.

5.3.3 Cambio de Insecticidas

Se evalúa el remplazo del Imidacloprid por otros insecticidas escogidos de la lista de agroquímicos autorizados por el SAG [47]. Se seleccionaron aquellos que fuesen apropiados para el cultivo de olivos y a su vez atacaran a la conchuela negra, principal plaga declarada por Comercial Soho. Se escogieron las cantidades considerando la concentración y la dosis recomendada por los fabricantes, asumiendo una sola aplicación. La siguiente tabla muestra los insecticidas evaluados.

Tabla 4 - Insecticidas Alternativos Evaluados. Elaborado a partir de datos del SAG en [47]

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Concentración del ingrediente activo	Categoría toxicológica
Actara 25 WG	Tiametoxam	25 % p/p	IV
Argenfrut supreme	Aceite Parafínico	99,5 % v/v	IV

5.3.4 Compostaje del Alperujo

Este escenario modela la utilización del alperujo y de las hojas y ramillas obtenidas al limpiar las aceitunas como los insumos principales para la creación de compost de alperujo. En este escenario cambia la concepción del alperujo, al no ser considerado como un desecho, si no como un subproducto valorizable.

El compost es materia orgánica descompuesta, que ha pasado por un proceso para estabilizar sus propiedades para ser utilizado como fertilizante o enmienda de suelo. Es un material clave para la agricultura orgánica.

La práctica de compostar el alperujo es ampliamente promovida por la industria española y griega [21, 25], incluyendo un manual para el compostaje [22]. Por su parte en la industria chilena el Consejo Nacional de Producción Limpia también promueve esta práctica en una guía de mejores técnicas disponibles para residuos sólidos de la industria del aceite de oliva [29].

Para modelar el compostaje se utilizó el inventario de ciclo de vida reportado en [48]. Éste inventario fue modificado para incluir, en lugar de materia orgánica genérica, tres insumos: alperujo, estiércol de vaca y hojas y ramillas provenientes de la limpieza de aceitunas. Para determinar la proporción necesaria de alperujo, ramillas y estiércol se utilizó la calculadora de compost reportada en [49].

5.3.5 Incineración del Carozo⁴

El escenario modela la utilización de los restos de carozo presente en el alperujo como una fuente de energía térmica aprovechable en una caldera de biomasa para su utilización en la almazara. Este escenario se basa en una de las prácticas promovidas por el Consejo Nacional de Producción Limpia en su guía para la valorización energética del carozo [33].

Para modelar este escenario se utilizó el proceso de incineración en una caldera de biomasa, proveniente de la base de datos EcoInvent, y se lo modificó para utilizar el carozo de la oliva en lugar de pellets de madera. Para esto se asumió que un kilogramo de semilla de oliva posee un poder calorífico de 4400 kcal, como se reporta en [28] y que la caldera de biomasa posee una eficiencia energética del 85%, mismo supuesto que utiliza el ACV de calderas de biomasa reportado en [50].

5.3.6 Cambio de Envases

Comercial Soho está aprovechando las iniciativas de su proveedor de botellas de vidrio, Cristalería Toro, en donde producen botellas más livianas y con un 70% de material reciclado. En esta línea Cristalería Toro ha creado la botella aceitera Eco, con una capacidad de 500 ml y un peso de 380 g. La botella aceitera Eco contabiliza una reducción de 40 g con respecto a la botella aceitera común en el mismo formato, según se aprecia en el catálogo de Cristalería Toro [51]. La vidriera además ha manifestado la intención de crear botellas Eco para más formatos, distintos al de 500 ml.

De estos proyectos se generan dos escenarios, el primero contabiliza los efectos generados al utilizar las botellas aceiteras Eco sólo para el formato de 500 ml,

⁴ En la industria olivera y en la literatura consultada se utiliza la palabra 'carozo' para referirse a la semilla de la oliva. En estricto rigor este uso es incorrecto, pues el carozo corresponde a la parte dura del fruto que rodea a la semilla, como en los duraznos y ciruelas. En este informe se opta por utilizar la palabra de la misma forma en que se utiliza en la industria.

manteniendo los otros formatos sin modificar. El segundo escenario asume una reducción de peso en todos los formatos proporcional a la reducción generada en la botella de 500 ml.

Además se consideran otros dos escenarios donde se cambia todo el material del envase por otros conocidos en la industria aceitera: los envases de hojalata y los de plástico PET.

Tabla 5 - Alternativas para el cambio de envases. Elaborada a partir de datos Cristalería Toro [51], Envasur [52] y Aceites Toledo [53].

Material	Modificación al envase	Peso promedio de un litro en el mix total de botellas [kg]
Vidrio	Reducción de peso en el formato de 500 ml	0,867
Vidrio	Reducción de peso en todos los formatos	0,831
Hojalata	Cambio del material	0,915
PET	Cambio del material	0,027

Los efectos del cambio de envases no sólo influyen en la etapa de envasado sino que también en la distribución, debido a su peso, y en la disposición final. Al evaluar las alternativas de envasado en las siguientes secciones se analizan conjuntamente los cambios en estas tres etapas.

En la etapa de disposición final se consideran distintos supuestos de reciclaje según el material. Para las alternativas que utilizan vidrio se mantiene el supuesto de 13% de reciclaje [35]. Para los envases de PET se asume que no se realiza reciclaje debido a que el contenido remanente de aceite en envases de plástico imposibilita este proceso [54]. Por otro lado, si bien la hojalata es reciclable, no se encontró evidencia de que esto se realizara en Chile, por lo tanto se asume que no hay reciclaje de hojalata.

5.4 ANÁLISIS DE INVENTARIO

La recolección de datos para generar el inventario de ciclo de vida constituye la tarea más ardua del ACV. Los datos para las etapas de cultivo, producción y envasado fueron recolectados en primera instancia por el equipo de Fundación Chile y luego fueron revisados y profundizados por el memorista.

El memorista además añadió a los inventarios los procesos de transporte de insumos, las emisiones generadas por los fertilizantes, las etapas de uso, distribución y disposición final y todos los escenarios evaluados. Una vez recolectados los datos y organizados en forma de inventarios el memorista modeló cada inventario en el software Simapro.

Se incluye en el Anexo 6 los inventarios utilizados para modelar los procesos de línea base de este estudio. No se incluyen las cantidades de cada ítem por motivos de confidencialidad.

La metodología específica para realizar el análisis corresponde al método de evaluación 'ReCiPe Midpoint (H) versión 1.05 w USEtox' explicado en [55]. Éste método utiliza las

categorías de impacto ilustradas en la Tabla 6 y permite obtener el puntaje normalizado como indicador final.

La metodología utiliza bases de datos bases de datos que modelan materiales y procesos según la realidad sueca o europea, dependiendo del elemento. Por lo tanto, los resultados generados son sólo una aproximación a la realidad chilena. Para un análisis más exacto sería necesario utilizar una base de datos de materiales y procesos construida y actualizada según a realidad chilena, sin embargo las iniciativas para generar dichas fuentes de información aún están en una etapa temprana de desarrollo.

Tabla 6 - Categorías de impacto ambiental y su unidad de medida. Fuente [11]

Categoría de Impacto	Unidad
Cambio climático	kg CO ₂ eq
Deterioro capa de ozono	kg CFC-11eq
Formación de smog fotoquímico	kg NMVOC
Formación material particulado	kg PM10
Radiación ionizante	kg U ²³⁵ eq
Acidificación terrestre	kg SO ₂ eq
Eutrofización agua dulce	kg P eq
Eutrofización marina	kg N eq
Toxicidad humana, cáncer	CTUh
Toxicidad humana, no-cáncer	CTUh
Ecotoxicidad	CTUe
Ocupación de suelo agrícola	m ² a
Ocupación de suelo urbano	m ² a
Transformación de suelos	m ²
Agotamiento de fuentes de agua	m ³
Agotamiento de minerales	kg Fe eq
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq

La cantidad de categorías de impacto es suficientemente exhaustiva para modelar un ACV de aceite de oliva. Resulta particularmente apropiado disponer de las categorías de acidificación terrestre y eutrofización para modelar los efectos de los fertilizantes y el proceso de compostaje; las distintas categorías de toxicidad y ecotoxicidad permiten evaluar los herbicidas e insecticidas, categorías como cambio climático, generación de material particulado y agotamiento de combustibles fósiles permiten evaluar los impactos asociados a los procesos de transporte y producción.

A continuación se describe cada una de las categorías de impacto ambiental, las definiciones han sido adaptadas de [11] y [56]:

Cambio Climático: Causado por el impacto de los gases de efecto invernadero, generando el alza de la temperatura promedio de la Tierra o [11]. Se mide en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂ eq).

Deterioro de la Capa de Ozono: Mide la disminución de la capa de ozono estratosférica debido a emisiones antropogénicas de sustancias que la destruyen, particularmente

clorofluorocarburos [56]. Al deteriorarse la capa de ozono se produce un aumento en la cantidad de radiación UVB que llega a la superficie del planeta, contribuyendo a la formación de cáncer de piel, cataratas y al decaimiento en los rendimientos de cultivos y plancton [11]. Es medido en kilogramos equivalentes del compuesto clorofluorocarburo-11 (kg CFC-11 eq).

Formación de smog fotoquímico: Es el producto de una reacción entre óxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, catalizada por la luz solar. Genera enfermedades respiratorias y daño en la vegetación o [11]. Es medido en kilogramos de compuestos volátiles orgánicos no metanos, NMVOC, por sus siglas en inglés (kg NMVOC).

Formación material particulado: Corresponde la acumulación de diminutas piezas de sólidos o de gotitas de líquidos en la atmósfera, se considera dañino para el sistema respiratorio humano [11]. Se mide en kilogramos de material particulado menor a 10 micrómetros (kg PM10).

Radiación ionizante: Se define como la emisión de sustancias radioactivas y/o la exposición directa a la radiación. Produce daño tanto a la salud humana como al medioambiente [56]. Se mide en kilogramos del isótopo de uranio-235 (kg U²³⁵).

Acidificación terrestre: Mide los efectos acidificantes de emisiones antropogénicas, en particular de NO_x, SO₂ y NH₃, incrementando la acidez en sistemas acuáticos y terrestres a través de la concentración del ion hidrógeno [56]. Se mide en kilogramos de dióxido de azufre equivalente (kg SO₂ eq).

Eutrofización: Mide los efectos causados por la acumulación de nutrientes en el agua, generando una inusualmente alta actividad biológica, lo que puede llevar a un agotamiento de oxígeno en el medio [11]. Presenta dos subcategorías, la eutrofización marina y la eutrofización de agua dulce, la primera es medida en kilogramos de nitrógeno equivalente (kg N eq), mientras la segunda en kilogramos de fósforo equivalente (kg P eq).

Toxicidad: Mide los efectos tóxicos de los químicos en la salud humana y en el ecosistema [56]. Se divide en las subcategorías toxicidad humana cancerígena, toxicidad humana no cancerígena y ecotoxicidad. Las dos categorías de toxicidad humana son medidas en unidades tóxicas comparables para humanos (CTUh), mientras la ecotoxicidad es medida en unidades tóxicas comparables para el ecosistema (CTUe).

Ocupación de Suelos: Se define como la perturbación del medio ambiente natural a través de cambios en la tierra. Esto puede traer como consecuencia pérdida de biodiversidad y disminución de la capacidad de sustento vital de los ecosistemas [11]. Considera tres subcategorías ocupación de suelos agrícolas, medido en metros cuadrados por año (m²a); ocupación de suelos urbanos, medido en metros cuadrados por año (m²a) y transformación de suelos naturales, medido en metros cuadrados (m²).

Agotamiento de fuentes de agua: Corresponde al agotamiento de recursos hídricos por su uso por sobre su ratio de renovación [56]. La disponibilidad de éste es un factor crítico

para el equilibrio medioambiental y el desarrollo humano [11]. Es medido metros cúbicos de agua (m³).

Agotamiento de minerales: Corresponde la decreciente disponibilidad de recursos minerales como resultado de extracción de un recurso no renovable [56]. Se mide en kilogramos de hierro equivalente (kg Fe eq).

Agotamiento de combustibles fósiles: Corresponde la decreciente disponibilidad de combustibles fósiles como resultado de extracción de un recurso no renovable, [56]. Se mide en kilogramos de petróleo equivalente (kg Oil eq).

En este estudio se ha optado por ignorar algunas categorías de impacto debido a presentan mayores dificultades para gestionar su reducción en un corto o mediano plazo. Las categorías ignoradas son 'formación de smog fotoquímico', 'radiación ionizante', 'ocupación de suelo agrícola', 'ocupación de suelo urbano' y 'transformación de suelos'. Sin embargo, todas las categorías de impacto son consideradas al calcular indicadores en puntaje normalizado.

5.5 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En esta sección se describen los resultados obtenidos de la evaluación ambiental realizada a través del ACV. Se detallan en primer lugar los resultados obtenidos en la línea base, luego se identifican y describen los hotspots del sistema, y finalmente se analizan los resultados de los escenarios que modifican la línea base.

5.5.1 Línea Base

Se considera como línea base a los resultados del modelo de ciclo de vida considerando las etapas de cultivo, producción, uso, distribución y disposición final sin incluir las modificaciones a los procesos detalladas en los escenarios.

Para permitir comparaciones entre las categorías de impacto ambiental los resultados están expresados en puntaje normalizado. La Tabla 7 y la Figura 5 muestran los resultados desagregados por etapas. Se puede apreciar que en líneas generales los impactos ambientales se acumulan en las primeras etapas de la cadena de valor (cultivo, producción y envasado), mientras las últimas etapas (distribución, uso y disposición final), aportan escasamente a los impactos totales. Este es un resultado común en ACVs que evalúan aceites de oliva [40].

Tabla 7 – Puntajes normalizados en cada etapa del ciclo de vida. Elaboración Propia.

Etapa	Puntaje Normalizado	%
Cultivo	1,157	51%
Producción	0,351	16%
Envasado	0,678	30%
Distribución	0,064	3%
Uso	0,001	0,05%
Disposición Final	0,004	0,16%
Total	2,255	100%

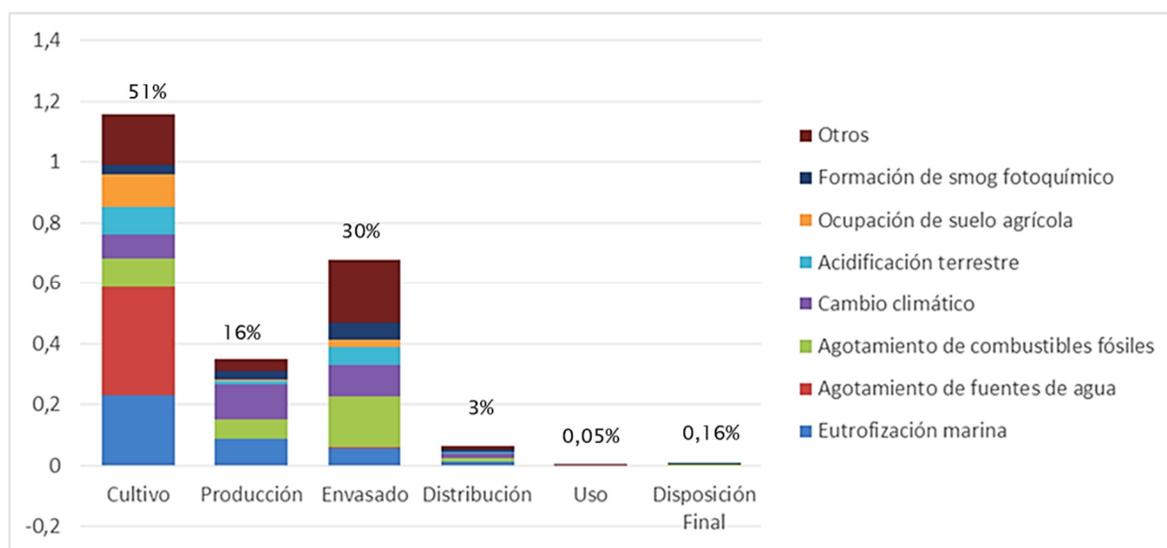


Figura 5 - Distribución de impactos ambientales en etapas del ciclo de vida. Elaboración propia.

Por otro lado, la Tabla 8 muestra el porcentaje de impacto que tiene cada categoría en el sistema total medido en puntaje normalizado. Es notorio que las categorías con mayor impacto son eutrofización marina (17%), relacionado con el uso de fertilizantes; el agotamiento de fuentes de agua (16%), relacionado con el proceso de riego; y el cambio climático (14%), que posee impactos transversales en varios procesos.

También resulta notorio en la Tabla 8 que hay categorías que presentan sólo pequeños impactos como la toxicidad humana (3,3%, sumando cáncer y no-cáncer), relacionada con los herbicidas e insecticidas; o el agotamiento de minerales (0,4%), relacionado con uso de tapas de aluminio en el envasado.

Tabla 8 – Distribución de los impactos del sistema en las categorías de impacto ambiental

Categoría de impacto	Puntaje Normalizado	%
Cambio climático	0,310	14%
Deterioro capa de ozono	0,100	4%
Formación material particulado	0,119	5%
Acidificación terrestre	0,173	8%
Eutrofización agua dulce	0,044	2%
Eutrofización marina	0,394	17%
Toxicidad humana, cáncer	0,076	3%
Toxicidad humana, no-cáncer	0,007	0,3%
Ecotoxicidad	0,035	2%
Agotamiento de fuentes de agua	0,358	16%
Agotamiento de minerales	0,009	0,4%
Agotamiento de combustibles fósiles	0,341	15%
Otros	0,287	13%
Total	2,255	100%

5.5.2 Determinación de Hotspots.

Se recuerda al lector los criterios utilizados para determinar los hotspots propios del sistema estudiado:

1. El hotspot debe representar 10% o más del impacto generado en al menos una categoría de impacto.
2. El hotspot debe representar 5% o más del impacto generado en al menos dos categorías de impacto.

En consideración a estos criterios se genera Tabla 9 con los 13 hotspots identificados en el sistema estudiado.

Tabla 9 - Determinación de Hotspots del Sistema. Elaboración Propia.

Hotspot	Etapa	Cambio climático	Deterioro capa de ozono	Formación material particulado	Acidificación terrestre	Eutrofización agua dulce	Eutrofización marina	Toxicidad humana, cáncer	Toxicidad humana, no-cáncer	Ecotoxicidad	Agotamiento de fuentes de agua	Agotamiento de minerales	Agotamiento de combustibles fósiles	Puntaje Normalizado
1 Emisiones de fertilizantes en ferirriego	Cultivo	4%	0%	20%	38%	13%	52%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	14%
2 Producción fertilizantes - Urea	Cultivo	2%	4%	2%	1%	0%	0%	8%	6%	0%	0%	2%	4%	2%
3 Producción herbicidas - Glifosato	Cultivo	0%	1%	0%	0%	8%	0%	17%	1%	0%	0%	0%	0%	1%
4 Producción insecticidas - imidacloprid	Cultivo	0%	4%	0%	0%	4%	0%	7%	5%	53%	0%	0%	0%	2%
5 Uso de herbicidas - Emisiones de Glifosato	Cultivo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	18%	0%	0%	0%	0%
6 Uso de agua en el riego	Cultivo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	0%	0%	16%
7 Uso de electricidad en el riego	Cultivo	16%	14%	9%	7%	21%	3%	2%	1%	0%	0%	0%	20%	9%
8 Uso energía - transporte olivas	Producción	5%	9%	7%	4%	0%	4%	1%	1%	0%	0%	0%	6%	4%
9 Disposición alperujo a relleno sanitario	Producción	22%	0%	1%	1%	10%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%
10 Uso de electricidad en la producción	Producción	5%	4%	3%	2%	7%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	6%	3%
11 Producción de botellas - Vidrio	Envasado	27%	42%	38%	32%	18%	12%	19%	7%	3%	0%	10%	40%	22%
12 Producción de tapas - Aluminio	Envasado	2%	3%	2%	1%	9%	0%	5%	70%	0%	0%	74%	2%	2%
13 Transporte de producto en distribución	Distribución	3%	6%	4%	2%	0%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	5%	2%
Otros		13%	13%	15%	11%	9%	7%	26%	6%	24%	0%	3%	16%	17%

Se describe a continuación los hotspots identificados.

Emisiones de fertilizantes en fertirriego: Corresponde a las emisiones al aire, al agua y al suelo, generadas luego de la aplicación de los fertilizantes, por ejemplo el amonio que se libera tras la acción de un fertilizante nitrogenado en el suelo. Este grupo de emisiones tiene un fuerte impacto en la eutrofización marina, en la acidificación terrestre y en la formación de material particulado.

Producción de fertilizantes – Urea: En este hotspot se contabilizan los impactos ambientales que se generan al elaborar la urea. Los principales impactos se concentran en la categoría de toxicidad humana, tanto cancerígena como no cancerígena. Entre todos los fertilizantes utilizados por Comercial Soho la urea es la única que genera impactos suficientes para ser calificada como hotspot.

Producción herbicidas – Glifosato: Corresponde a los impactos generados en la producción del herbicida Glifosato impactando en toxicidad humana cancerígena y en eutrofización de agua dulce.

Producción insecticidas – Imidacloprid: Corresponde a los impactos generados en la producción del insecticida Imidacloprid. Este ítem por sí solo abarca el 53% de la categoría de ecotoxicidad en todo el sistema analizado y además presenta impactos en las dos categorías de toxicidad humana.

Uso de herbicidas – Emisiones de Glifosato: Se consideran en este hotspot las emisiones que se producen luego de la aplicación del glifosato., concentrados principalmente en toxicidad humana cancerígena.

Uso de agua en el riego: El proceso de riego es intensivo en el uso de agua. Este proceso abarca el 99% de los impactos en la categoría de agotamiento de recursos hídricos.

Uso de electricidad en el riego: El proceso de riego también utiliza bombas eléctricas para extraer y movilizar el agua del pozo. Al estar conectado a la red eléctrica este proceso genera impactos en las categorías de cambio climático, deterioro de la capa de ozono, formación de material particulado, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce y agotamiento de combustibles fósiles.

Transporte de olivas: Este hotspots resulta particular a Comercial Soho, debido a que la empresa debe trasladar sus olivas desde su campo cercano a Curicó hasta la almazara encontrada en el valle de Aculeo. El transporte concentra sus impactos en el deterioro de la capa de ozono, la formación de material particulado.

Disposición alperujo a relleno sanitario: Corresponde a los impactos generados al disponer el alperujo, en calidad de desecho, en un relleno sanitario. Debido a las emisiones asociadas a la descomposición de materia orgánica, esta práctica impacta en las categorías de cambio climático y eutrofización marina y de agua dulce.

Uso de electricidad en la producción: El uso de maquinaria conectada a la red eléctrica genera este hotspot. Los impactos de este hotspot son similares a los del uso de electricidad en riego, pero a menor escala.

Producción de botellas – Vidrio: En este hotspot se contabilizan los impactos de generar el vidrio de las botellas de aceite. En la Tabla 9 se puede apreciar que genera impactos transversalmente en la mayoría de las categorías. Debe notarse también que este hotspot corresponde sólo a la producción del vidrio, mientras la disposición final de este material no clasificó como hotspot.

Producción de tapas – Aluminio: La producción de tapas de aluminio genera el principal impacto ligado al agotamiento de recursos minerales y también en toxicidad humana no cancerígena.

Transporte de producto en distribución: Este hotspot contabiliza las emisiones asociadas al transporte el producto en la distribución desde la almazara hasta los supermercados. Sus principales impactos están ligados al deterioro de la capa de ozono y al agotamiento de combustibles fósiles.

Resulta notorio que ningún hotspot haya sido identificado en las etapas de uso y disposición final debido a los escasos impactos ambientales que generan estas etapas al ser comparadas con las otras. Una consecuencia directa de esto es que no se abordarán escenarios que modifiquen las etapas de uso y disposición final por sí solas. En cambio, sí se evalúan los efectos que ocurren en la etapa disposición final al evaluar los escenarios de cambio de envases.

Nótese que criterios utilizados para elegir los hotspots utilizan únicamente los puntajes de las categorías de impacto como unidad de medida y no una medida general del desempeño ambiental como los puntos normalizados. Pese a lo anterior, resulta interesante analizar el aporte de los hotspots a los impactos del sistema medidos en puntos normalizados. La Tabla 10 muestra los hotspots que generan los mayores impactos al medirlos con puntos normalizados.

Tabla 10 – Principales hotspots medidos en puntaje normalizado. Elaboración propia.

Hotspot	Puntaje Normalizado [Pt]	Porcentaje del impacto en el sistema
Producción de botellas - Vidrio	0,48	22%
Agroquímicos	0,41	18%
Uso de agua en el riego	0,35	16%
Uso de electricidad en riego	0,19	9%
Disposición alperujo a relleno sanitario	0,14	6%

En la Tabla 10 se han agrupado los fertilizantes, insecticidas y herbicidas en la categoría de agroquímicos, donde el hotspot que genera el mayor aporte son las emisiones que generan los fertilizantes. Nótese también que el proceso de riego acapara el 25% de los impactos en puntos normalizados si se adiciona el uso de agua y de electricidad.

Los escenarios establecidos en la sección 5.3 se relacionan con varios de los hotspots identificados, pues se espera que la aplicación de los escenarios disminuya los impactos en las categorías trascendentes de cada hotspot. La Tabla 11 describe la relación de los escenarios con los hotspot.

Tabla 11 - Escenarios y Hotspots relacionados. Elaboración Propia.

Escenario	Hotspots relacionados
Cambio de fertilizantes	1 Emisiones de fertilizantes en fertirriego 2 Producción de fertilizantes - Urea
Cambio de herbicidas	3 Uso de herbicidas - Emisiones de glifosato 5 Producción herbicidas - Glifosato
Cambio de insecticidas	4 Producción insecticidas - Imidacloprid
Compostaje del alperujo	9 Disposición alperujo a relleno sanitario
Incineración del carozo	9 Disposición alperujo a relleno sanitario
Cambio de envases	11 Producción de botellas - Vidrio 12 Producción de tapas – Aluminio 13 Transporte de producto en la distribución

Si bien la mayoría de las relaciones escenario-hotspot resultan evidentes, la relación entre el ‘cambio de envases’ y ‘transporte en distribución’ no es tan directa. Ésta obedece a que al cambiar el envase se puede disminuir el peso total del producto y así permitir una disminución de los impactos generados en el transporte.

Es necesario notar que hay hotspots que no poseen un escenario asociado, esto se debe a que no se identificó una oportunidad para su reducción, como sucede para los hotspots de ‘transporte de olivas’ y ‘uso de electricidad en la producción’. Para el caso de los hotspots sobre el riego, la empresa ya utiliza la mejor técnica disponible, el riego por goteo, con lo cual se asume que el proceso ya está en su punto óptimo.

5.5.3 Resultados de los Escenarios

Al evaluar los resultados de los escenarios se aprecia que éstos presentan reducciones de impacto ambiental concentradas en sólo algunas categorías de impacto, mientras que en otras categorías la reducción es irrelevante. Para facilitar el análisis, se reportarán para cada escenario sólo las ‘categorías trascendentes’, ésta grupo de categorías se construye en base a los hotspots asociados al escenario y las reducciones esperadas.

Tabla 12 - Escenarios y Categorías de Impacto Trascendentes. Elaboración Propia.

Escenario	Categorías trascendentes
Cambio Fertilizantes	Cambio climático, Eutrofización marina, Eutrofización agua dulce, Acidificación terrestre, Toxicidad humana (cáncer y no cáncer)
Cambio Herbicidas	Ecotoxicidad, Toxicidad humana (cáncer y no cáncer), Eutrofización agua dulce
Cambio Insecticidas	Ecotoxicidad, Toxicidad humana (cáncer y no cáncer), Agotamiento de combustibles fósiles.
Compostaje de Alperujo	Cambio climático, Acidificación terrestre, Eutrofización marina, Eutrofización agua dulce.
Incineración del Carozo	Cambio climático, Formación Material Particulado, Eutrofización marina, Eutrofización agua dulce, Agotamiento combustibles fósiles
Cambio de envases	Cambio climático, Deterioro de la capa de ozono, Formación de material particulado, Eutrofización marina, Eutrofización agua dulce, Toxicidad humana (cáncer), Agotamiento de minerales, Agotamiento de combustibles fósiles.

A continuación cada escenario evaluado será explicado mediante una tabla y un gráfico de barras para facilitar la comparación entre las distintas opciones y categorías de impacto.

En las tablas, las filas corresponden a las categorías de impacto trascendentes para el escenario, y además se incluye una fila con los porcentajes de cambio del puntaje normalizado. Por otro lado, la columna correspondiente a la línea base está coloreada en gris y representa el porcentaje de impacto que tiene el proceso original sobre el impacto del sistema total en la misma categoría. En las columnas a la derecha de la columna gris se presentan las reducciones (en tonos azules) y los aumentos (en tonos rojos) de los impactos generados al aplicar los distintos escenarios.

5.5.3.1 Cambio de Fertilizantes

Tabla 13 - Impacto original y reducciones asociadas a los escenarios de cambio de fertilizantes. Elaboración propia.

Categoría de Impacto	Unidad	Urea	Sulfato de amonio	CAN	Nitrato de amonio
Puntaje Normalizado	Pt	18%	-2%	5%	-2%
Cambio climático	kg CO2 eq	8%	0%	12%	4%
Acidificación Terrestre	kg SO2 eq	45%	-18%	-24%	-31%
Eutrofización agua dulce	kg P eq	16%	0%	0%	5%
Eutrofización marina	kg N eq	54%	-1%	7%	-1%
Toxicidad humana, cancer	CTUh	10%	-3%	3%	2%
Toxicidad humana, no cancer	CTUh	6%	-5%	1%	31%

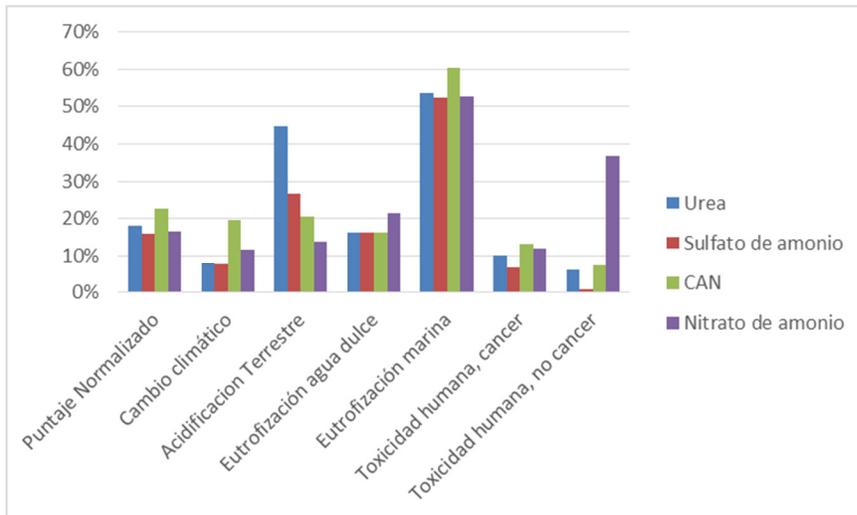


Figura 6 - Comparación de los escenarios de cambio de fertilizantes. Elaboración propia.

Al comparar la urea con el sulfato de amonio se aprecian reducciones leves en todas las categorías trascendentes de impacto, salvo en la acidificación terrestre donde se disminuye en un 18% el impacto del sistema estudiado.

Por otro lado, al considerar el nitrato de amonio de calcio se nota un leve aumento en la mayoría de las categorías trascendentes, pero una reducción importante, del 24%, en la acidificación terrestre.

Los resultados del CAN muestran la mayor reducción, de un 31%, en la categoría de acidificación terrestre, sin embargo se produce un trade-off con toxicidad humana no cancerígena donde se aumenta en un 31% los impactos del sistema.

Resulta notorio que se no se hayan producido reducciones en la categoría de cambio climático, siendo que la empresa está considerando remplazar el fertilizante para reducir su huella de carbono. El efecto general de los impactos medidos con el puntaje

normalizado es de reducciones leves para el sulfato de amonio y el nitrato de amonio y de un aumento del 5% para el nitrato de amonio de calcio.

5.5.3.2 Cambio de Herbicidas

Tabla 14 - Impacto original y reducciones en los escenarios de cambio de herbicidas. Elaboración propia.

	Unidad	Glifosato	Pendimetalina	Simazina	Cletodima
Puntaje Normalizado	Pt	1%	10%	135%	-1%
Eutrofización agua dulce	kg P eq	8%	-8%	-7%	-8%
Toxicidad humana, cáncer	CTUh	17%	-15%	-17%	-16%
Toxicidad humana, no cáncer	CTUh	1%	110%	10390%	1%
Ecotoxicidad	CTUe	18%	688%	6642%	-17%

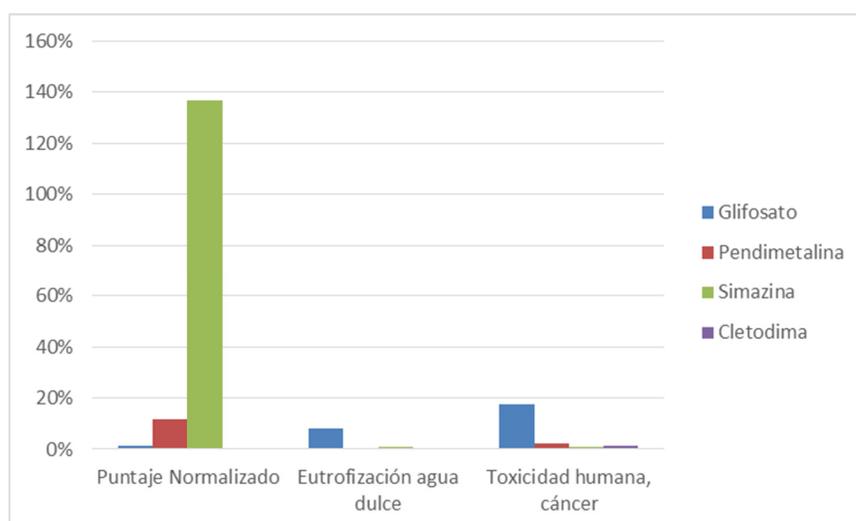


Figura 7 - Comparación de los escenarios de cambio de herbicidas. Para una mejor visualización se han suprimido de la figura las categorías Toxicidad humana, no cáncer y Ecotoxicidad. Elaboración propia.

Al comparar el glifosato con sus alternativas resulta notorio el gran aumento de la toxicidad humana no cancerígena y la ecotoxicidad para la pendimetalina y simazina. Esto se explica parcialmente al considerar que en la línea base ambas categorías obtienen indicadores pequeños, con lo cual todo incremento puede resultar comparativamente mayúsculo. En líneas generales, tanto la pendimetalina como la simazina aumentan el impacto ambiental medido con el puntaje normalizado.

El uso de cletodima genera reducciones en toxicidad humana (cáncer) y en ecotoxicidad, pero su impacto general medido en puntaje normalizado presenta prácticamente los mismos resultados que el glifosato.

5.5.3.3 Cambio de Insecticidas

Tabla 15 - Impacto original y reducciones en los escenarios de cambio de insecticidas. Elaboración propia.

Categoría de impacto	Unidad	Imidacloprid	Tiametoxam	Aceite Parafínico
Puntaje Normalizado	Pt	2%	-1%	0%
Toxicidad humana, cáncer	CTUh	7%	-3%	-5%
Toxicidad humana, no-cáncer	CTUh	5%	0%	-5%
Ecotoxicidad	CTUe	53%	-49%	-53%
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq	1%	0%	5%

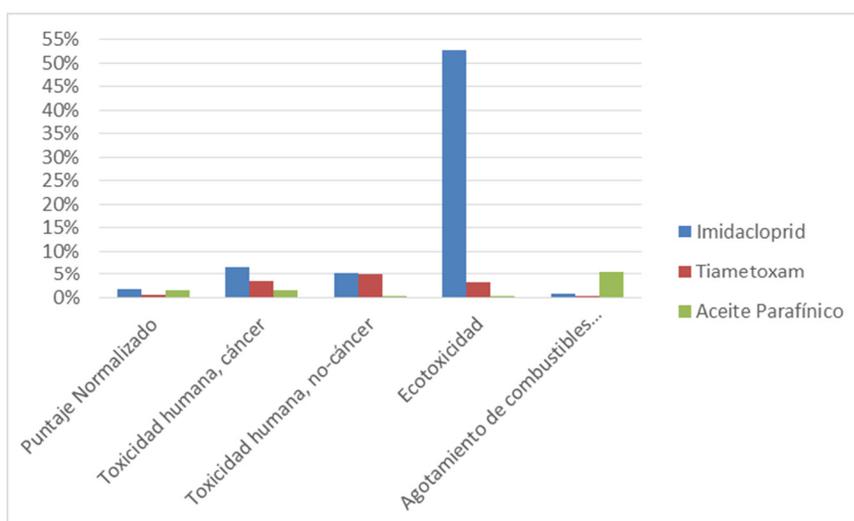


Figura 8 - Comparación de los escenarios de cambio de insecticidas. Elaboración propia.

Las alternativas del imidacloprid generan resultados similares. Tanto el tiametoxam como el aceite parafínico reducen en torno al 50% el impacto original de ecotoxicidad en el sistema y presentan variaciones leves en las dos categorías de toxicidad humana. El aceite parafínico presenta un trade-off al aumentar en un 5% el agotamiento de combustibles fósiles del sistema.

En términos generales el tiametoxam produce una leve reducción del impacto total medido en puntaje normalizado, pero resulta suficiente para neutralizar el impacto generado por imidacloprid.

5.5.3.4 Compostaje de Alperujo

Tabla 16- Impacto original y reducciones en el escenario de compostaje de alperujo. Elaboración propia.

Categoría de impacto	Unidad	Relleno sanitario	Compostaje
Puntaje Normalizado	Pt	6%	-1%
Cambio climático	kg CO2 eq	22%	-19%
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	1%	31%
Eutrofización agua dulce	kg P eq	10%	-6%
Eutrofización marina	kg N eq	16%	-13%

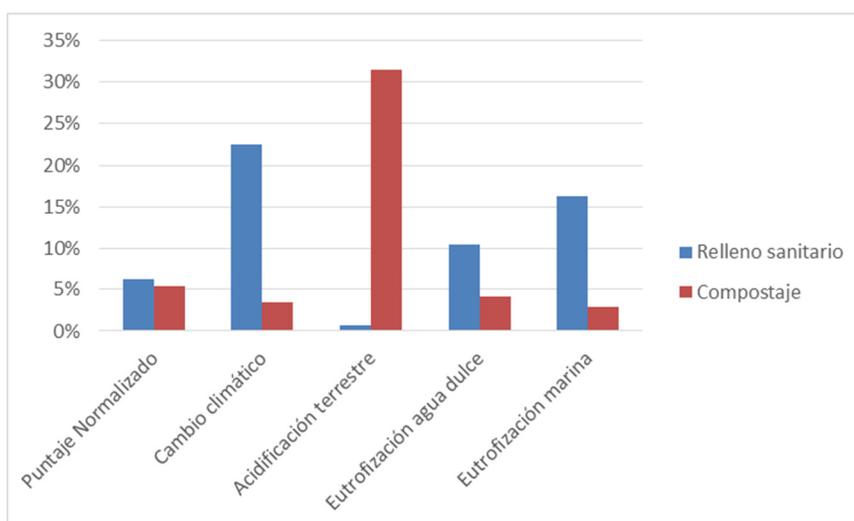


Figura 9 - Comparación del escenario de compostaje de alperujo. Elaboración propia.

Al comparar la el escenario base de disposición del alperujo con la compostaje de alperujo se producen reducciones importantes en las categorías de cambio climático (-19%) y eutrofización marina (-13%), pero a su vez genera un aumento en la acidificación terrestre de un 31%.

Al medir los impactos con indicadores normalizados se constata que al realizar compostaje de alperujo se genera una reducción de un 1% con respecto al puntaje total del sistema, por lo tanto, es levemente favorable.

5.5.3.5 Incineración del Carozo

Tabla 17- Impacto original y reducciones en el escenario de incineración del carozo. Elaboración propia.

Categoría de impacto	Unidad	Original	Incineración del Carozo
Puntaje Normalizado	Unidad	11%	-4%
Cambio climático	kg CO2 eq	31%	-11%
Formación material particulado	kg PM10 eq	5%	-2%
Eutrofización agua dulce	kg P eq	17%	-3%
Eutrofización marina	kg N eq	18%	-6%
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq	12%	-5%

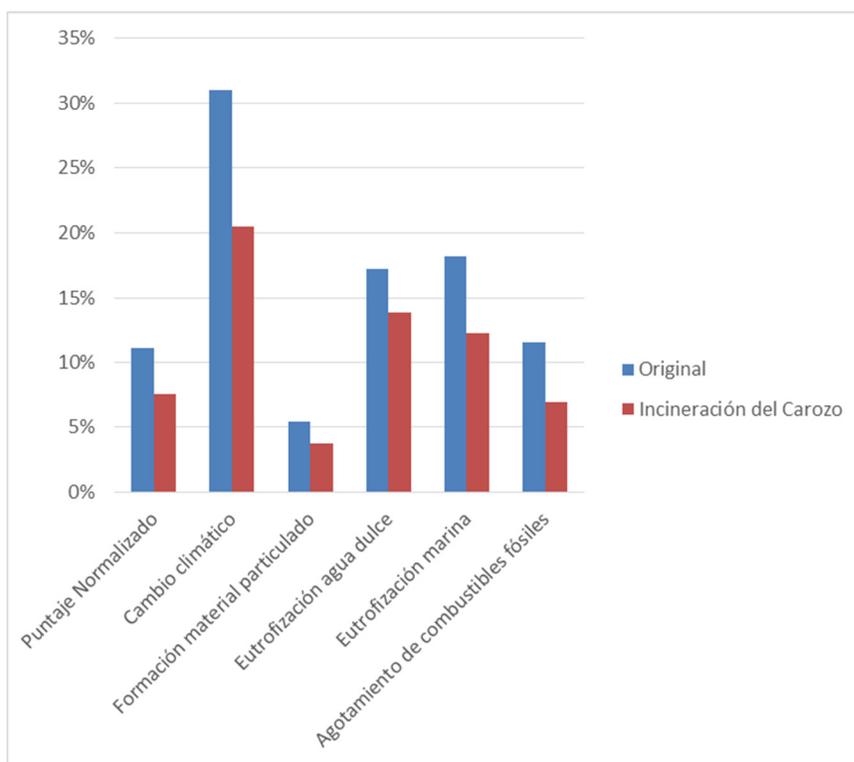


Figura 10 Comparación del escenario de incineración del carozo. Elaboración propia.

La incineración del carozo de la oliva en una caldera de biomasa presenta reducciones en todas las categorías trascendentes. Al evaluar los impactos según el puntaje normalizado se registra una disminución de un 4%, aumentando levemente el desempeño en sustentabilidad del sistema.

Los resultados son sumamente positivos si se considera que se logra reemplazar la totalidad del consumo de gas licuado de la caldera por la utilización del carozo en una caldera de biomasa y además sobran cerca de 159 toneladas de carozo, consultar el

Anexo 11 para los cálculos de esta cifra. La eliminación del gas licuado explica parte de la reducción en las categorías de cambio climático y agotamiento de combustibles fósiles.

5.5.3.6 Cambio de Envase

Tabla 18 - Impacto original y reducciones en los escenarios de cambio de envases. Elaboración Propia.

Categoría de impacto	Unidad	Vidrio Original	Reduccion 500cc	Reduccion todos los formatos	Hojalata	PET
Puntaje Normalizado	Pt	33%	-1%	-2%	95%	-24%
Cambio climático	kg CO2 eq	39%	-2%	-3%	2%	-29%
Deterioro capa de ozono	kg CFC-11 eq	57%	-3%	-4%	-28%	-48%
Formación material particulado	kg PM10 eq	48%	-2%	-4%	27%	-41%
Eutrofización agua dulce	kg P eq	33%	-1%	-2%	71%	-26%
Eutrofización marina	kg N eq	18%	-1%	-1%	-5%	-13%
Toxicidad humana, cáncer	CTUh	50%	-1%	-2%	-8%	-22%
Agotamiento de minerales	kg Fe eq	97%	-1%	-1%	23123%	-85%
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq	53%	-2%	-4%	-1%	-39%

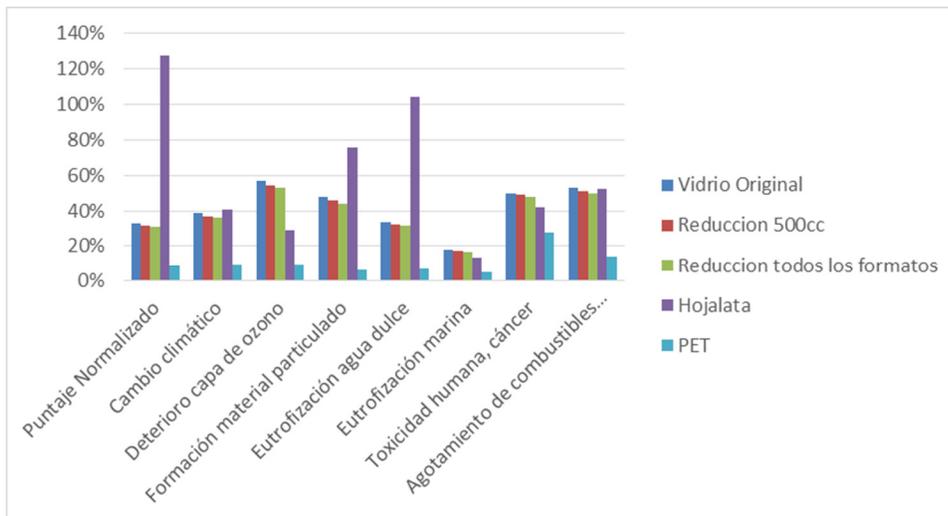


Figura 11 - Comparación de los escenarios de cambio de envases. Elaboración propia.

Al evaluar los resultados de los escenarios que presentan una reducción del peso de las botellas de vidrio se producen leves reducciones en todas las categorías trascendentes. Estas reducciones resultan proporcionales al cambio de masa que tiene cada mix de envases con respecto a las botellas de vidrio sin cambios.

El remplazo de las botellas de vidrio por envases de hojalata genera reducciones significativas sólo en la categoría de deterioro de la capa de ozono, pero produce grandes incrementos en la categoría de agotamiento de minerales. Al evaluar los impactos

ambientales en puntaje normalizado se obtiene que los envases de lata aumentan en un 95% el puntaje de la línea base, con lo que el efecto general es perjudicial.

Al evaluar los resultados del cambio de envases por envases de PET se obtienen reducciones de los impactos en todas las categorías trascendentes, en particular se reducen los impactos del sistema en un 85% para el agotamiento de minerales debido al cambio de tapa de aluminio por una de PE, también se disminuye el agotamiento de la capa de ozono (-48%), la formación de material particulado (-41%) y el agotamiento de combustibles fósiles (-39%).

Los resultados favorables de utilizar envases de PET resultan contra intuitivos con la apreciación popular que establece que el vidrio, al ser reciclable, genera menos impactos que los plásticos. Sin embargo este juicio sólo considera la etapa de disposición final y no las etapas de producción de cada material, producir una botella de vidrio de un litro es un proceso más intensivo ambientalmente que producir una botella de PET del mismo volumen.

5.5.3.7 Resultados Agregados

Se pueden identificar en cada escenario las opciones que presentan mejor desempeño ambiental en consideración a al puntaje normalizado. Las mejores opciones se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 19 - Mejores opciones de los escenarios evaluados. Elaboración propia.

Escenario	Mejor Opción
Cambio de fertilizantes	Uso de sulfato de amonio
Cambio de herbicidas	Uso de cletodima
Cambio de insecticidas	Uso de tiametoxam
Incineración del carozo	Uso de caldera de biomasa con carozo de la aceituna
Compostaje de alperujo	Producción de compost de alperujo
Cambio de envases	Uso de botellas de PET

Al modelar estas opciones sobre la línea base se producen disminuciones en las distintas categorías de impacto. La Tabla 20 compara los impactos de la línea base con los efectos agregados que tiene el implementar todas las mejores opciones.

Tabla 20 - Efecto de las mejores opciones de los escenarios sobre la línea base. Cifras en base a un litro de aceite de oliva. Elaboración propia

Categoría de impacto	Unidad	Línea Base	Línea de mejores opciones	Diferencia porcentual
Puntaje Normalizado	Pt	2,25E+00	1,56E+00	-31%
Cambio climático	kg CO2 eq	4,68E+00	2,24E+00	-52%
Deterioro capa de ozono	kg CFC-11 eq	3,49E-07	1,79E-07	-49%
Formación material particulado	kg PM10 eq	7,88E-03	5,04E-03	-36%
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	3,07E-02	2,39E-02	-22%
Eutrofización agua dulce	kg P eq	9,61E-05	5,43E-05	-44%
Eutrofización marina	kg N eq	1,62E-02	1,15E-02	-29%
Toxicidad humana, cáncer	CTUh	8,92E-11	4,85E-11	-46%
Toxicidad humana, no-cáncer	CTUh	9,64E-11	1,64E-11	-83%
Ecotoxicidad	CTUe	4,16E-01	1,26E-01	-70%
Agotamiento de fuentes de agua	m3	2,16E+00	2,15E+00	0%
Agotamiento de minerales	kg Fe eq	1,20E-02	1,80E-03	-85%
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq	1,21E+00	7,02E-01	-42%

Son notorias las disminuciones porcentuales generadas en la mayoría de las categorías de impacto, sin embargo se recuerda que hay categorías que ya tenían un impacto pequeño en la línea base las cuales se reducen aún más al aplicar las alternativas, como es el caso de la toxicidad humana.

La Figura 12 muestra las disminuciones porcentuales de los impactos al ir aplicando secuencialmente las mejores opciones sobre la línea base. En la figura se reporta el efecto agregado del cambio de fertilizantes, herbicidas e insecticidas como 'cambio de agroquímicos'. Se puede apreciar en el Anexo 7 el efecto desagregado que tiene cada una de las mejores opciones sobre la línea base.

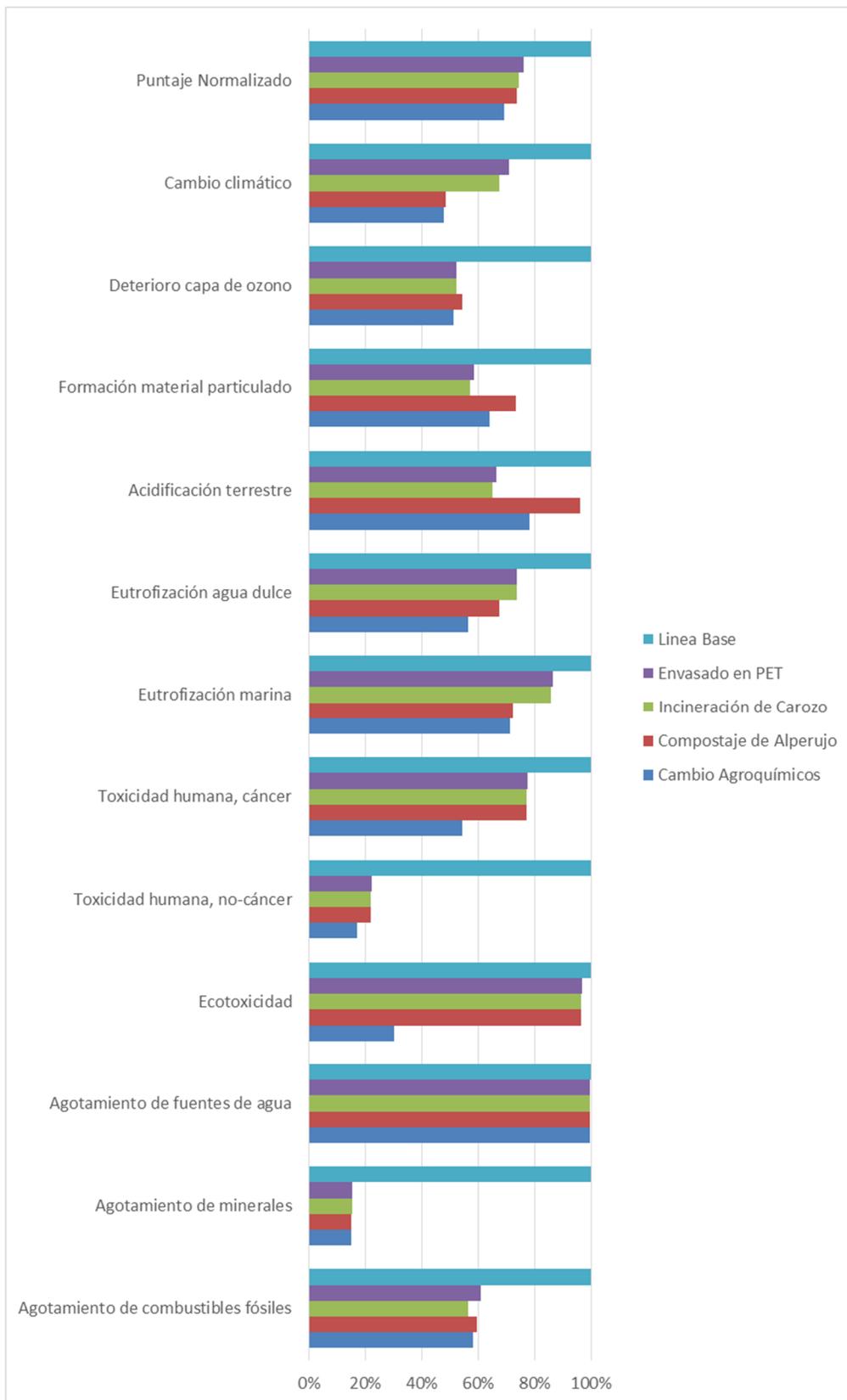


Figura 12- Comparación del efecto cumulativo de las mejores opciones sobre la línea base. Elaboración propia.

6 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se analizarán económicamente los escenarios evaluados en el capítulo anterior. En la sección 6.1 se realiza un análisis de costos de los escenarios en donde se cambia un insumo por otro y se presentan los costos de abatimiento como una medida de costo eficiencia de cada alternativa. Finalmente se categorizan las alternativas de mejora utilizando un ranking de sus costos de abatimiento.

En las secciones 6.2 y 6.3 se analizan los escenarios de manejo de residuos, el compostaje del alperujo y la incineración del carozo, y se indaga en los costos y beneficios que la literatura ha reportado en este tipo de proyectos. Se discute aquí también las posibilidades de implementar estos escenarios en la realidad chilena y en el caso de Comercial Soho.

6.1 ANÁLISIS DE COSTOS

En esta sección se realiza un análisis de las reducciones de impacto generadas al implementar los escenarios y del costo asociado que tiene el implementar dichas reducciones. Para estos efectos, se calcula el costo marginal de abatimiento (CA), explicado en la metodología de la siguiente forma:

$$CA_i = \frac{C_i - C_b}{I_b - I_i}$$

Donde CA_i es el costo marginal de abatimiento de la medida i , C_i es el costo de la medida i , C_b es el costo asociado al escenario base, I_b es impacto asociado a escenario base e I_i es el impacto generado luego de la medida de mitigación i .

Mientras menor sea el valor del CA más atractivo será el escenario asociado, pues indica una mayor reducción de impactos o una diferencia de costos pequeña. Debido a la formulación del CA, este puede mostrar cifras negativas cuando los costos de la mitigación son menores a los de la base, un caso favorable, o bien cuando los impactos de la medida son aún mayores que los de la base, un caso perjudicial. Se detallará claramente la diferencia de estos casos.

En el desarrollo de este análisis se han expresado los costos únicamente considerando los precios de los insumos que se cambian. Estos precios se encuentran detallados en el Anexo 8 recopilados de diversas fuentes. En las tablas siguientes se expresan los costos calculados tomando por referencia un litro de aceite, misma unidad funcional del ACV. Para determinar las cantidades apropiadas de los insecticidas y herbicidas se utilizaron las dosis recomendadas en la ficha técnica de cada uno asumiendo que es necesaria una sola aplicación. Para determinar las cantidades de fertilizantes se asume que la eficiencia de la aplicación es la misma que la de la urea de la línea base.

Tabla 21 - Precio de fertilizantes por litro de aceite de oliva. Elaboración propia en base a fuentes citadas.

Nombre comercial	Compuesto Nitrogenado	\$CLP/l	Fuente Cotización
CAN 27	Nitrato de Amonio	33	Coagra
Entec 26	Nitrato de Amonio	40	Compo
Entec 21	Sulfato de Amonio	65	Compo
Urea	Urea	21	Coagra

Tabla 22 - Precio de herbicidas por litro de aceite de oliva. Elaboración propia en base a fuentes citadas.

Nombre comercial	Ingrediente activo	\$CLP/l	Fuente Cotización
Spectro 33 EC	Pendimetalina	21	Agrocentro
Gesatop 90 WG	Simazina	13	Agrocentro
Aquiles 24 EC	Cletodima	13	Agrocentro
Glifospec 48 SL	Glifosato	4	Agrocentro

Tabla 23 - Precio de insecticidas por litro de aceite de oliva. Elaboración propia en base a fuentes citadas.

Nombre comercial	Ingrediente activo	\$CLP/l	Fuente Cotización
Actara 25 WG	Tiametoxam	212	Agrocentro
Argenfrut supreme	Aceite Parafínico	23	Agrocentro
Absoluto 70% WP	Imidacloprid	65	Agrocentro

Tabla 24 - Precio de envases por litro de aceite de oliva. Elaboración propia en base a fuentes citadas.

Nombre comercial	Material	\$CLP/l	Fuente Cotización
500 ml Aceitero Cuadrado	Vidrio	660	Cristalerías Toro
500 ml Aceitero Cuadrado Eco	Vidrio	660	Soho
Botella PET 500 cc.	PET	186	Plasval

Es necesario mencionar que no se encontró un proveedor de envases de hojalata en Chile, por lo tanto se descartó este escenario al no poderlo asociar con un costo apropiado. Esto no tiene mayor consecuencia si se recuerda que los envases de hojalata mostraban, en líneas generales, un desempeño ambiental perjudicial como se mostró en la sección 5.5.3.6.

Con respecto al precio de la botella eco, según lo reportado por Comercial Soho, no hay ningún cambio considerable con respecto al formato sin reducción de peso. Se asume por lo tanto el mismo precio para las dos botellas.

Por otro lado, no se pudo elaborar un costo para el escenario de reducción de peso de todos los formatos de botellas de vidrio, al no poderse asignar a un solo formato. Sin embargo los resultados de dicho escenario resultan homologables a los del escenario donde se reduce el peso del formato de 500 ml.

6.1.1 Limitaciones del Análisis de Costos

Nótese que la elección metodológica de representar los costos únicamente a través del cambio de precios de los insumos genera varias limitaciones para un análisis completo de los costos:

En primer lugar, los precios listados pueden variar según varios factores como el tipo de cambio, condiciones de la importación, el costo de la energía, volumen del pedido y el poder de negociación. Debido a esto, los precios no deben ser como un valor inalterable en el tiempo.

En segundo lugar, el análisis se omiten costos de adaptación que puede haber al cambiar un insumo por otro, por ejemplo, el costo de adaptar las maquinaria embotelladora al uso de botellas de PET.

Por ultimo tampoco se consideran costos de mano de obra, transporte o financieros que pueden ser importantes en un análisis de costos cabal. De esta forma, los resultados presentados en esta investigación deben ser entendidos sólo como una aproximación exploratoria a un análisis de costos completo.

6.1.2 Análisis de las Curvas de Abatimiento

Se calculan los costos de abatimiento para cada escenario considerando sus categorías trascendentes de impacto y en el impacto general medido en puntos normalizados. En el Anexo 9 se presentan las tablas con las mitigaciones generadas por las alternativas y sus costos de abatimiento asociados.

Para facilitar la interpretación de los costos de abatimiento se reportan a continuación los gráficos de las curvas de abatimiento generados para los impactos en las categorías de cambio climático, acidificación terrestre, eutrofización marina, ecotoxicidad y agotamiento de combustibles fósiles. Se seleccionaron estas categorías por presentar las mayores reducciones de impactos ambientales. Finalmente se presenta una curva de abatimiento construida con puntos normalizados y se realiza un ranking de las alternativas según sus costos de abatimiento de este indicador.

En la elaboración de los gráficos se han ignorado las alternativas en donde hay aumentos de los impactos ambientales, debido a que la representación gráfica en curvas de abatimiento sólo tiene sentido para las reducciones.

Por otro lado, también se han ignorado aquellas alternativas que presentan una reducción muy pequeña, o marginal, y en consecuencia son acompañadas de costos marginales de abatimiento extremadamente altos. De esta forma las alternativas con reducciones marginales desvirtúan el gráfico y ofrecen poca información. La Tabla 25 muestra las alternativas que presentaron dichas características.

Tabla 25 – Clasificación de las alternativas de mejora según la magnitud de su reducción en cada categoría de impacto. RI: reducción de impacto, RM: reducción marginal, AI: aumento de impacto. Elaboración Propia

Escenario	Alternativas	Puntaje Normalizado	Cambio climático	Deterioro capa de ozono	Formación material particulado	Acidificación terrestre	Eutrofización agua dulce	Eutrofización marina	Toxicidad humana, cáncer	Toxicidad humana, no-cáncer	Ecotoxicidad	Agotamiento de fuentes de agua	Agotamiento de minerales	Agotamiento de combustibles fósiles
Fertilizantes	Sulfato de Amonio	RI	RI	RM	RI	RI	RM	RI	RM	RM	RM	RI	RI	RI
	CAN	AI	AI	AI	RI	RI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	RM	AI
	Nitrato de amonio	RI	AI	RM	RI	RI	AI	RI	AI	AI	AI	AI	AI	RM
Herbicidas	Pendimetalina	AI	RM	RM	RM	RM	RM	AI	RM	AI	AI	RI	RM	RM
	Simazina	AI	AI	AI	AI	AI	RM	AI	RM	AI	AI	AI	RM	AI
	Cletodima	RI	RI	AI	RM	RM	RM	RM	RM	AI	RI	RI	AI	RI
Insecticidas	Tiametoxam	RI	RI	RM	RM	RM	RM	RM	RM	RM	RI	RI	AI	RM
	Aceite Parafínico	RI	AI	RM	AI	AI	RM	AI	RM	RM	RI	AI	RM	AI
Envases	Vidrio Eco	RI	RI	RM	RI	RI	RM	RI	RM	RM	RM	RI	RI	RI
	PET	RI	RI	RM	RI	RI	RI	RI	RM	RM	RI	RI	RI	RI

6.1.2.1 Curva de Abatimiento de Cambio Climático

El desempeño de las alternativas con respecto a la categoría de cambio climático muestra claramente que envasar el aceite de oliva en botellas de PET es la única alternativa que genera una importante mitigación de la huella de carbono y a la vez produce ahorros en los costos.

La alternativa de usar botellas de vidrio eco muestra una reducción leve en la categoría de cambio climático, sin embargo, ésta resulta atractiva debido a que su costo de cambio es nulo.

El resto de las alternativas presenta mitigaciones que son muy pequeñas al compararlas con las anteriores y además incrementan los costos para producir aceite de oliva.

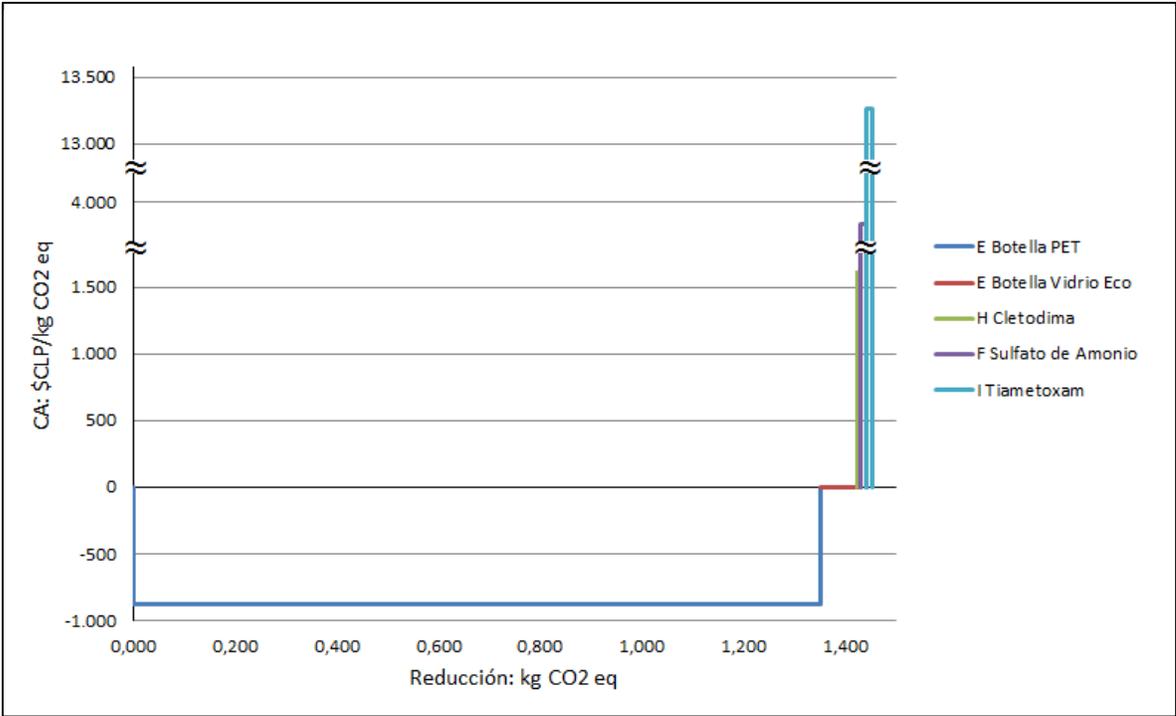


Figura 13 – Curva de abatimiento de cambio climático. Elaboración propia.

6.1.2.2 Curva de Abatimiento de Acidificación Terrestre

Al considerar la categoría de acidificación terrestre nuevamente la alternativa de envasar el aceite de oliva en botellas de PET presenta reducciones importantes acompañadas de un ahorro en los costos. Por otro lado, en esta categoría de impacto el uso de botellas de vidrio eco presenta sólo una reducción muy pequeña.

Se producen mitigaciones de la acidificación terrestre en todas las alternativas de cambio de fertilizantes, entre las cuales el nitrato de amonio es el que presenta el menor costo de abatimiento.

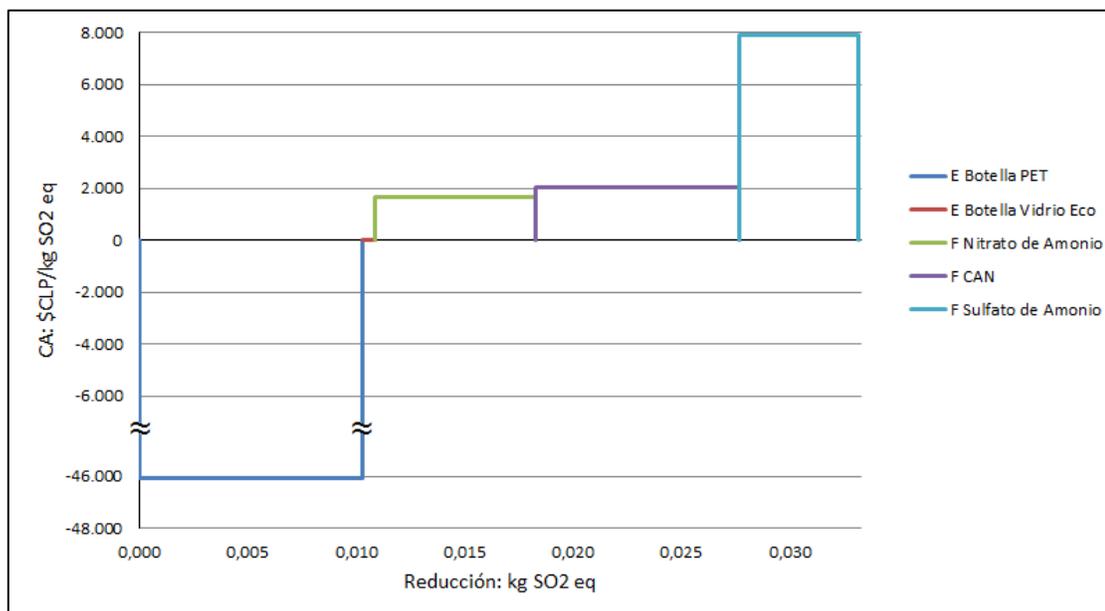


Figura 14 – Curva de abatimiento de acidificación terrestre. Elaboración propia.

6.1.2.3 Curva de Abatimiento de Eutrofización Marina

La única alternativa que genera la disminución de la eutrofización marina y presenta ahorros en los costos es el uso de botellas de PET, que por sí sola reduce el 13% de los impactos del sistema en esta categoría. Luego, el uso de botellas de vidrio eco presenta una reducción leve con costo de abatimiento cero.

Las alternativas de cambio de fertilizantes también generan reducciones, pero leves y a costos mayores, siendo el menor costo el del nitrato de amonio.

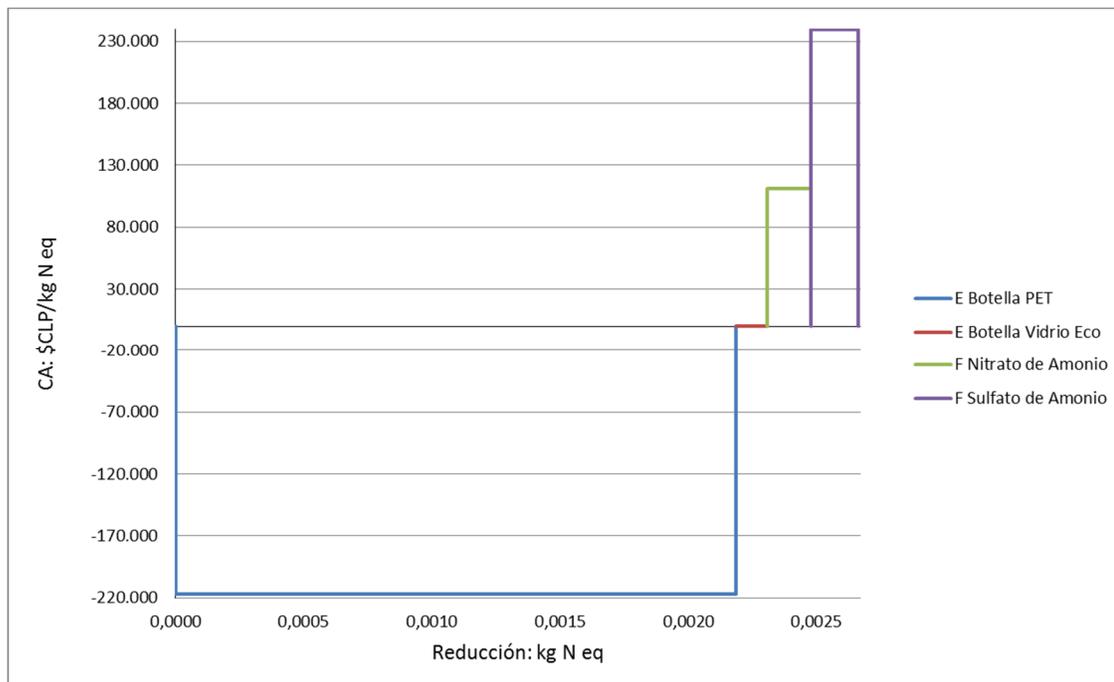


Figura 15 – Curva de abatimiento de eutrofización marina. Elaboración propia.

6.1.2.4 Curva de Abatimiento de Ecotoxicidad

Al analizar la curva de abatimiento de la categoría de ecotoxicidad es notorio que el uso de botellas de PET en el envasado genera sólo una reducción leve con un ahorro de costos asociado. Por otro lado, las otras alternativas generan una mayor mitigación de la ecotoxicidad, en particular el aceite parafínico lo hace presentando ahorros en los costos.

Las otras alternativas también presentan mitigaciones de la ecotoxicidad, pero incurren en costos mayores que los actuales, sin embargo el aumento es leve.

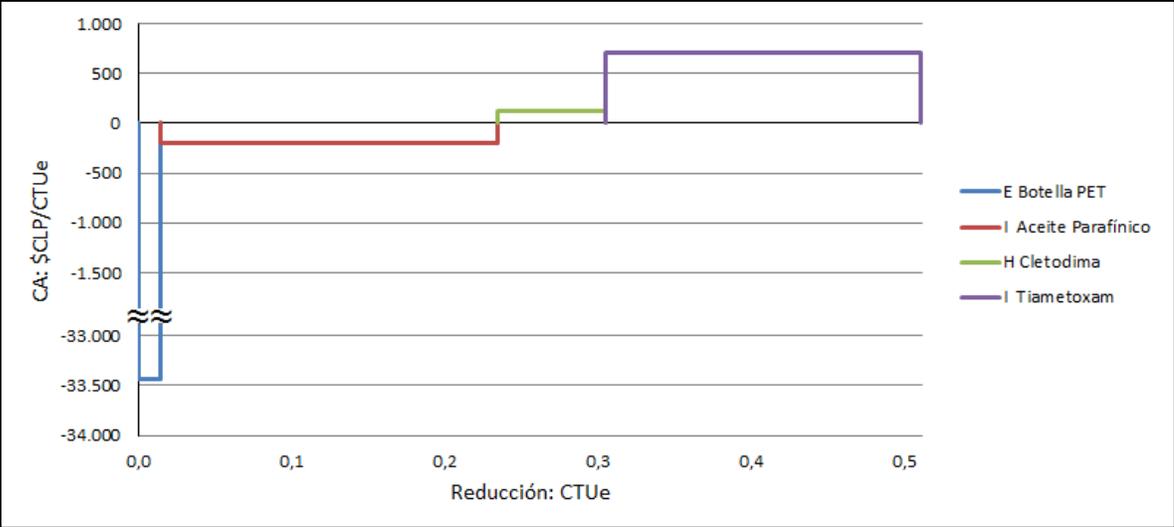


Figura 16 – Curva de abatimiento de ecotoxicidad. Elaboración propia.

6.1.2.5 Curva de Abatimiento de Agotamiento de Combustibles Fósiles

En el análisis de la curva de abatimiento de la categoría de agotamiento de combustibles fósiles se evidencia que el uso de botellas de PET en el envasado genera las mayores mitigaciones y presenta ahorros en los costos. El uso de botellas de vidrio eco genera reducciones leves de la huella de petróleo y a un costo de abatimiento nulo.

En esta categoría de impacto el fertilizante sulfato de amonio presenta reducciones leves, pero incurre en costos, mientras el herbicida cletodima presenta reducciones muy pequeñas y también incurre en un mayor costo.

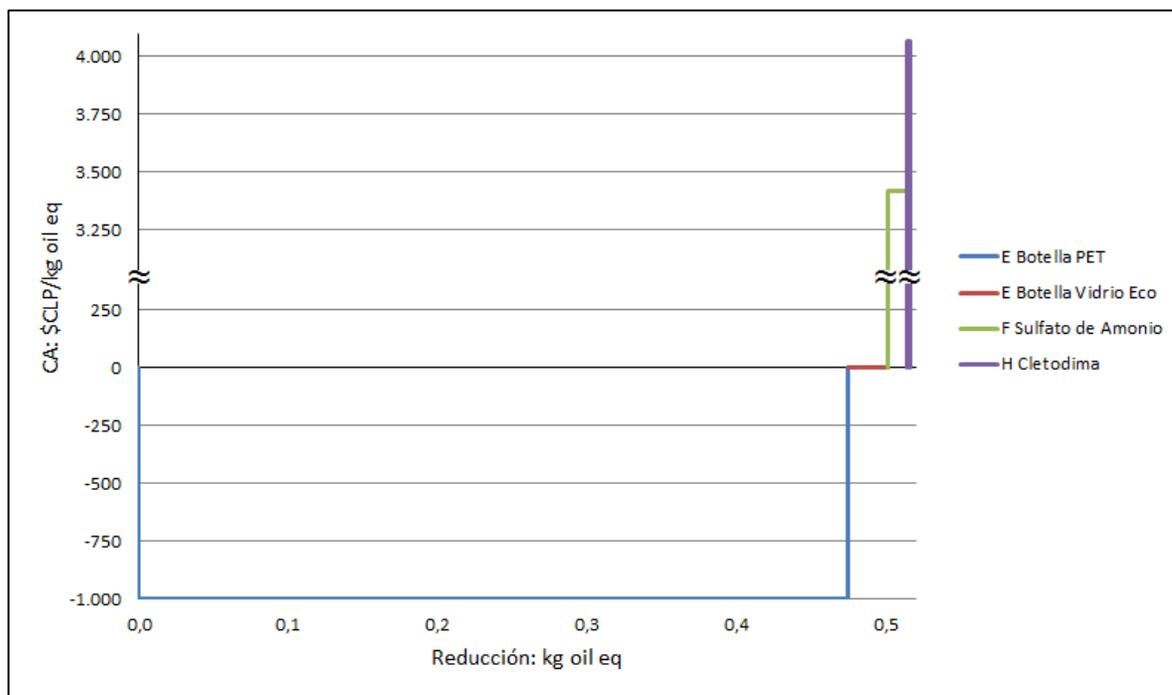


Figura 17– Curva de abatimiento de agotamiento de combustibles. Elaboración propia.

6.1.2.6 Curva de Abatimiento de Puntaje Normalizado

Resulta notorio de las distintas curvas de abatimiento que los valores de los costos de abatimiento presentan variaciones importantes según la categoría de impacto ambiental que se evalúe. Por ejemplo, las reducciones de los insecticidas en la categoría de ecotoxicidad generan menores costos de abatimiento que al ser evaluados en cambio climático. Debido a esto resulta útil expresar los costos de abatimiento en una medida que resuma varias categorías de impacto ambiental como los puntos normalizados.

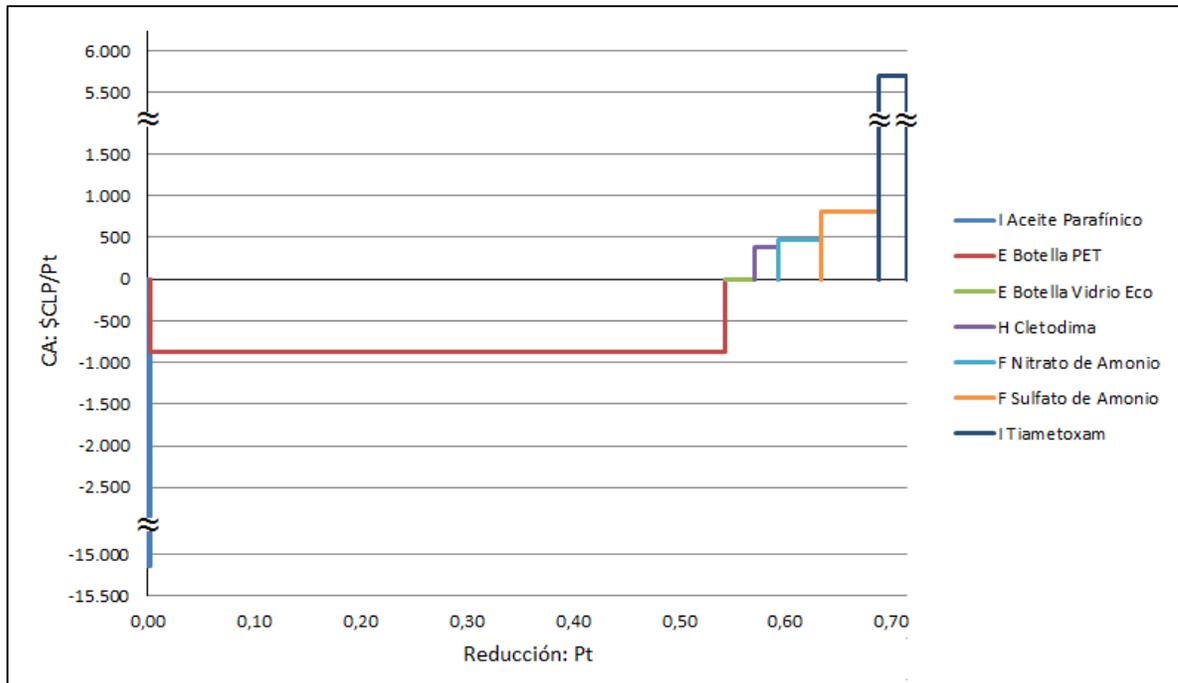


Figura 18 – Curva de abatimiento de puntaje normalizado. Elaboración propia.

Se evidencia que el aceite parafínico genera ahorros, pero reduce sólo levemente los impactos generales medidos en puntaje normalizado. En cambio el uso de botellas de PET también genera ahorros y produce una reducción mucho mayor, de cerca de 0,55 Pt equivalente a un 24% de los impactos del sistema.

La botella de vidrio eco genera una pequeña mitigación y presenta un costo de cambio nulo. El resto de las alternativas incurren en costos al realizar disminuciones de puntos normalizados, entre éstas, el uso de fertilizante de sulfato de amonio presenta la mayor reducción. Por último, es notorio que el insecticida tiametoxam presenta el mayor de los costos marginales de abatimiento.

6.1.3 Ranking de las Alternativas de Mejora de Cambio de Insumos.

Utilizando los costos de abatimiento de puntos normalizados se pueden categorizar las alternativas de mejora para ilustrar cuáles tienen, en líneas generales, un mejor desempeño ambiental. La Tabla 26 muestra un ranking de las alternativas de cambio de insumos considerando un orden según los costos de abatimiento que generan al ser comparados con las alternativas de la línea base.

Tabla 26 – Ranking de las alternativas de mejora. Elaboración propia.

Ranking	Escenario	Alternativa	Reducción [Pt]	Cambio porcentual del impacto	Diferencia de costo [\$CLP/l]	Costo Marginal de Abatimiento [\$CLP/Pt]
1	Envases	PET	0,54	-24%	-474	-878
2	Insecticida	Aceite Parafínico	0,003	0,1%	-42	-15132
3	Envases	Vidrio Eco	0,03	-1%	0	0
4	Herbicida	Cletodima	0,02	-1%	9	381
5	Fertilizante	Nitrato de Amonio	0,04	-2%	19	476
6	Fertilizante	Sulfato de Amonio	0,05	-2%	44	804
7	Insecticida	Tiametoxam	0,03	-1%	147	5694
N.A.	Fertilizante	CAN	-0,10	5%	12	N.A.
N.A.	Herbicida	Pendimetalina	-0,23	10%	16	N.A.
N.A.	Herbicida	Simazina	-3,05	135%	9	N.A.

En el primer lugar del ranking se ubica la alternativa de utilizar botellas de PET para el envasado del aceite, ésta genera la mayor una reducción del 24% de los puntos normalizados del sistema y además genera el mayor ahorro de costos, permitiendo ahorrar 474 pesos por litro de aceite al compararlo con el envase de vidrio.

En el segundo lugar del ranking se ubica el uso de insecticida a base de aceite parafínico. Si bien esta alternativa muestra el menor de todos los costos marginales de abatimiento medidos se lo sitúa en el segundo lugar debido a que su reducción de impactos es muy escasa, sólo 0,003 puntos normalizados. La mayor ventaja del aceite parafínico radica en su bajo costo, permitiendo ahorrar 42 pesos por litro de aceite de oliva.

La opción de utilizar envases de vidrio con peso reducido se ubica en el tercer lugar del ranking. Ésta tiene el mismo costo que los envases de la línea base, por lo tanto su costo de abatimiento es cero. Además registra leves reducciones de impacto medidos en puntos normalizados.

Luego en el ranking se ubican varias alternativas de agroquímicos que generan reducciones leves de los impactos ambientales, pero también generan mayores costos al ser implementadas.

Finalmente, en el ranking se ubican las alternativas en las que registraron un aumento del impacto ambiental medido en puntos normalizados. Estas alternativas fueron dejadas

fuera del ranking debido a que perjudican el desempeño ambiental del producto y además no se permite su interpretación mediante costos de abatimiento.

En la Tabla 26 también es notorio que los ahorros generados por unas alternativas pueden servir para cubrir el aumento de costos en otras. En efecto la Figura 19 muestra que sólo haciendo uso de los ahorros generados por el cambio de envase a PET se pueden financiar los costos de las otras alternativas de mejora

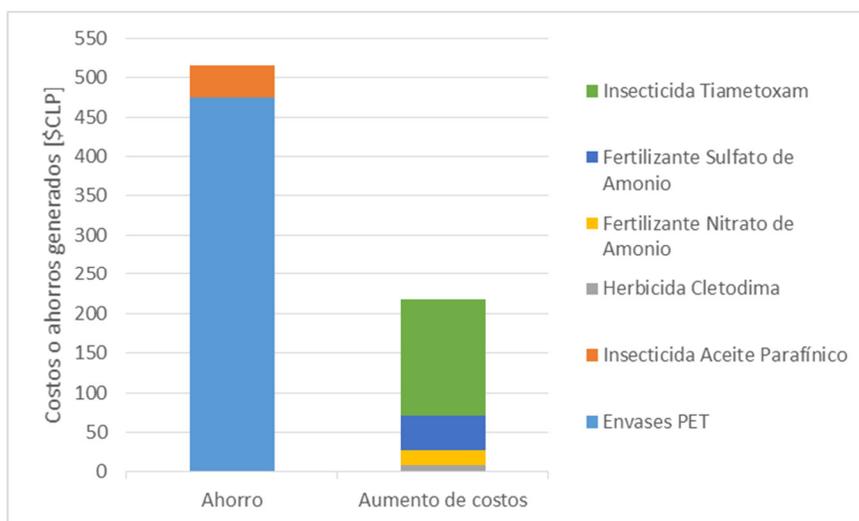


Figura 19 – Comparación de los ahorros y aumento de costos por litro de aceite de oliva. Elaboración propia.

Debe recordarse que hay dos alternativas de mejora que no están incluidas en el ranking, pues no se han evaluado utilizando costos de abatimiento. Estas alternativas son el compostaje del alperujo y la incineración del carozo, ambas se analizan en las secciones siguientes.

6.2 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS DEL COMPOSTAJE DE ALPERUJO

En sus operaciones para extraer aceite de oliva, Comercial Soho genera cerca de 1.200 toneladas de alperujo como desecho. El alperujo es un desecho problemático de manejar, pues su carácter estacional, su alta humedad y su excesiva fluidez, complican su almacenamiento y transporte [33]. Por otro lado, la disposición de alperujo en un relleno sanitario genera impactos ambientales importantes, su descomposición genera gases de efecto invernadero y también la eutrofización de las aguas, ver sección 5.5.2 . Además, si se lo dispone en el cultivo, su elevada relación carbono/nitrógeno puede producir la inmovilización del nitrógeno mineral y el contenido graso puede impermeabilizar el suelo [33].

No obstante, pese a su complicado manejo y a los impactos ambientales asociados a su disposición, el alperujo, tratado de la forma adecuada, puede ser transformado en compost, una alternativa interesante de valorización como fertilizante natural y remediador de suelos.

Las técnicas de compostaje están normadas en Chile, ver Anexo 12. Si bien existe una gran variedad de técnicas de compostaje, el procedimiento general puede ser aplicado en pequeñas y grandes empresas. En términos de infraestructura es necesario utilizar una superficie impermeabilizada, generalmente de hormigón armado, para evitar la contaminación del suelo y acuíferos.

Para la creación de compost de alperujo es necesario contar con otros insumos para mejorar sus propiedades del producto final. Para disminuir la humedad del material se suelen agregar las hojas y ramillas provenientes de la limpieza de la aceituna, además se suele agregar una fuente rica de nitrógeno, como el estiércol, para aumentar el contenido del nutriente. En [49] se discuten las cantidades apropiadas de cada componente y se proporciona una planilla para su cálculo.

El proceso de compostaje se puede realizar de muchas formas diferentes, las variaciones consideran la estructura de las pilas de compostaje y los métodos de aireación. La forma más generalizada es utilizar sistemas abiertos al aire y pilas dinámicas, aireadas mediante volteos con pala mecánica. En [57] se concluye que el compost de alperujo debe ser tratado con métodos de volteo, ya que la aireación forzada no basta para generar las condiciones óptimas para el proceso.

En el proceso de compostaje es necesario control y seguimiento de la temperatura y la humedad, esto determinará las necesidades de volteo y riego [22]. Por lo tanto, la generación de compost requiere personal con conocimiento técnico. Todo el proceso de compostaje puede durar entre 7 y 9 meses.

6.2.1 Costos y Beneficios Económicos del Compostaje de Alperujo

La totalidad de los estudios consultados evalúa los rendimientos económicos del compostaje de alperujo considerando su uso como fertilizante para los olivares [58, 59, 60]. Por ejemplo, en [58] se consideran como ingresos los ahorros producidos por el autoconsumo de compost en remplazo de los fertilizantes, los ahorros en la gestión del alperujo como desecho, y también los ahorros asociados a la gestión de hojas y ramillas provenientes del proceso de limpieza, como ingreso principal se considera la venta del compost a asociados de las almazaras. También en [58] se considera que el principal costo operacional es la adquisición de estiércol.

En [22] se señala la factibilidad económica comprobada del uso de compost en el olivar como remplazo de fertilizantes. En efecto, otros estudios estiman que los costos se reducen cerca de la mitad, por ejemplo en [60] se señala que fertilizar con compost de alperujo cuesta entre 0,35 y 0,65 euros/árbol frente a los 1,90 y 1,93 euro/árbol usando fertilizantes minerales.

Debe reconocerse que los estudios de uso de compost de alperujo evalúan principalmente iniciativas de olivicultura ecológica en pequeñas empresas [21, 58]. Éstas se caracterizan por tasas de producción menores que la industria enfocada en el cultivo intensivo [21], como Comercial Soho. Por lo tanto, las conclusiones de estos estudios no son directamente asimilables a la empresa estudiada.

Si se considera únicamente la comercialización de compost en Chile, se puede establecer que éste tiene un precio promedio cercano a los \$5200 por saco de 50 kilogramos, ver Anexo 10. De los cálculos del Anexo 10 se puede establecer que Comercial Soho podría producir cerca de 585 toneladas de compost por año, luego ésta podría ser comercializable por un valor total de \$60 millones sin incluir los costos, sin embargo el mercado de destino podría ser muy pequeño.

En [61] se establece que los principales compradores de compost en Chile son las empresas de paisajismo. Por otro lado, la venta de compost en tiendas para el hogar está orientada al uso del compost en la jardinería del hogar o en huertos orgánicos. Además, existen empresas dedicadas exclusivamente a creación de compost [61], frente a las cuales iniciativas pequeñas carecen de ventajas competitivas. Con estos antecedentes el mercado no parece tener un gran tamaño y el principal atractivo del compost de alperujo estaría en su aplicación en los olivares.

6.2.2 Factibilidad de la Implementación de Compostaje de Alperujo en Comercial Soho.

Debido a que Comercial Soho posee su olivar cercano a Curicó y su almazara en el valle de Aculeo, se genera un problema de transporte en el caso que se desee utilizar el compost de alperujo para la fertilización de los olivos. A causa de esta situación Comercial Soho no puede beneficiarse de una de las principales ventajas de esta técnica, que es la generación del compost en el mismo lugar de su aplicación. Por lo tanto, para utilizar esta técnica la empresa debería incurrir en costos de transporte y de la distribución de compost en el olivar. En la opinión de Hans Yoldi, gerente de producción de Comercial Soho, estos costos son muy altos y carecen de ventajas frente al fertirriego [62].

Comercial Soho utiliza para su fertilización el sistema de fertirriego, el cual es considerado apropiado para la agricultura intensiva mientras el uso de compost se orienta a la agricultura ecológica caracterizada por un menor régimen de producción [21].

Si se considera la creación de compost para su comercialización, Comercial Soho deberá incurrir en los costos de implementación de una zona donde realizar el compostaje y capacitar personal en el manejo técnico de este proceso.

Finalmente, se concluye que dadas las condiciones particulares de Comercial Soho, la alternativa de utilizar compost de alperujo para la fertilización de sus olivares no resulta factible técnicamente, y por otro lado, si se desea considerar la comercialización directa del material sería necesario estudiar con más detenimiento las condiciones del mercado chileno y determinar si la empresa es capaz de competir en una escala pequeña.

6.3 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS DE LA INCINERACIÓN DEL CAROZO.

El alperujo, principal desecho asociado a la producción de aceite de oliva, contiene el residuo molido de la semilla de las aceitunas. El carozo contabiliza cerca del 15% de la masa total del alperujo en base húmeda [24] y para el caso de Comercial Soho representa

cerca de 192 toneladas generadas anualmente, cifra que podría aumentar en el futuro debido al aumento de producción.

El carozo presenta propiedades interesantes para su valorización energética como combustible orgánico. Este material posee una gran capacidad calórica, en torno a los 4400 kcal/kg, pudiendo variar levemente con el grado de humedad [33]. Por otro lado, el carozo normalmente es considerado un desecho y presenta bajos costos operativos para su obtención [62]. Con esto, el carozo obtiene el valor agregado de poder ser utilizado como combustible en calderas de biomasa. Se genera entonces la oportunidad para su comercialización a empresas que dispongan de calderas de biomasa, o también la oportunidad de utilizar el carozo como combustible en las propias calderas de Comercial Soho.

Para que el carozo esté en condiciones adecuadas para su uso como combustible primero debe ser separado del alperujo. El proceso de separación se puede realizar manualmente, recomendado para pequeñas almazaras, o a través de separación mecánica, recomendado para empresas de mayor tamaño. La separación mecánica es realizada a través de una máquina descarozadora, esta separa la fracción sólida del alperujo mediante un proceso de centrifugación con una eficiencia del 95% [33].

Posteriormente es necesario reducir la humedad del carozo obtenido. Esto se puede realizar mediante un proceso de secado natural al sol, o bien, exponiendo el carozo al calor residual de la caldera usada en la almazara [33]. Nótese ambas alternativas no presentan mayores costos asociados.

6.3.1 Costos y Beneficios Económicos de la Incineración del Carozo

La inversión necesaria en la adquisición e implementación de un sistema de separación mecánico ha sido estimada en \$12 millones [33]. Por otro lado, la inversión necesaria para la mantención de la maquinaria y el sistema de operación constituyen, según [33], \$1,4 millones anuales⁵. El proceso de secado al sol no presenta mayores costos asociados.

La comercialización del carozo sólo presenta leves costos asociados a los envases para contener el cuesco previo a su venta, esto ha sido evaluado por Hans Yoldi [62], gerente de producción de Comercial Soho, en \$3 por kilogramo de carozo. El precio del carozo puede variar según sus condiciones de humedad, limpieza y volumen, pero se estima que el promedio es cercano a \$25 por kilogramo [62]. Con estas cifras, la comercialización todo el carozo generado por Comercial Soho podría evaluarse en cerca de \$4 millones anuales, cifra que podría aumentar debido al aumento de la producción de aceite de oliva.

Para utilizar el carozo como combustible en caldera de la almazara es necesario utilizar una caldera de biomasa. El costo de una caldera de biomasa es 3 o 4 veces mayor que el de una caldera convencional, esta inversión ha sido evaluada en \$7 millones [33].

⁵ La Guía de Mejores Técnicas Disponible para la Valorización del Alperujo en la Obtención de Energía Calórica [33], elaborada por el CPL, realiza estos cálculos suponiendo 200 toneladas de alperujo al año.

Por otro lado, los costos de la operación de una caldera de biomasa son menores que los de una caldera convencional, debido al ahorro en costos generado al eliminar el consumo de gas licuado. Es notorio que el carozo presenta un mejor rendimiento energético sobre sus costos, aproximadamente 180 kcal/\$, que el del gas licuado, aproximadamente 10 kcal/\$.

La utilización del carozo como combustible no sólo es atractiva porque logra remplazar el consumo de gas licuado usado en una caldera normal, sino que además se genera un excedente de carozo que queda disponible para su comercialización. Esta situación es común en almazaras donde se utiliza esta práctica, en [63] se reporta que una muestra de almazaras en España sólo utiliza el 28% de su producción de carozo para el autoconsumo. Para el caso de Comercial Soho se calcula que se utilizarían cerca de 33,6 toneladas de carozo para las operaciones anuales de una caldera de biomasa, y sobrarían cerca de 159,4 toneladas para su comercialización, ver Anexo 11. La Tabla 27 resume las cantidades de carozo y sus ganancias asociadas al utilizarse o no una caldera de biomasa.

Tabla 27 – Ganancias y ahorros de proyectos de venta de carozo y uso de caldera de biomasa. Elaboración propia.

Proyecto	Uso caldera de Biomasa	Cantidad de Carozo [ton]	Ganancia o Ahorro [MM\$]
Venta de todo el carozo	No	192,0	4,22
Ahorro de gas licuado	Si	32,6	12,00
Venta del carozo sobrante	Si	159,4	3,50

Finalmente, la extracción del carozo también reporta ahorros asociados al manejo de residuos por concepto de la disminución de la cantidad de desecho, este efecto sin embargo, no ha sido evaluado.

En la guía de mejores técnicas disponibles para la valorización del alperujo en la obtención de energía calórica, publicada por el CPL [33], se reportan los resultados de una evaluación de proyectos de la valorización térmica en caldera de biomasa del carozo. Este estudio considera la generación anual de 200 toneladas de alperujo, una tasa de descuento del 12% y una evaluación económica de 10 años. La Tabla 28 muestra los indicadores económicos generados en dicha evaluación. Los resultados para Comercial Soho, que posee una mayor escala de producción, podrían ser aún más favorables.

Tabla 28 – Indicadores económicos de la valorización térmica del carozo de oliva en caldera de biomasa. Fuente: [33].

VAN [\$]	13.710.000
TIR [%]	23%
PRI [Años]	4

6.3.2 Factibilidad de la Implementación de Incineración del Carozo en Comercial Soho.

Actualmente Comercial Soho se encuentra implementando un proyecto para comercializar el carozo como combustible. Ya se ha realizado la inversión de la compra

e instalación de una máquina descarozadora y el carozo deberá estar disponible para su comercialización a fines de la temporada.

Si se desea utilizar el carozo como combustible para la caldera de la almazara Comercial Soho deberá incurrir en el costo que tiene el adquirir, implementar y mantener una caldera de biomasa. Se debe considerar también un sistema de control de la contaminación atmosférica asociado a la cámara de combustión y la operación de personal calificado para asegurar el correcto funcionamiento [33].

Desde el punto de vista legal, las operaciones de una caldera de biomasa deben cumplir con la normativa aplicable, ver en Anexo 12, y la caldera deberá inscribirse en el Servicio de Salud regional correspondiente. Se destaca que en casos de preemergencia ambiental el uso de calderas de biomasa está prohibido.

7 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se discuten los resultados de la evaluación ambiental y la evaluación económica presentados en los capítulos 5 y 6, respectivamente. Por cada conjunto de alternativas de mejora se presentan tablas que permite comparar los cambios en los impactos ambientales y las consideraciones económicas de cada opción.

Los cambios en los impactos ambientales se expresan según las variaciones porcentuales de las categorías de impacto considerando todo el sistema. Se presentan también las variaciones de los impactos medidos en puntos normalizados de forma porcentual y en puntaje total. Las consideraciones económicas muestran la variación porcentual y total de los costos al cambiar el insumo, también se reporta el costo marginal de abatimiento y otros comentarios cuando resulta pertinente. Luego se discuten brevemente los resultados y temas pertinentes a su implementación.

7.1 CAMBIO DE FERTILIZANTES

Tabla 29 – Revisión de resultados del uso de sulfato de amonio. Elaboración propia.

Sulfato de Amonio	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
↓ 2% puntaje normalizado (-0,05 Pt)	↑ 200% costo
↓ 18% acidificación terrestre	↑ \$44 por litro de aceite
	● costo marginal de abatimiento: \$804 por punto normalizado.

Tabla 30 – Revisión de resultados del uso de nitrato de amonio. Elaboración propia.

Nitrato de Amonio	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
↓ 2% puntaje normalizado (-0,04 Pt)	↑ 90% costo
↓ 31% acidificación terrestre	↑ 19 pesos por litro de aceite
↑ 4% cambio climático	● costo marginal de abatimiento: \$476 por punto normalizado.
↑ 5% eutrofización agua dulce	

Es importante notar que la fertilización con sulfato de amonio y nitrato de amonio presentan aproximadamente el mismo impacto ambiental cuando se miden todas las categorías en puntos normalizados. Cada alternativa contabiliza una reducción leve, del 2% de este puntaje.

También se evidencia que las alternativas sólo tienen un efecto leve o nulo en reducir las emisiones de carbono, por lo que las intenciones de Comercial Soho de reducir dicha huella deberían focalizarse en otros proyectos.

Es notorio que el uso de nitrato de amonio aumentaría el puntaje de toxicidad cancerígena de sistema, sin embargo, este puntaje ya es pequeño, por lo que el aumento total no es mayúsculo.

Si bien ambos fertilizantes presentan costos mayores que la urea, el nitrato de amonio tiene un costo de abatimiento menor, por lo tanto, más atractivo. El costo marginal de abatimiento del nitrato de amonio indica que por cada punto normalizado reducido en un litro de aceite se deben invertir 476 pesos, versus los 804 pesos del sulfato de amonio. Esto, sumado a que las reducciones de impacto son similares, hace que el uso de nitrato de amonio sea la mejor opción si se desea cambiar la urea.

En el aspecto técnico todos los fertilizantes propuestos son aptos para su utilización en fertirriego, por lo que no debería haber costos de adaptación que constituyan una desventaja. Los fertilizantes a base de nitrato de amonio y sulfato de amonio, Entec 21 y Entec 26, poseen una eficiencia de aplicación mayor a la de la urea, por lo que los resultados podrían ser aún más favorables.

Se debe mencionar que se ha rechazado la alternativa de fertilizante a base de CAN, pues en términos generales, perjudicaba el desempeño ambiental del producto.

7.2 CAMBIO DE HERBICIDAS

Tabla 31 – Revisión de resultados del uso cletodima. Elaboración propia.

Cletodima	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
↓ 1% puntaje normalizado (-0,02 Pt)	↑ 200% costo
↓ 8% acidificación terrestre	↑ 9 pesos por litro de aceite
↓ 15% toxicidad humana	• costo marginal de abatimiento: \$381
↓ 5% ecotoxicidad	por punto normalizado

El uso de un herbicida a base de cletodima fue la única alternativa de herbicidas que demostró reducciones generales en los impactos ambientales. Sin embargo, estas reducciones son pequeñas, -1% de los puntos normalizados del sistema, y están acompañadas de un aumento en los costos. Su costo marginal de abatimiento muestra que por cada punto normalizado reducido se deben invertir 381 pesos. De esta forma, el uso de glifosato, herbicida de la línea base, sigue manteniéndose como una opción a considerar debido a su menor precio.

En el escenario de cambio de herbicidas se rechazaron las alternativas: pendimetalina y simazina, debido a sus notorios aumentos en toxicidad humana y ecotoxicidad, lo que provocaba que, en líneas generales, fuesen perjudiciales para el desempeño en sustentabilidad del producto.

7.3 CAMBIO DE INSECTICIDAS

Tabla 32 – Revisión de resultados del uso de tiametoxam. Elaboración propia.

Tiametoxam	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
↓ 1% puntaje normalizado (-0,03 Pt)	↑ 225% costo
↓ 49% ecotoxicidad	↑ 147 pesos por litro de aceite
↓ 3% toxicidad humana	• costo marginal de abatimiento: \$5694 por punto normalizado

Tabla 33 – Revisión de resultados del uso de aceite parafínico. Elaboración propia.

Aceite Parafínico	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
↓ 0,1% puntaje normalizado (-0,003 Pt)	↓ 64% costo
↓ 53% ecotoxicidad	↓ 42 pesos por litro de aceite
↓ 5% toxicidad humana	• costo marginal de abatimiento: -\$15132 por punto normalizado.
↑ 5% agotamiento comb. Fósiles	

En un adecuado sistema de control de plagas es necesario cambiar insecticidas con para evitar que las plagas generen resistencias [32]. Debido a esto, las alternativas de cambio de insecticidas cobran una mayor importancia.

En términos generales, ambos insecticidas evaluados presentan una reducción muy leve al medir su impacto general en todas las categorías a través de puntos normalizados. Por lo tanto, ambos representan buenas alternativas de cambio al superar levemente el desempeño ambiental al imidacloprid usado en la línea base.

En consideración a los costos de los insecticidas, se evidencia que el insecticida basado en tiametoxam aumenta los costos en 147 pesos por litro de aceite, mientras el aceite parafínico los disminuye en 42 pesos por litro de aceite. Por lo que la alternativa de aceite parafínico muestra una ventaja en consideración a los costos.

Por otro lado, el uso de aceite parafínico es recomendado en la agricultura ecológica [64]. Debido a su menor precio y su atractivo como insecticida ecológico el aceite parafínico es una alternativa de gran interés para el remplazo del imidacloprid.

Sin embargo, debe considerarse las distintas formas de acción que presentan los insecticidas. Tanto el imidacloprid, de la línea base, como el tiametoxam son insecticidas sistémicos, éstos son absorbidos y transportados por la planta, para que cuando el insecto se alimente de ella resulte intoxicado. Por otro lado, el aceite parafínico es un insecticida de contacto que actúa sobre el insecto creando una capa impermeable que le impide respirar

7.4 COMPOSTAJE DE ALPERUJO

Tabla 34 - Revisión de resultados del compostaje de alperujo. Elaboración propia.

Compostaje de Alperujo	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
<ul style="list-style-type: none"> ↓ 1% puntaje normalizado (-0,02 Pt) ↓ 19% cambio climático ↓ 16% eutrofización marina ↑ 31% acidificación terrestre 	<ul style="list-style-type: none"> ● Inversión en infraestructura ● Requiere conocimiento técnico <p><u>Reemplazo Fertilizantes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aumentan los costos debido al transporte desde la almazara al olivar <p><u>Venta de Compost</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mercado reducido ● Pequeña escala

El compostaje de alperujo, cualquiera sea su destino final, muestra reducciones en los impactos ambientales si se lo compara con su disposición en un relleno sanitario. Si bien muestra un trade-off al aumentar la acidificación terrestre, el efecto general medido en puntaje normalizado es leve favorable para el desempeño ambiental, reduciendo en un 1% los impactos del sistema.

Como se ha discutido, bajo las condiciones actuales de Comercial Soho no es factible utilizar compost de alperujo para la fertilización de su olivar, pero se plantea la alternativa de generar un acuerdo con los olivares vecinos para la producción y uso del compost. Por otro lado, la alternativa de comercializar el compost necesita de una inversión inicial importante y conocimiento técnico para ponerlo en marcha.

El compostaje de alperujo sólo resulta una alternativa atractiva si llegase a cambiar la almazara a las cercanías del olivar, pero esto podría ocurrir sólo en un muy largo plazo.

7.5 INCINERACIÓN DEL CAROZO

Tabla 35 – Revisión de resultados de la incineración del carozo. Elaboración propia.

Incineración del Carozo	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
<p><u>Uso en caldera de biomasa</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Reduce volumen de los desechos ● Elimina consumo de gas licuado <ul style="list-style-type: none"> ↓ 4% puntaje normalizado (-0,08 Pt) ↓ 11% cambio climático ↓ 6% eutrofización marina ↓ 5% agotamiento comb. fósiles 	<p><u>Uso en caldera de biomasa</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Inversión en caldera de biomasa, aproximadamente \$7 MM <p><u>Venta del carozo</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Genera ingresos con costos muy bajos.

Las reducciones de los impactos ambientales asociados a la incineración del carozo se deben principalmente a la eliminación del consumo de gas licuado. Para beneficiarse de

estas reducciones la mayor traba es la adquisición de una caldera de biomasa, no obstante, esto traería beneficios económicos en el tiempo debido a la disminución de los costos del combustible.

Si únicamente se destina el carozo a su comercialización entonces sólo se le pueden atribuir reducciones en virtud de la reducción del volumen de los desechos. Como ya se ha discutido, el proyecto de venta puede generar ingresos a costos muy bajos.

7.6 CAMBIO DE ENVASES

Tabla 36 – Revisión de resultados de la reducción de peso en botellas de vidrio. Elaboración propia.

Reducción de Peso de Botellas de Vidrio	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
↓ 1% puntaje normalizado (-0,03 Pt)	<ul style="list-style-type: none"> • El costo se mantiene igual • el costo marginal de abatimiento es nulo
↓ 2% cambio climático	
↓ 2% material particulado	
↓ 2% agotamiento comb. Fósiles	

Tabla 37 – Revisión de resultados del uso de botellas de PET. Elaboración propia.

Cambio a Botellas de PET	
Impactos Ambientales	Consideraciones Económicas
↓ 24% puntaje normalizado (-0,54 Pt)	↓ 70% costo
↓ 29% cambio climático	↓ 474 pesos por litro de aceite
↓ 48% deterioro capa de ozono	• costo marginal de abatimiento: -\$878 por punto normalizado
↓ 41% material particulado	
↓ 13% eutrofización marina	
↓ 22% toxicidad humana	• El consumidor muestra preferencia por botellas de vidrio.
↓ 85% agotamiento de minerales	
↓ 39% agotamiento comb. fósiles	

El uso de botellas de vidrio eco, que cuentan con una reducción de peso, muestra disminuciones pequeñas en todas las categorías de impacto. Estas reducciones son proporcionales al peso en que se ha disminuido el envase. Por otro lado, dado que el costo se mantiene igual con respecto al envase de la línea base, el costo marginal de abatimiento es nulo, por lo tanto no hay que invertir para generar las reducciones. Generar reducciones a costo cero marca el principal atractivo de esta alternativa.

Es notorio que el uso de botellas de PET genera las mayores reducciones de todas las alternativas evaluadas y varias categorías de impacto. Esto lo hace ahorrando costos en un 70%. Por la reducción impactos y de costos, la alternativa de cambiar el envasado del aceite de oliva a botellas de PET resulta muy recomendable. Sin embargo, en [65] se ha reportado que el consumidor evalúa los aceites envasados en plástico como de peor calidad, influyendo en su decisión de compra, lo que podría perjudicar las ventas.

8 RECOMENDACIONES A COMERCIAL SOHO

En base a los resultados de esta investigación se propone a Comercial Soho considerar las siguientes recomendaciones⁶:

1. Implementar un Sistema de Gestión Ambiental

Antes de adentrarse en las recomendaciones sobre las alternativas de mejora se propone, en primer lugar, implementar un sistema de gestión ambiental (SGA).

Un SGA es un instrumento de carácter voluntario dirigido a empresas que quieren alcanzar un alto nivel de protección ambiental en el marco del desarrollo sustentable [66]. Constituye un proceso cíclico de planificación, implantación, revisión y mejora de los procedimientos y acciones que lleva a cabo una organización para realizar su actividad garantizando el cumplimiento de sus objetivos ambientales [67].

Adherirse a un SGA exige ordenar la producción desde el punto de vista ambiental, caracterizando los procesos y relacionarlos con el desempeño ambiental que presentan. Esto genera un marco de actuación para adaptarse a mayores exigencias ambientales futuras, como cambios en la legislación de agroquímicos o auditorías externas en temáticas de inocuidad, seguridad, sustentabilidad, etc.

En relación a esta investigación, un SGA permitirá una fácil adopción y seguimiento de las recomendaciones sugeridas y, en el futuro, la identificación de otras prácticas que mejoren el desempeño ambiental.

Los SGA están normados en la ISO 14001 y se recomienda la certificación de la empresa bajo esta norma. No obstante, debe reconocerse que el seguimiento de las indicaciones del programa de desarrollos de proveedores sustentables de Walmart y también el compromiso a seguir los lineamientos del APL de aceite de oliva, constituyen buenos primeros pasos en la dirección de implementar un SGA.

2. Uso de Botellas de PET

El uso de botellas de PET en el envasado es la alternativa que genera las mayores reducciones de impactos ambientales y los mayores ahorros de costos entre las alternativas evaluadas. En particular, con una reducción de 0,54 puntos normalizados se logra disminuir en 24% el impacto ambiental del sistema. El uso de esta alternativa además genera una disminución del 29% de la huella de carbono medida en la categoría de cambio climático.

Por otro lado, se genera un considerable ahorro en el costo de los envases, de \$474 por litro de aceite de oliva. El costo marginal de abatimiento indica que con esta alternativa se ahorran \$878 por punto normalizado reducido.

⁶ Salvo por la primera recomendación, las recomendaciones se encuentran ordenadas según el ranking de costos de abatimiento establecido en la sección 6.1.3. Se incluyen en el final de la lista las alternativas de valorización de residuos que no fueron evaluadas según costos de abatimiento.

Como en esta investigación no se aborda el efecto en la demanda que puede tener el material de la botella, se recomienda estudiar esta alternativa considerando especialmente las implicancias del cambio en las preferencias del consumidor.

3. Uso de Aceite Parafínico

En cuanto a los insecticidas, el uso de uno basado en aceite parafínico, como el argenfrut supreme, genera una levísima reducción de los impactos ambientales, 0,003 puntos normalizados reducidos por litro de aceite, lo que corresponde a disminuir en un 0,1% los impactos ambientales del sistema. También resulta interesante el hecho de que este insecticida sea recomendado para la agricultura ecológica.

El principal atractivo del aceite parafínico es que presenta un costo menor que el imidacloprid utilizado en la línea base, permitiendo ahorrar 42 pesos por litro de aceite de oliva. El costo marginal de abatimiento es de \$15132 por punto normalizado reducido, el menor entre las alternativas estudiadas, pero esto se debe principalmente a que genera una pequeña reducción de impacto.

Se recomienda considerar uso de aceite parafínico como remplazo del imidacloprid en virtud de sus menores costos. Si bien se indica que el aceite parafínico puede ser usado contra las plagas del olivo, resta estudiar apropiadamente su modo de aplicación, pues debido a su forma de funcionamiento podría requerir de varias aplicaciones.

4. Uso de Botellas de Vidrio Eco

Los resultados demuestran que la reducción de peso en botellas de vidrio eco de Cristalerías Toro genera disminuciones leves en varias categorías de impacto ambiental. En particular el uso de estas botellas genera una reducción de -0,03 Pt puntos normalizados, equivalentes a solo el 1% de los impactos del sistema.

El atractivo de esta alternativa recae en que no genera un costo mayor con respecto a la botella de vidrio sin reducción de peso, pues el precio es el mismo. Debido a esto el costo marginal de abatimiento es nulo, por lo tanto las reducciones de los impactos ambientales son gratuitas. Además no se identifica un costo de adaptación de la maquinaria de envasado cuando se cambian las botellas normales por esta opción.

Con respecto a esta alternativa se recomienda seguir aprovechando las iniciativas de su proveedor de botellas y apoyar sus proyectos de reducción de peso en más formatos de botellas. Por otro lado, los proyectos de Cristalería Toro en torno a la REP podrían adicionar aún más material reciclado a sus botellas, lo que mejoraría el desempeño ambiental. Otro efecto a considerar en este tipo de botellas es el comportamiento que tienen en la etapa de distribución y uso, pues debido a su menor grosor podrían romperse más fácilmente.

5. Uso de Nitrato de Amonio

El uso de un fertilizante basado en nitrato de amonio, como el Entec 26, permite reducir en un 31% el impacto en la acidificación terrestre y disminuir levemente otras categorías de impacto. El efecto general producido es una disminución de 0,04 puntos normalizados, representando una reducción del 2% de los impactos del sistema. Debe notarse que esta opción no genera una disminución en la huella de carbono como la empresa esperaba.

Esta opción representa un aumento en los costos en \$19 por litro de aceite. Su costo marginal indica que en esta opción reducir un punto normalizado cuesta \$476. Sin embargo esta alternativa es la más barata entre las opciones de fertilizantes estudiados.

Se recomienda considerar el uso de fertilizantes a base de nitrato de amonio en virtud de la reducción de impactos de acidificación generados, se evaluar si esto justifica el aumento de costos. Por otro lado, también se deben considerar las diferencias en la eficiencia de aplicación de este fertilizante.

6. Uso de Cletodima

La alternativa de usar un herbicida a base de cletodima, como el Aquiles 24, genera una disminución leve de los impactos correspondientes a 0,02 puntos normalizados, disminuyendo los impactos del sistema en un 1%.

Esta alternativa produce un aumento de los costos de \$9 por litro de aceite de oliva. Su costo marginal de abatimiento indica que la disminución de un punto normalizado cuesta \$381.

Salvo la leve reducción de impactos ambientales el uso de cletodima no muestra mayor ventaja en comparación al glifosato. Se recomienda evaluar si esta disminución de los impactos ambientales justifica el aumento de los costos.

Dado que tanto los plaguicidas como los insecticidas evaluados presentan bajos niveles de impactos ambientales, la mayor consideración que se debe tener con respecto su uso es el asegurar la capacitación de los operarios para su aplicación segura y certificarlos ante el SAG.

7. Uso de Carozo en Caldera de Biomasa

Con respecto manejo del alperujo se recomienda, por un lado, seguir con el proyecto de la comercialización del carozo, esto genera ganancias económicas a muy bajo costo y permite reducir el volumen total del residuo.

Sin embargo, por otro lado, se debe considerar que el mayor aumento en el desempeño ambiental se produce cuando se utiliza el carozo como combustible en una caldera de biomasa, esta opción permite remplazar el uso de gas licuado generando una reducción de 0,08 puntos normalizados, representativa del 4% de los impactos del sistema. Es importante considerar que luego del uso de botellas de PET, esta opción es la más reduce la huella de carbono, disminuyendo en 11% el impacto del sistema en cambio climático.

Por otro lado, la inversión en una caldera de biomasa se ha estimado en \$7 millones [33], pero se ha visto que los ahorros generados por el combustible más barato y la posibilidad de vender el carozo sobrante generan ganancias por sobre esta inversión.

Por lo tanto, se recomienda evaluar la inversión en una caldera de biomasa en virtud de la reducción de impactos ambientales generados y las ganancias económicas que el proyecto puede generar en el tiempo. Se recomienda también evaluar el efecto tendría la imposibilidad de utilizar esta opción en momentos de preemergencia ambiental.

8. Creación de Compost de Alperujo

La alternativa de crear compost de alperujo produce leves reducciones en los impactos ambientales al ser comparada con enviar el desecho a un relleno sanitario. En total se logran reducir 0,02 puntos normalizados, representativos del 1% de los impactos ambientales del sistema.

Debido a que el proceso de compostaje requiere conocimiento técnico que se aleja del foco de Comercial Soho y que es necesaria una escala mayor para realizar una comercialización efectiva, la implementación de esta alternativa presenta pocas ventajas comparativas si se desea vender el compost. Para asegurar la reducción de los impactos ambientales se recomienda manejar este desecho a través de una empresa de manejo de residuos que realice compostaje.

Con respecto a utilizar el compost de alperujo para la fertilización del olivar se indica se considera infactible dada la distancia entre la almazara y el olivar. Se recomienda considerar esta práctica si en el marco de un proyecto de trasladar la almazara a un lugar cercano al olivar. Por otro lado, bajo las condiciones actuales, también se recomienda evaluar la posibilidad de generar un acuerdo con los olivares vecinos a la almazara para la producción y uso del compost.

9 CONCLUSIONES

En este estudio se analizaron los impactos ambientales generados a lo largo del ciclo de vida del aceite de oliva de Comercial Soho, y posteriormente se evaluaron alternativas de mejora considerando la reducción de los impactos ambientales y los costos asociados a su cambio. Del trabajo realizado se pueden establecer las siguientes conclusiones:

La industria chilena del aceite de oliva presenta características que le permiten comenzar a orientar su producción hacia un desempeño más sustentable. El rubro en Chile es emergente, muestra un rápido crecimiento, se mantiene a la vanguardia tecnológica y presenta un profundo foco en la calidad, no solo entendida como la calidad del producto si no como también la calidad de las empresas que los producen. Los productores reconocen que mejorar su desempeño en sustentabilidad obliga a realizar operaciones más eficientes y genera un valor agregado en la diferenciación del producto.

Comercial Soho, en particular, cuenta con estas características y enfoque. La empresa se muestra capaz de asumir desafíos para mejorar su desempeño en sustentabilidad, como lo hace actualmente a través del programa de desarrollo de proveedores sustentables de Walmart y a través del acuerdo de producción limpia del sector del aceite de oliva.

El análisis de los impactos ambientales generados por el aceite de oliva mostró que éstos están concentrados en las primeras etapas del ciclo de vida: el cultivo, concentrando el 51% de los puntos normalizados de un litro de aceite, producción (16%) y envasado (30%). Precisamente es en éstas etapas donde la empresa tiene directo poder de decisión y puede gestionar mejoras en su desempeño ambiental.

La gran mayoría de los hotspots detectados se presentan en las primeras etapas, los principales corresponden al uso de agroquímicos (18% de los puntos normalizados), impactos asociados al riego (25%), generación de desechos (6%) y materiales del envasado (24%).

Con respecto al hotspot de uso de agroquímicos se evaluaron distintas opciones para remplazarlos. Los resultados mostraron en la mayoría de las alternativas generan sólo reducciones pequeñas de los impactos ambientales, de entre el 1% y 2% de los puntos normalizados. Estas reducciones a su vez están generalmente acompañadas de un aumento los costos de los insumos, variando entre los \$9 y \$147 pesos adicionales por litro de aceite de oliva. Una sola alternativa, el insecticida basado en aceite parafínico, mostró una reducción en los costos.

En respuesta a los altos impactos ambientales que generan las botellas de vidrio en el producto final se evaluaron dos alternativas de envases. Las botellas de vidrio eco, que presentan una reducción de su masa de vidrio, muestran en sus resultados una leve reducción de los impactos ambientales, proporcionales a la reducción de masa, éstas reducciones contabilizan un 1% de los puntos normalizados. Si bien los cambios son leves, este escenario resulta favorable al considerar que se mantiene el mismo precio respecto al envase de la línea base, por lo que la reducción de impactos no genera costos.

Por otro lado, la alternativa de realizar el envasado en botellas de PET mostró las más altas reducciones de impactos ambientales, disminuyendo en un 24% los puntos normalizados del sistema y generando además notorios ahorros en los costos, de \$474 por litro de aceite. Estos ahorros podrían ser utilizados para financiar el uso de las otras alternativas evaluadas. Sin embargo, con respecto a esta alternativa resta considerar con más detenimiento los efectos que el cambio de envase puede producir en la preferencia del cliente final y queda propuesto para futuras investigaciones.

En consideración a los desechos generados en la almazara, se evaluó la alternativa de realizar compostaje con el alperujo. Los resultados de la investigación muestran que se reducen en un 1% los impactos ambientales medidos en puntos normalizados. Se reconoce la infactibilidad de utilizar el compost como fertilizante debido a la distancia que hay entre el olivar y la almazara. Y, por otro lado, también se reconocen dificultades en la comercialización el compost, debido a que el mercado es pequeño y que la empresa no cuenta con la escala necesaria para competir.

La alternativa de utilizar el carozo como combustible en una caldera de biomasa reveló disminuir en un 4% el impacto ambiental medido en puntos normalizados, debido principalmente al efecto de remplazar el uso de gas licuado. Esta alternativa genera la segunda mayor reducción de los impactos luego de la utilización de botellas de PET. Por otro lado, esta opción permite generar ganancias económicas por concepto del ahorro del gas licuado y por la venta del carozo sobrante, evaluados en aproximadamente \$12 y \$3,5 millones anuales, respectivamente.

En el caso de que se implementen las mejores opciones de cada escenario, los resultados muestran que es posible reducir en un 31% los puntos normalizados medidos en el sistema. Las alternativas de mejora que más aportan a esta reducción son la utilización de envases de PET y la incineración del carozo en una caldera de biomasa, reduciendo cada uno un 24% y 4% de los puntos normalizado, respectivamente.

En cuanto a la metodología seguida, se debe reconocer en primer lugar la complejidad que tiene el evaluar los impactos ambientales de un producto a lo largo de un ciclo de vida. En esta labor es necesario modelar gran cantidad de procesos, a través de varias etapas y evaluar los resultados en diversas categorías de impacto ambiental y luego repetir el proceso con varias alternativas de mejora. Ante esta complejidad el ACV muestra ser una herramienta útil organizar metodológicamente el análisis, simplificando la tarea de modelación, evaluación y comparación de los resultados. El ACV permite pasar de un escenario complejo y difícil de abordar a uno en donde es posible distinguir los principales impactos ambientales del sistema y encausar, informadamente, los proyectos para la mejora del desempeño ambiental del producto.

Por otro lado, el ACV es una metodología intensiva en requerimiento de datos. Esto puede generar dificultades al evaluar productos con información escasa o de baja calidad. También se generan dificultades cuando especialmente cuando hay muchos actores a lo largo del ciclo de vida evaluado o cuando un actor desconoce sus propios datos o no los dispone de una forma organizada.

Otra dificultad del ACV recae en la comunicación de los resultados ante un público que comúnmente posee poco conocimiento de la metodología o de los distintos impactos ambientales evaluados, este público puede incluir al cliente final o incluso las mismas empresas evaluadas.

La elección metodológica de utilizar puntaje normalizado facilita la comparación de alternativas de mejora que muestran cambios en distintas categorías de impacto ambiental. Por ejemplo, el puntaje normalizado permite comparar la reducción en acidificación terrestre generada al cambiar los fertilizantes con la reducción en la ecotoxicidad generada al cambiar los insecticidas. Sin embargo, se reconoce que resumir los impactos ambientales en un solo indicador genera una pérdida de información sobre cada categoría de impacto en particular. Es por ello que en esta investigación se utilizan tanto los indicadores por categoría de impacto como el puntaje normalizado. Se recuerda que aún no hay consenso entre los expertos sobre cuál es la forma correcta de generar indicadores de cifra única de impacto ambiental.

Sobre la utilización del software Simapro se puede mencionar que muestra ser una potente herramienta de ayuda en la modelación y en el análisis. El software facilita la creación de los inventarios de ciclo de vida, ahorra un gran esfuerzo en los cálculos y permite la comparación entre distintas opciones.

Por otro lado, el software utiliza bases de datos europeas, principalmente Ecoinvent, que no necesariamente representan la realidad chilena, pero que son las más rigurosas y extensivamente desarrolladas. En Chile, actualmente, no existe una base de datos nacional que sirva para estos propósitos, por lo que el uso de bases de datos como Ecoinvent representa la mejor opción.

Se reconoce que el análisis económico de las alternativas de mejora no es completo ni exhaustivo, sino que responde a las limitaciones de la información disponible. Un análisis de costos, de una forma similar al ACV, es intensivo en requerimientos de información. Para realizar una adecuada estimación de los costos es necesario disponer de información detallada que permita relacionar los materiales y procesos con sus costos, sin embargo las empresas pueden no tener la información detallada a ese nivel, o bien, no querer compartirla por asuntos de confidencialidad.

Debido a la poca información disponible se toma la opción metodológica de utilizar los precios de los insumos para evaluar las alternativas de cambio de insumos. Y, por otro lado, se recurre a fuentes secundarias de evaluación de proyectos para discutir las alternativas de valorización de desechos.

El uso de los costos de abatimiento permitió generar un criterio de ordenamiento para jerarquizar de las alternativas evaluadas. De esta forma se pudo distinguir en qué magnitud las alternativas generaban ahorros o aumentaban los costos en relación a sus reducciones de impactos ambientales.

Finalmente, se debe reconocer que el objetivo de determinar la factibilidad técnica, económica y ambiental de las alternativas sólo se alcanza parcialmente debido a las limitantes del análisis de costos. Sin embargo, se destaca que las recomendaciones generadas, con todas sus limitaciones, permiten que Comercial Soho oriente sus

esfuerzos para evaluar de forma más específica sus proyectos de mejora de desempeño ambiental.

GLOSARIO

ACV: Análisis de Ciclo de Vida.

APL: Acuerdo de Producción Limpia.

CAN: Nitrato de Amonio de Calcio, por sus siglas en inglés: Calcium Amonium Nitrate. Es el nombre que se le da a la mezcla de nitrato de amonio, carbonato de calcio y carbonato de magnesio.

COI: Consejo Oleícola Internacional.

CTU: Unidad Toxica Comparable, por sus siglas en inglés: Comparable Toxic Unit.

PE: Polietileno.

PET: Polietileno Tereftalato.

PDP: Programa de Desarrollo de Proveedores.

SGA: Sistema de Gestión Ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Campos y E. Polit, «Nuevos enfoques para Chile Potencia Alimentaria y Forestal,» 2011.
- [2] La Segunda, «Escenarios agrícolas, llegó la hora de la adaptación,» *Ruta de la Sustentabilidad*, pp. 3,4, 27 noviembre 2013.
- [3] Walmart, «Environmental Sustainability,» [En línea]. Available: <http://corporate.walmart.com/global-responsibility/environmental-sustainability>. [Último acceso: 03 diciembre 2013].
- [4] La Segunda, «El aterrizaje del Consorcio por la Sustentabilidad,» *Ruta de la Sustentabilidad*, pp. 14,15, 27 noviembre 2013.
- [5] B. Nixon, «An Introduction to TSC,» 2011.
- [6] S. Manning, F. Boons, O. von Hagen y J. Reinecke, «National contexts matter: The co-evolution of sustainability standards in global value chains,» *Ecological Economics*, nº 83, pp. 197-209, 2012.
- [7] Universidad Andres Bello - Ipsos, «Encuesta Consumo Sustentable,» 2012.
- [8] Prochile, «Directorio Gourmet Chile 2010,» 2010.
- [9] M. Avraamides y D. Fatta, «Resource consumption and emissions from olive oil production: a life cycle inventory case study in Cyprus,» *Journal of Cleaner Production*, nº 16, pp. 809-821, 2008.
- [10] B. I. Romero, «El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental,» *Boletín IIE*, Vols. %1 de %2julio-septiembre, pp. 91-97, 2003.
- [11] Edge Enviroment, «What are ecopoints?».
- [12] Senatla, Mamahloko; Merven, Bruno; Hughes, Alison; Cohen, Bret, «Marginal Abatement Cost Curves,» MAPS, 2013.
- [13] J. Vattenfall, «European Emissions Trading Scheme,» 2008.
- [14] Comercial Soho, «Nuestra Compañía,» [En línea]. Available: <http://www.sohocomercial.cl>. [Último acceso: 12 Marzo 2014].
- [15] Consejo Oleícola Internacional, «Cifras Aceites de Oliva,» [En línea]. Available: <http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-world-olive-oil-figures>. [Último acceso: 08 04 2014].
- [16] Chileoliva, «Informe Anual del Mercado Nacional de Aceite de Oliva 2012,» 2013.
- [17] Chileoliva, «Reporte Exp-Imp 2013,» 2014.
- [18] C. Higgins, «Chile Bets On Russia As Emerging Olive Oil Market,» *Olive Oil Times*, 13 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.oliveoiltimes.com/olive-oil-business/south-america/chile-bets-on-russia/38068>. [Último acceso: 10 Abril 2014].
- [19] P. Gonzalez, Interviewee, *Entrevista a gerente de proyectos de ChileOliva, sobre el APL y su desarrollo.* [Entrevista]. 2 Julio 2014.
- [20] Esencia de Olivo, «Industrias del Aceite en España,» [En línea]. Available: <http://www.esenciadeolivo.es/aceite-de-oliva/produccion/industrias-del-aceite-en-espana/>. [Último acceso: 7 Mayo 2014].

- [21] G. Guzmán, L. Foraster y J. Sánchez, «El Olivar Ecológico,» Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía., 2013.
- [22] J. M. Álvarez, «Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica,» Junta de Andalucía, 2013.
- [23] C. Vasilopoulos, «Study of Greek Olive Oil Sector Urges Producers to 'Standardize',» Olive Oil Times, 2011. [En línea]. Available: <http://www.oliveoiltimes.com/olive-oil-business/greek-olive-oil-sector/22768>. [Último acceso: 8 Abril 2014].
- [24] ECOIL, «Life Cycle Assessment as a Decision Support Tool for the eco-production of olive oil - The olive oil production stage,» 2006.
- [25] ECOIL, «Life Cycle Assessment as a Decision Support Tool for the eco-production of olive oil - The olive cultivation stage,» 2006.
- [26] Australian Olive Association, «Industry Snapshot,» [En línea]. Available: <http://www.australianolives.com.au/>. [Último acceso: 18 Abril 2014].
- [27] Plant Health Australia, «Industry Biosecurity Plan for the Olive Industry,» 2009.
- [28] R. Spooner-Hart, «Sustainable Pest and Disease Management in Australian Olive Production,» Rural Industries Research and Development Corporation, 2005.
- [29] J. Markham y T. Nair, «Recycling Solid Waste from the Olive Oil Extraction Process,» Rural Industries Research and Development Corporation, 2008.
- [30] Consejo Nacional de Producción Limpia, «Acuerdo de Producción Limpia: Producción Sustentable de Aceite de Oliva,» 2013.
- [31] I. Tobar, «Mejores Técnicas Disponibles. Manejo y Disposición Final de los Residuos Generados en la Producción y Procesamiento de Aceite de Oliva Virgen.,» de *Seminario de producción sustentable de aceite de oliva*, 2014.
- [32] Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile., «Ley para el reciclaje. Ley Marco para la Gestión de Residuos y Responsabilidad Extendida del Productor.,» Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile., [En línea]. Available: <http://www.mma.gob.cl/1304/w3-propertyvalue-16542.html>. [Último acceso: 20 6 2014].
- [33] A. Ibache, C. Sierra y F. Tapia, «Fertilización del Olivo en el Valle de Huasco,» Vallenar, 2000.
- [34] Fundación Chile, «Manejo Integrado del Cultivo del Olivo.,» 2013.
- [35] Consejo Nacional de Producción Limpia, «Guía de Mejores Técnicas Disponibles para la Valorización del Alperujo en la Obtención de Energía Calórica para las Operaciones de las Plantas Olivícolas,» 2013.
- [36] Ministerio Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina, «Proceso de Elaboración,» 2008.
- [37] J. Pizarro, «ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DOMICILIARIOS EN CHILE. TENDENCIAS Y COMPARACIÓN CON OTROS PAÍSES.,» 2011.
- [38] Greenhouse Gas Protocol, «Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard,» 2012.
- [39] Instituto de Salud Pública , «El aceite de oliva y la dieta mediterranea,» Madrid, 2005.

- [40] Interprofesional del Aceite de Oliva Español, «¿Qué cantidad de aceites de oliva debe contener una dieta sana?,» [En línea]. Available: http://www.interprofesionaldelaceitedeoliva.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=309:ique-cantidad-de-aceites-de-oliva-debe-contener-una-dieta-sana-&catid=67:portada. [Último acceso: 25 Febrero 2014].
- [41] Cesnutnutricio, «Recomendaciones alimentarias: Cómo planificar una alimentación saludable,» 2004.
- [42] R. Salomé, «Italian Experiences in Life Cycle Assessment of Olive Oil,» 2009.
- [43] SeaRates LP, «Transit Time, Distance Calculator And Port to Port Distances.,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.searates.com/reference/portdistance/>. [Último acceso: 27 Marzo 2014].
- [44] T. Nemecek y J. Schnetzer, «Methods of Assessment of Direct Field Emissions for LCIs of Agricultural Production Systems,» Zurich, 2011.
- [45] N. Seiffert, «Análisis de ciclo de vida de la industria de detergentes de lavado textil con estudio de caso de la empresa Envatec.,» Santiago de Chile, 2014.
- [46] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, España, «Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada,» 2007.
- [47] F. Brentrup, J. Küsters, H. Kuhlmann, Lammel y J., «Application of the Life Cycle Assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers,» 2000.
- [48] J. Kaczewer, «Toxicología del Glifosato: Riesgos para la Salud Humana,» [En línea]. Available: http://www.ecoportel.net/Temas_Especiales/Salud/Toxicologia_del_Glifosato_Riesgos_para_la_salud_humana. [Último acceso: 23 Mayo 2014].
- [49] Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Chile, «Lista de Plaguicidas con Autorización Vigente,» 2014.
- [50] E. White, «A life cycle assessment of a standard Irish composting process and agricultural use of compost,» rx3, 2012.
- [51] J. M. Álvarez, «ESTUDIO SOBRE MEZCLAS ÓPTIMAS DE MATERIAL VEGETAL PARA COMPOSTAJE DE ALPERUJOS EN ALMAZARAS ECOLÓGICAS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS COMPOST PRODUCIDOS,» Junta de Andalucía, 2006.
- [52] M. Diaz, «Comparison of the enviromental impact of biomass and fossil fuels medium-scale boilers for domestic applications employing life cycle assessment methodology».
- [53] Cristalería Toro, «Catálogo Aceiteros,» [En línea]. Available: <http://www.cristoro.cl/productos/catalogo.php?cat=aceitero&tipo=aceitero>. [Último acceso: 20 Abril 2014].
- [54] Envasur, «Botellas Pet,» [En línea]. Available: <http://www.ensaur.com/esp/index/item/3/botella-pet-500-ml-diamante>. [Último acceso: 20 Abril 2014].
- [55] Aceites Toledo, «Catalogo de Latas Litografiadas,» [En línea]. Available: <http://www.aceitestoledo.com/user/descargas/CatalogoLatas.pdf>. [Último acceso: 20 Abril 2014].

- [56] A. Rolón, Interviewee, *Entrevista a experto en packaging de Fundación Chile.* [Entrevista]. 6 Junio 2014.
- [57] PRé, product ecology consultants, «SimaPro 7. Database Manual. Methods library,» 2012.
- [58] L. Schebek, «Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment,» Diciembre 2012. [En línea]. Available: http://www.gd-maroc.info/fileadmin/user_files/pdf/renforcement_capacite/Module_12_Exercice_6.pdf.
- [59] M. T. Varnero, K. Galleguillo y R. Rojas, «Sistemas de Compostaje para el Tratamiento de Alperujo.,» Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, AGRIMED, 2011.
- [60] J. M. Álvarez, «Estudio de viabilidad de producción económica de producción de compost a partir de alperujos y posibles necesidades de incentivos,» Consejo de Andalucía, 2006.
- [61] Agraria Olearum, «Compostaje de Alpeorujo,» Agraria Olearum, [En línea]. Available: <http://www.olearum.com/compost>. [Último acceso: 24 Junio 2014].
- [62] J. Álvarez, R. García, J. Jáuregui y A. Pérez, «El compostaje de alperujos,» Revista Alcuza, [En línea]. Available: http://www.revistaalcuza.com/REVISTA/articulos/GestionNoticias_730_ALCUZA.asp. [Último acceso: 24 Junio 2014].
- [63] C. Córdova, «Estudio de Factibilidad Técnico-Económica para Instalar una Planta de Compostaje Utilizando Desechos Vegetales Urbanos.,» 2006.
- [64] H. Yoldi, Interviewee, *Entrevista al gerente de producción de Comercial Soho, sobre sus proyectos de sustentabilidad.* [Entrevista]. 29 6 2014.
- [65] Secretaría General del Medio Rural Y La Producción Ecológica , «Potencial energético de los subproductos de la industria olivarera en Andalucía,» Junta de Andalucía, 2010.
- [66] EcoTenda, «Manual de insecticidas, Fungicidas y Fitofortificantes Ecológicos,» 2013. [En línea]. Available: http://ecotenda.net/themes/ecotenda/archivos/manual_insecticidas.pdf. [Último acceso: 09 Junio 2014].
- [67] L. Rivera, «Proceso de Decisión de Compra y Motivaciones Hacia el Aceite de Oliva en Consumidores de la Región Metropolitana, Chile.,» Universidad de Chile.
- [68] Proyecto Life Sinergia, «Sistemas de Gestión Ambiental,» 2009.
- [69] M. Eduardo, «¿Qué es un sistema de gestión ambiental?,» 2003.
- [70] Wikipedia, «Aceite de Oliva,» Wikipedia, [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_de_oliva. [Último acceso: 21 Febrero 2014].
- [71] ABC.es, «Los beneficios para la salud que el aceite de oliva podrá indicar en su etiqueta,» ABC.es, [En línea]. Available: <http://www.abc.es/sociedad/20121218/abci-propiedades-aceite-oliva-201212171854.html>. [Último acceso: 10 Abril 2014].
- [72] Consejo Oleícola Internacional, «Norma comercial aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva,» 2013.
- [73] A. Castro, «Almazara Comunitaria Colchagua,» 2012.

- [74] INIA Tierra Adentro, «Producción Nacional y Consumo de Aceite de Oliva.,» 2008.
- [75] C. Higgins, «Chilean Olive Oil Exports Sharply Higher,» Olive Oil Times, 1 Marzo 2011 . [En línea]. Available: <http://www.oliveoiltimes.com/features/chilean-olive-oil-exports-increase/13270>. [Último acceso: 10 Abril 2014].
- [76] Revista Business Chile, «Eficiencia Energética y Producción Limpia en la Industria Olivícola Chilena,» Revista Business Chile, 26 Febrero 2014. [En línea]. Available: http://www.chileoliva.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=390%3Aeficiencia-energetica-y-produccion-limpia-en-la-industria-olivicola-chilena&catid=39%3Ageneralchile&lang=en. [Último acceso: 10 Abril 2014].
- [77] International Standard Organization., «Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework,» 1997.

ANEXO 1 – IMPACTOS AMBIENTALES DEL CHILENO PROMEDIO

Los valores de los impactos ambientales generados diariamente por un chileno promedio corresponden a los recopilados por Fundación Chile ser utilizados en la creación de indicadores de puntaje normalizado. Se reportan las cifras en la siguiente tabla.

Tabla 38 - Impactos diarios del chileno promedio. Fuente: Fundación Chile.

Categoría de Impacto	Unidad	Cantidad
Cambio climático	kg CO ₂ eq	1,51E+01
Deterioro Capa de Ozono	kg CFC-11 eq	3,48E-06
Formación de smog fotoquímico	kg NMVOC	1,30E-01
Formación material particulado	kg PM ₁₀ eq	6,61E-02
Radiación ionizante	kg U ₂₃₅ eq	1,71E+01
Acidificación terrestre	kg SO ₂ eq	1,77E-01
Eutrofización agua dulce	kg P eq	2,18E-03
Eutrofización marina	kg N eq	4,11E-02
Toxicidad humana, cáncer	CTUh	1,17E-09
Toxicidad humana, no-cáncer	CTUh	1,29E-08
Ecotoxicidad	CTUe	1,21E+01
Ocupación suelo agrícola	m ² a	5,69E+01
Ocupación suelo urbano	m ² a	1,55E+00
Transformación de suelos	m ²	9,78E-03
Agotamiento de fuentes de agua	m ³	6,03E+00
Agotamiento de minerales	kg Fe eq	1,29E+00
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oileq	3,54E+00

ANEXO 2 - PROPIEDADES DEL ACEITE DE OLIVA

Se considera que el aceite de oliva extra virgen es muy beneficioso para la salud. En [68] y [69] se reconocen las siguientes propiedades asociadas al consumo de aceite de oliva:

- El contenido de vitamina E contribuye a la protección de las células frente al daño oxidativo de las partículas LDL, conocido como “colesterol malo”. Adicionalmente la vitamina E también protege a la célula de su membrana celular.
- Las grasas insaturadas, como el ácido oleico, presentes en el aceite ayudan a reducir los niveles de LDL.
- Los polifenoles presentes en el aceite poseen una acción antioxidante, previene el envejecimiento celular y la formación de células cancerosas.
- En las personas diabéticas ayuda a rebajar los niveles de glicemia por lo que se requiere una menor cantidad de insulina.
- El aceite de oliva virgen extra se infiltra muy poco cuando es utilizado para freír alimentos, ya que las variaciones químicas que se producen en la fritura son pequeñas y lentas. Además, al freír se genera una costra en el alimento que no deja que se escapen sus constituyentes. Por lo que se considera el mejor aceite para realizar frituras.
- Favorece la síntesis hepática de sales biliares con lo que evita la sobreabundancia de colesterol y ayuda a la asimilación de grasas.
- Reduce el ácido de la mucosa esofágica, frena y regula el vaciado del estómago al duodeno, y desciende la acidez gástrica, por lo que se reduce el riesgo de la aparición de úlceras gástricas.
- Los ácidos grasos presentes en el aceite de oliva satisfacen totalmente las exigencias nutricionales.

ANEXO 3 - CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES DE OLIVA

El Consejo Oleícola Internacional (COI) es la organización internacional que establece la norma comercial de clasificación de aceites de oliva en su rol de administración del acuerdo Internacional de Aceites de Oliva y Aceitunas de Mesa. La norma de mayo de 2013, impone nuevas exigencias en términos de calidad organoléptica y química del aceite de oliva comercializado internacionalmente lo que por un lado enfrenta el problema de fraude y adulteración de aceites de oliva en el mundo y favorece en gran medida la calidad producida en Chile [16].

El COI establece en [70] la definición de aceite de oliva como “el aceite procedente únicamente del fruto del olivo (*Olea europaea* L.), con exclusión de los aceites obtenidos por disolventes o por procedimientos de reesterificación y de toda mezcla con aceites de otra naturaleza.”

El COI, en [70], categoriza los aceites de oliva de la siguiente forma:

Aceites de oliva vírgenes: son los aceites obtenidos del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por otros medios físicos en condiciones, especialmente térmicas, que no produzcan la alteración del aceite, que no haya tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado. Los aceites de oliva vírgenes cuentan con la siguiente subcategorización

- i. Aceite de oliva virgen extra: aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 0,8 gramos por 100 gramos.
- ii. Aceite de oliva virgen: aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 2 gramos por 100 gramos.
- iii. Aceite de oliva virgen corriente: aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 3,3 gramos por 100 gramos.
- iv. Aceite de oliva virgen lampante: aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es superior a 3,3 gramos por 100 gramos. Este aceite no es apto para el consumo.

Aceites de oliva no vírgenes: son los aceites obtenidos por procedimientos diferentes a los que producen el aceite de oliva virgen. Los aceites de oliva no vírgenes presentan la siguiente subcategorización

- i. Aceite de oliva refinado: es el aceite de oliva obtenido de los aceites de oliva vírgenes mediante técnicas de refinado que no provoquen ninguna modificación de la estructura glicéridica inicial. Su acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 0,3 gramos por 100 gramos.
- ii. Aceite de oliva: es el aceite constituido por la mezcla de aceite de oliva refinado y de aceites de oliva vírgenes aptos para el consumo en la forma en que se obtienen. Su acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 1 gramo por 100 gramos.

Aceites de orujo de oliva: Es el aceite obtenido por tratamiento con disolventes u otros procedimientos físicos de los orujos de oliva, con exclusión de los aceites obtenidos por

procedimientos de reesterificación y de toda mezcla con aceites de otra naturaleza. Los aceites de orujo de oliva cuentan con la siguiente subcategorización:

- i. Aceite de orujo de oliva crudo: es el aceite de orujo de oliva sin ningún tratamiento adicional o mezcla con otros aceites.
- ii. Aceite de orujo de oliva refinado: es el aceite obtenido a partir del aceite de orujo de oliva crudo por técnicas de refinado que no provoquen ninguna modificación de la estructura glicerídica inicial. Su acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 3 gramos por 100 gramos.
- iii. Aceite de orujo de oliva: es el aceite constituido por la mezcla de aceite de orujo de oliva refinado y de aceite de oliva virgen apto para el consumo en la forma en que se obtiene. Su acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 1 gramo por 100 gramos.

ANEXO 4 - CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA INTERNACIONAL

El escenario mundial de la olivicultura y su crecimiento siempre ha estado ligado a zonas del mediterráneo. El origen del olivo según diferentes hipótesis está unido a Siria, Irán o Afganistán, y es una de las plantas leñosas de más antiguo cultivo junto con la vid, el dátil, la palmera y la higuera. En los últimos tres siglos se propagó siendo una especie cultivada en los cinco continentes. [71]

En la actualidad el aceite de oliva es producido principalmente en países de la cuenca del mar Mediterráneo de gran tradición olivícola. España es, con amplia ventaja, el mayor productor de aceite de oliva. En la campaña recién pasada España concentró el 49,7% de la producción mundial, mientras Italia y Grecia con un 14,6% y 7,43% de producción respectivamente, se sitúan como los segundos y terceros líderes de producción [15].

La producción de aceite de oliva ha mostrado una tendencia generalmente creciente y proporcional a su demanda. No obstante, las cifras de producción internacional pueden variar ampliamente debido a sucesos inesperados, por ejemplo la importante sequía que afectó a España en la campaña⁷ del 2012-2013.

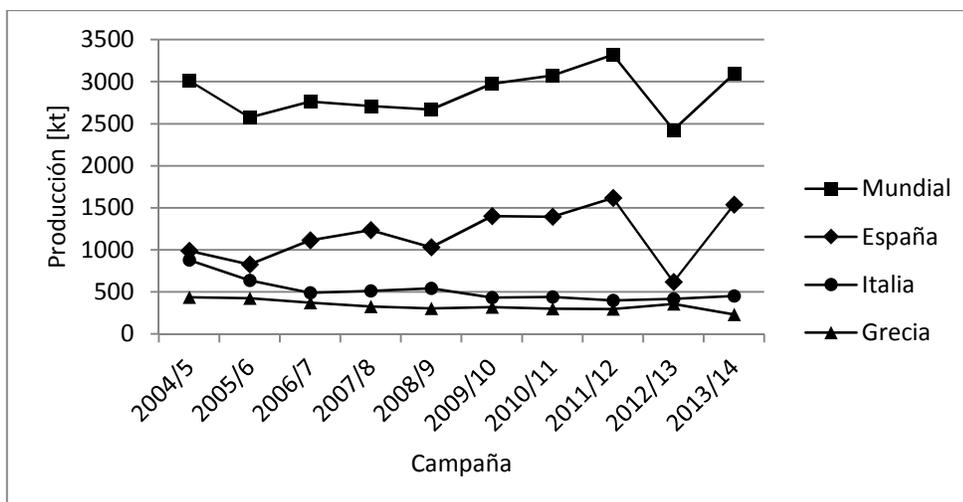


Figura 20 - Producción de aceite de oliva de países tradicionales por campaña. En base a datos de [15].

La producción que no proviene de España, Italia y Grecia se encuentra distribuida y atomizada en varios países, ninguno de los cuales supera el 7% de la producción mundial. Si bien la mayoría de estos países pertenece a la cuenca del mediterráneo, llama la atención la reciente incorporación de participantes ajenos a las zonas de cultivo tradicional.

⁷ En la industria del aceite de oliva se denomina 'campaña' al ciclo periódico y anual en que se realiza el cultivo y extracción del aceite.

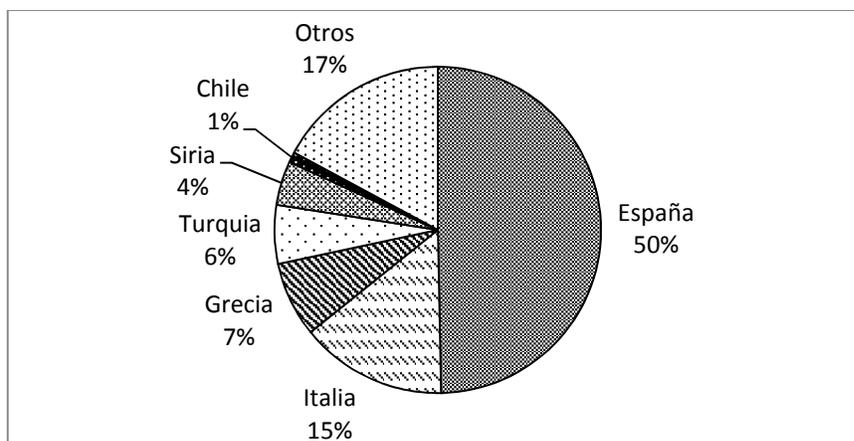


Figura 21 - Distribución porcentual de la producción mundial de aceite de oliva, 2013. En base a datos de [15]

Países como Chile, Argentina, Estados Unidos y Australia han entrado a la industria del aceite de oliva internacional motivados por la creciente demanda. Si bien el aporte de estos países a la producción internacional es escaso, por ejemplo Chile aporta sólo un 1,03%, se pueden esbozar una tendencia al crecimiento. En la Figura 22 se puede apreciar que la producción inicial de estos actores puede ser muy variable, sin embargo Chile y Estados Unidos destacan por su crecimiento estable.

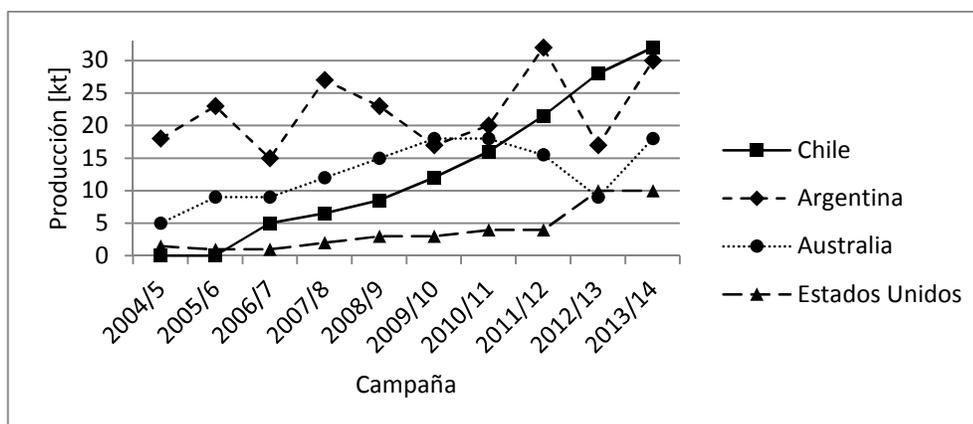


Figura 22 - Producción de aceite de oliva de países no tradicionales por campaña. En base a datos de [15].

El consumo de aceite de oliva, al igual que su producción, está concentrado principalmente en países mediterráneos. Sin embargo, en líneas generales, estos países consumen menos de lo que exportan, el ejemplo más notorio es España que concentra el 49,7% de la producción mundial, pero sólo consume el 19,6%. Con esto se evidencia la finalidad exportadora de buena parte de la producción del aceite.

Además de los países mediterráneos, destaca el consumo de Estados Unidos, que consumió 294.000 toneladas de aceite, representando el 10% del consumo mundial. El resto del consumo está disgregado entre varios países entre los cuales llama la atención la reciente aparición de Japón, Rusia, Australia y Canadá.

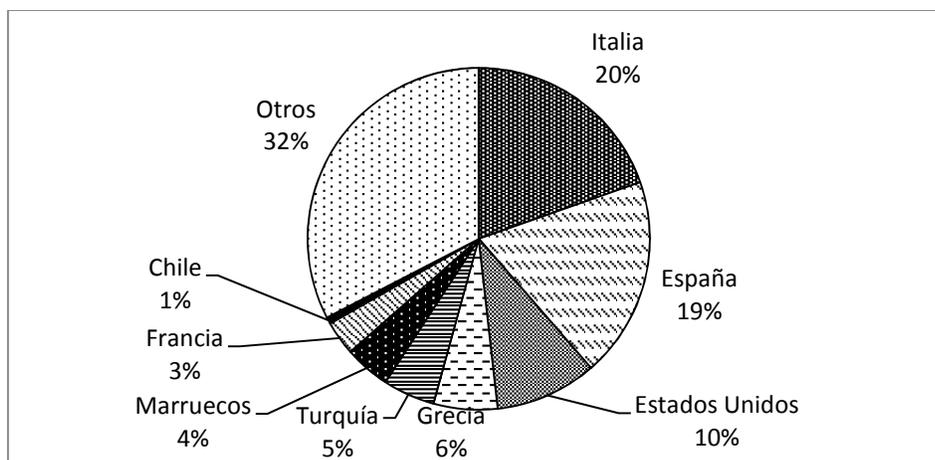


Figura 23 - Distribución porcentual del consumo internacional de aceite de oliva, 2013. En base a datos de [15]

Similar a las relaciones entre producción y consumo, las cifras mundiales de exportación e importación demuestran que los países con mayor magnitud de exportación son también los mayores productores mientras que aquellos que lideran en importaciones son también los mayores consumidores.

Resalta el hecho que sea Italia y no España quien genera la mayor cantidad de exportaciones. También llama la atención que España, siendo el mayor productor, tenga más importaciones que exportaciones, esto podría deberse a su gran consumo interno o la práctica de envasar y luego exportar aceites extranjeros.

Por otro lado cabe destacar que el mayor importador de aceite de oliva es Estados Unidos, acaparando un cuarto de las importaciones mundiales y también la presencia se países sin mayor tradición oleícola como Brazil, Japón, Canada y Australia.

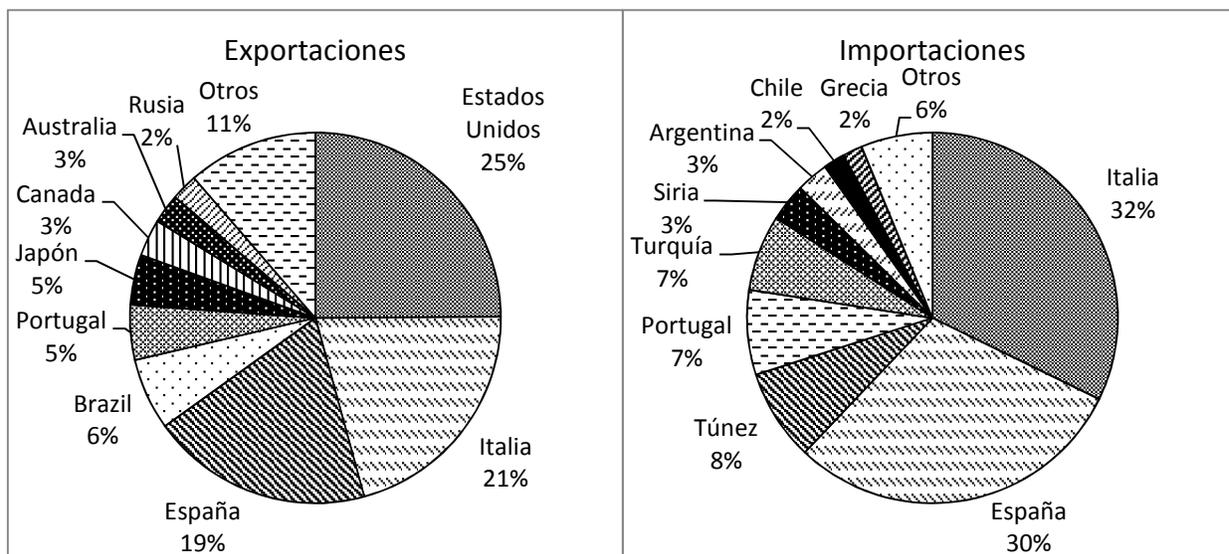


Figura 24 - Distribución porcentual de las exportaciones (izquierda) e importaciones (derecha) de aceite de oliva, 2013. En base a datos de [15].

En líneas generales el mercado internacional muestra una fuerte concentración de la producción y del consumo en países mediterráneos debido a una ancestral tradición

oleícola. No obstante, en los últimos años el mercado se ha abierto a incluir nuevos países de menor influencia en la producción pero de un crecimiento rápido y también a nuevos países con una tendencia creciente en el consumo asociado al crecimiento del poder adquisitivo de las naciones en vías de desarrollo.

ANEXO 5 - CARACTERIZACION DE LA INDUSTRIA NACIONAL

Actualmente, la expansión internacional de los cultivos de oliva se ha concentrado en zonas donde no hay mayores precedentes históricos de este cultivo. Tal es el caso de nuestro país, que rápidamente se ha incorporado a la producción oleícola motivado por el incremento en la demanda nacional e internacional [71].

En Chile la producción de aceite de oliva fue introducida por los conquistadores españoles en el siglo XVI. Las primeras plantaciones se realizaron en las regiones del norte, Azapa y Huasco, asociadas al consumo fresco de aceituna. Posteriormente, a mediados de la década del noventa, se quintuplicó la superficie de cultivo principalmente con la incorporación las variedades destinadas a la producción de aceite de oliva [71, 72].

El incremento en la demanda de aceite de oliva es atribuido a sus bondades nutraceuticas y al incremento del poder adquisitivo de los países en vías de desarrollo, que está aumentando su consumo per cápita. En Chile, éste alcanza a 0,250 litros por persona, mientras Grecia lo lidera con 17 litros por persona. Por otro lado, Chile ha suscrito una serie de tratados de libre comercio y acuerdos comerciales con los principales países y comunidades económicas del mundo, lo que abre posibilidades de mercado al aceite de oliva, satisfaciendo las necesidades del hemisferio norte [72].

Actualmente el aceite de oliva chileno es caracterizado por su gran calidad, con un foco claro en la producción de aceite de categoría extra virgen que contabiliza el 90% de la producción. Los principales productores nacionales se mantienen a la vanguardia industrial capacitando a sus equipos profesionales mediante viajes al extranjero y contratando asesores especializados, capturando tecnologías de países con tradición e investigación avanzada en aceite de oliva, como España e Italia [16].

Cifras del Mercado Nacional

La superficie nacional de plantaciones de olivos para la elaboración de aceite ha experimentado un incremento considerable en los últimos años, desde el año 2005 al 2012 el aumento fue de un 420% [16].

La superficie plantada se distribuye principalmente entre la III y VII región, concentrándose mayoritariamente en la en la VI, VII y IV región, que representan el 24%, 23% y 21% respectivamente [16].

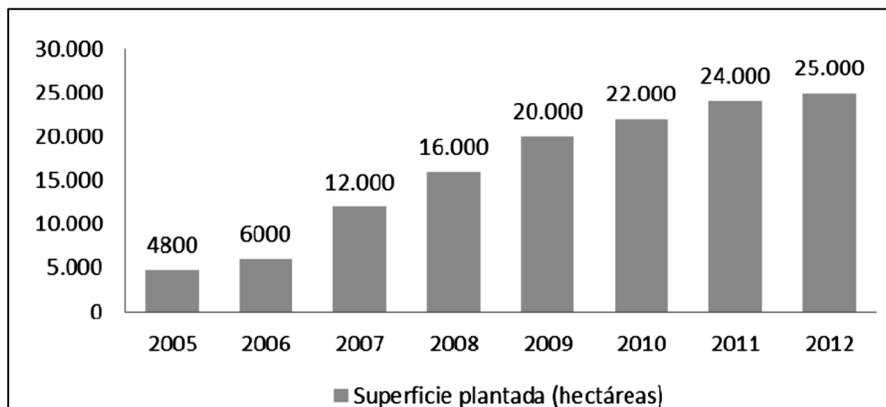


Figura 25 - Evolución superficie nacional plantada para la producción de aceite del 2005 al 2012 [16].

La producción nacional de aceite de oliva ha mostrado un aumento sostenido, desde el año 2005 al 2012 se ha presentado una tasa anual de crecimiento del 45%. El año 2013 se registró una producción de 32.000 toneladas, representando un aumento del 48,1% con respecto al año anterior [16, 15].

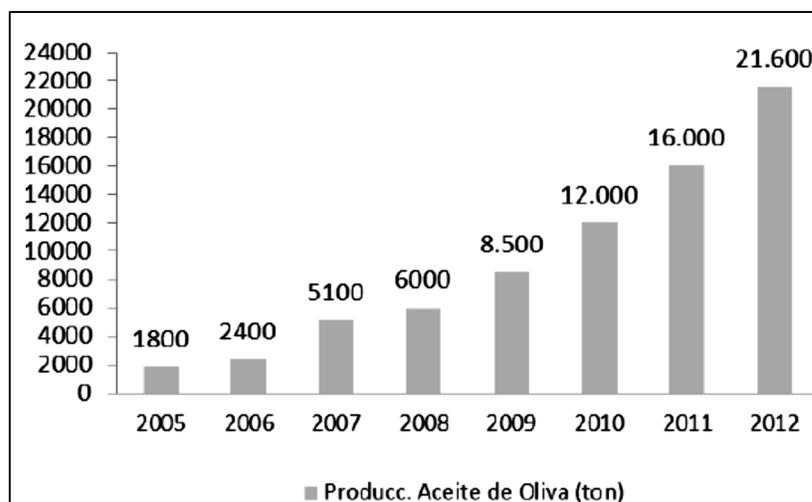


Figura 26 -Evolución de la Producción Nacional, desde el 2005 al 2012 [16]

El consumo nacional de aceite de oliva ha mostrado una tendencia creciente y sostenida en el tiempo. En el aumento del consumo han influido la promoción de la dieta mediterránea que resalta las propiedades nutritivas del aceite de oliva, el incremento en la oferta de marcas chilenas en cadenas de supermercado, así como también que los consumidores nacionales han incorporado este producto de distintas maneras en su dieta. Para el año 2012 el consumo aparente⁸ per cápita estimado fue de alrededor de 737 gramos por persona al año, lo que representa un aumento del 22,2% con respecto al consumo estimado del año anterior [16].

⁸ El consumo per cápita aparente (CPA) es calculado según la fórmula:

$$CPA = \frac{\text{Producción anual} + \text{Importaciones} - \text{Exportación}}{\text{Población nacional}}$$

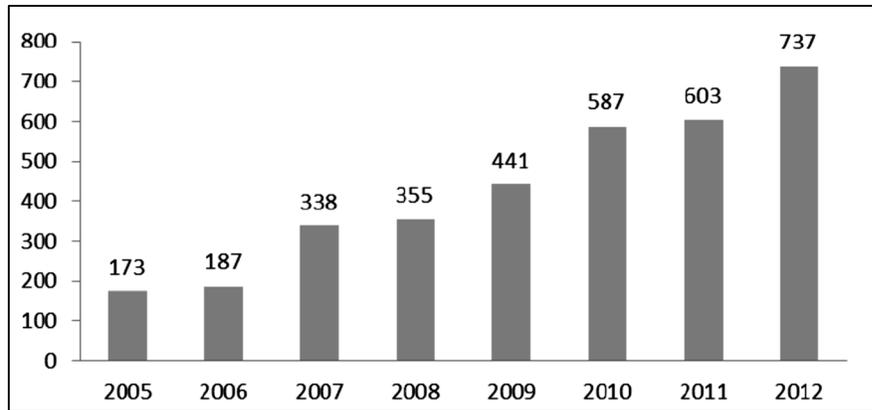


Figura 27 - Evolución del consumo per cápita aparente nacional de aceite de oliva del 2005 al 2012 [16].

La exportación de aceite de oliva ha mostrado un crecimiento acelerado debido a la mayor cantidad de empresas que han comenzado a exportar y a la diversificación de los destinos de exportación [16]. Durante el año 2013 se exportaron en total 9.879 toneladas de aceite de oliva, correspondientes a embarques por US\$ 44.163.786 valor FOB, lo cual representa una disminución de la cantidad exportada de un 3,4% y un aumento de 21,9 % en US\$ valor FOB, con respecto al año 2012 [17].

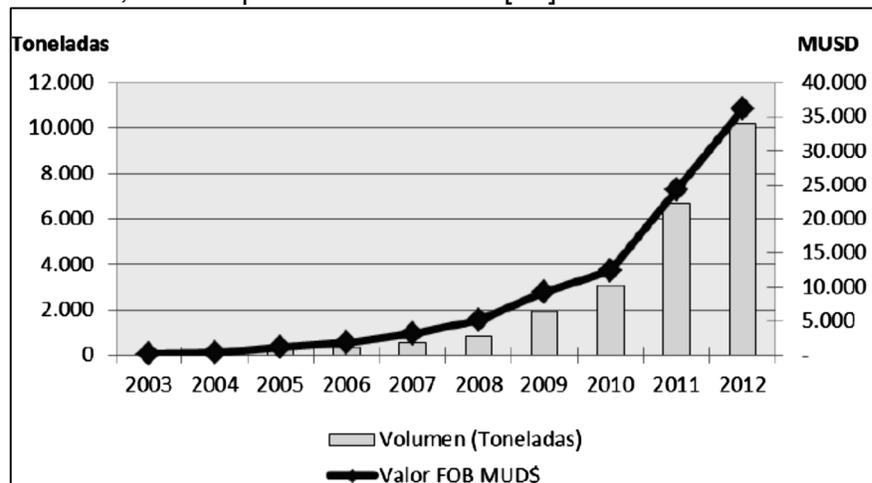


Figura 28 - Evolución de las exportaciones nacionales de aceite de oliva del 2003 al 2012 [16].

El principal destino de las exportaciones chilenas durante el año 2013 fue Estados Unidos, representando el 39,4% del valor FOB total. El segundo destino más importante para las exportaciones de aceite de oliva correspondió a Brasil 26,9% del valor FOB exportado. Otros destinos de importancia están descritos en la Tabla 39.

Tabla 39 - Principales países de destino de las exportaciones chilenas de aceite de oliva, año 2013 [17].

País Destino	Cantidad de Mercancía [Kg]	Valor FOB [US\$]	Valor FOB [%]
Estados Unidos	4.164.236	17.408.448	39,4
Brasil	2.320.192	11.872.420	26,9
Italia	1.163.090	4.151.301	9,4
Colombia	686.651	2.631.251	6,0
Canadá	381.362	1.859.399	4,2
Venezuela	257.208	1.749.652	4,0
España	307.074	1.048.625	2,4
Japón	137.926	926.758	2,1
China	103.310	607.231	1,4
Otros	358.002	1.908.701	4,2
Total	9.879.051	44.163.786	100

Con respecto a las importaciones el comportamiento en los últimos años ha mostrado una tendencia a la baja. Desde el 2005 al 2012 el volumen de importación ha disminuido en un 34%. Esto se debe a la creciente oferta nacional de aceite de oliva en remplazo por las alternativas extranjeras y la preferencia del consumidor por las marcas locales [16].

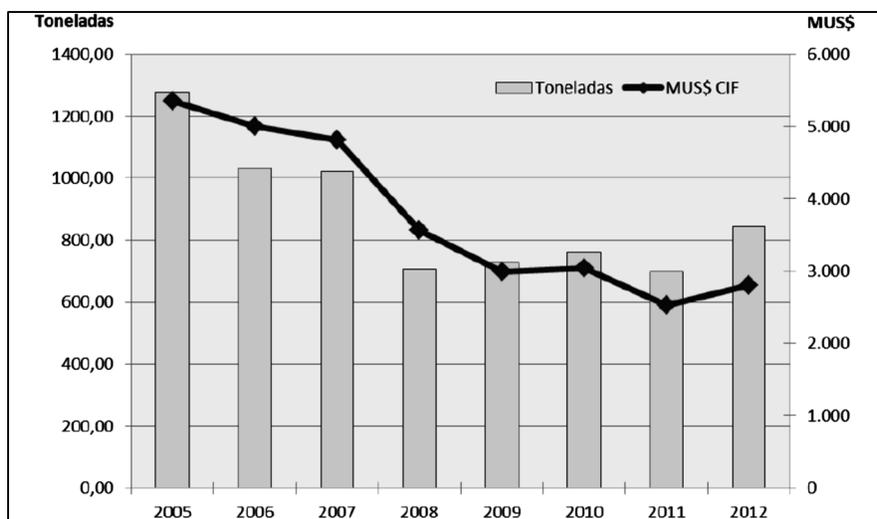


Figura 29 - Evolución de las importaciones de aceite de oliva del 2005 al 2012 [16].

Las importaciones el año 2013 volvieron a disminuir, registrando una baja del 15,1% con respecto al año anterior y contabilizando un total de solo 715.000 toneladas por un valor CIF total de US\$2.426.411.

Consumidor Nacional

En los últimos años el consumidor chileno ha incrementado su preferencia por el aceite de oliva, como lo demuestra el incremento de su demanda nacional y el consiguiente aumento del consumo per cápita.

Este fenómeno puede ser explicado por varias razones: un mayor conocimiento de las propiedades del aceite de oliva que lo hacen figurar como alternativa más sana en

comparación a los otros aceites y un incremento en la oferta de aceites de olivas en los anaqueles de las principales tiendas [72].

En [65] se explican las principales motivaciones de compra de los consumidores chilenos al comprar aceite de oliva. Entre ellas se destaca en primer lugar la percepción de que “el aceite de oliva es un alimento sano”, luego la preferencia en cuanto al gusto y el aroma del aceite de oliva. También resultan importantes motivaciones de uso como “el aceite de oliva es ideal para aliñar ensaladas” y funcionales como “consumo aceite de oliva para mejorar mi salud” y “me recomendaron el aceite de oliva para bajar el colesterol”.

Tendencias de la Industria Nacional

La producción chilena de aceite de oliva aún tiene un amplio espacio para seguir aumentando, debido al aumento de la superficie de cultivo y al hecho de que los árboles están aún no alcanzan la edad óptima de producción. ChileOliva, en [15], proyecta que para el año 2020 habrá una superficie de 32.000 hectáreas destinadas al cultivo de olivos para producción de aceite. Además se debe considerar que tanto la demanda nacional como internacional muestran una tendencia creciente [72] que puede recibir la mayor producción. Por lo tanto, el crecimiento productivo del sector es una tendencia clara.

El aumento productivo tiene efectos también en el mercado de destino del aceite de oliva chileno. Por un lado, la disminución de las importaciones y aumento del consumo muestra que el aceite de oliva chileno podría pronto capturar el mercado nacional. Por otro lado, se vaticina un aumento en las exportaciones. ChileOliva estima que las exportaciones para el año 2015 estarán cerca de los US\$67.320.000, correspondiente a envíos por 22.400 toneladas de aceite de oliva extra virgen [16].

La industria nacional continúa sus esfuerzos por promover su producto en sus principales países de destino, Estados Unidos y Brasil [16]. Sin embargo, también se están considerando nuevos mercados de destino como Rusia, considerado un atractivo mercado en crecimiento, donde se ha presentado el producto a través de una exhibición de aceite de oliva chileno [18]. Las exportaciones chilenas pretenden posicionarse por su gran calidad, pues produce casi exclusivamente aceite de oliva extra virgen y ha ganado numerosos premios internacionales [73].

Por otro lado, la industria chilena ha mostrado fuertes avances en materias de sustentabilidad. Actualmente la asociación industrial ChileOliva se encuentra trabajando junto al Consejo de Producción Limpia en un Acuerdo de Producción Limpia (APL) para la Industria Olivícola Nacional, que busca ser una herramienta de gestión para la competitividad de las empresas y el desarrollo sustentable del país [16]. En este sentido, representantes de la industria han manifestado que el paradigma sustentable aporta dos ventajas: la primera es una clara reducción de costos asociada a la eficiencia de la producción, mientras la segunda es el atributo diferenciador que aporta ante mercados con fuertes exigencias medioambientales [74].

ANEXO 6 - INVENTARIO DE CICLO DE VIDA, LINEA BASE

Poda		Ha
INPUTS		UNITS
Uso de suelo		Ha
Tractor (petroleo)		tkm
OUTPUTS		UNITS
Residuos orgánicos		kg

Fertilización foliar		Ha
INPUTS		UNITS
Transporte internacional		tkm
Transporte nacional		tkm
Fertilizante; Zinc (6% Zn)		Kg
Fertilizante; Boro		Kg

Fertirriego		Ha
INPUTS		UNITS
Transporte internacional		tkm
Transporte nacional		tkm
Combustible		Lts
Fertilizante; urea (46% N)		KG
Fertilizante; Acido Fosfórico		Kg
Fertilizante; Muriato de Potasio (60% K)		Kg
Fertilizante; Ácido Bórico		Kg
Fertilizante: Sulfato de Zn (51,6% Zn)		Kg
Fertilizante: Sulfato de Mg (74% Mg)		Kg
OUTPUTS		UNITS
Envases Bolsas o Saco		kg
emisiones NH3 ammonia		kg
emisiones NO3 to groundwater		kg
emisiones P through water erosion to surface water		kg
emisiones N2O to the air		kg
emisiones NOx		kg

Control de Malezas		Ha
INPUTS		UNITS
Transporte internacional		tkm
Transporte nacional		tkm
Mano de Obra		JH
Glifosato (48%)		kg
Diesel		tkm

Riego		Ha
-------	--	----

INPUTS	UNITS
Energía	kWh
Agua	M3
Tuberías PVC	kg
Cintas de Riego	kg

OUTPUTS	UNITS
Tuberías PVC	kg
Cintas Defectuosas	kg

Cosecha	Ha
---------	----

INPUTS	UNITS
Diesel	tkm
Recambio Mallas Recolectoras	kg
Bins	kg

OUTPUTS	UNITS
Desecho de mallas	kg
Bins defectuosos	kg
Olivas	kg

Recepción Insumos	L
-------------------	---

INPUTS	UNITS
transporte	tkm
Gas Grua	m3

Producción Aceite	L
-------------------	---

INPUTS	UNITS
Bins	kg
Materia prima	kg
Agua	mts3
Gas Grua	m3
Nitrogeno	kg

OUTPUTS	UNITS
Bins	kg
Hojas y ramillas	kg
Residuos liquidos	mts 3
Alperujo	kg

Envasado		L
INPUTS		UNITS
Cajas		kg
Botellas Vidrio		kg
Strech (Film)		kg
Etiquetas		kg
Bidones		kg
Pallet		kg
Tapas		kg
Separadores		kg
Capsulas		kg
Transporte		tkm
OUTPUTS		UNITS
Cajas		kg
Botellas		kg
Etiquetas		kg
Bidones		kg
Pallet		kg
Tapas		kg
Capsulas		Kg

Servicios Anexos a la Producción_v2		L
INPUTS		UNITS
Papel		kg
Marcos de madera		m3
Cholguan		m3
Electricidad		kWh
Gas Licuado		m3
Diesel		kWh
OUTPUTS		UNITS
Marcos de Madera		kg
Cholguan		kg

Distribución		L
INPUTS		UNITS
Transporte hacia CD otros		tkm
Transporte hacia CD Vidrio		tkm
grua orquilla diesel		l
electricidad		kWh
Transporte hacia Supermercado otros		tkm
Transporte hacia Supermercado vidrio		tkm
OUTPUTS		UNITS
Cajas		kg
Strech (Film)		kg
Separadores		kg

Uso		L
INPUTS		UNITS
Transporte hacia hogar		personkm
OUTPUTS		UNITS
Residuo oleoso 3% masa		gr

Fin de vida		L
INPUTS		UNITS
Transporte al relleno sanitario		tkm
OUTPUTS		UNITS
Botella de vidrio		kg
Botella de PET (Bidones)		kg
Etiquetas		kg

ANEXO 7 – EFECTOS DESAGREGADOS DE LAS MEJORES OPCIONES DE LOS ESCENARIOS SOBRE LA LINEA BASE.

Tabla 40 - Efectos desagregados de las mejores opciones de los escenarios sobre la línea base. Elaboración Propia.

Categoría de impacto	Línea Base	PET	Incineración de Carozo	Compostaje de Alperujo	Cambio Agroquímicos	Suma Reducciones
Puntaje Normalizado	100%	-24%	-2%	-1%	-5%	-31%
Cambio climático	100%	-29%	-4%	-19%	-1%	-52%
Deterioro capa de ozono	100%	-48%	0%	2%	-3%	-49%
Formación de smog fotoquímico	100%	-42%	-3%	-2%	1%	-45%
Formación material particulado	100%	-41%	-1%	16%	-9%	-36%
Radiación ionizante	100%	-50%	1%	-33%	0%	-82%
Acidificación terrestre	100%	-34%	-1%	31%	-18%	-22%
Eutrofización agua dulce	100%	-26%	0%	-6%	-11%	-44%
Eutrofización marina	100%	-13%	-1%	-13%	-1%	-29%
Toxicidad humana, cáncer	100%	-22%	-1%	0%	-23%	-46%
Toxicidad humana, no-cáncer	100%	-78%	0%	0%	-5%	-83%
Ecotoxicidad	100%	-3%	0%	0%	-66%	-70%
Ocupación de suelo agrícola	100%	-5%	0%	0%	0%	-5%
Ocupación de suelo urbano	100%	-16%	0%	-9%	0%	-25%
Transformación de suelos	100%	47%	0%	1899%	-10%	1936%
Agotamiento de fuentes de agua	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Agotamiento de minerales	100%	-85%	0%	0%	0%	-85%
Agotamiento de combustibles fósiles	100%	-39%	-5%	3%	-2%	-42%

ANEXO 8 – PRECIOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE COSTOS.

Tabla 41 – Precios cotizados para cada alternativa evaluada en los escenarios. Elaboración propia en base a fuentes citadas.

FERTILIZANTES						Cantidad			
Nombre comercial	Compuesto Nitrogenado	Cantidad	Unidad	\$USD	\$CLP	Necesaria	\$CLP/ha	\$CLP/l	Fuente
CAN 27	Nitrato de Amonio	1000	kg		285000	190,81 kg/ha	54.382	33	Coagra
Entec 26	Nitrato de Amonio	1000	kg		330000	198,15 kg/ha	65.391	40	Compo
Entec 21	Sulfato de Amonio	1000	kg		430000	245,33 kg/ha	105.493	65	Compo
Urea	Urea	1000	kg		306600	112,00 kg/ha	34.339	21	Coagra
	Herbicidas								
HERBICIDAS						Cantidad			
Nombre comercial	Ingrediente activo	Cantidad	Unidad	\$USD	\$CLP	Necesaria	\$CLP/ha	\$CLP/l	Fuente
Spectro 33 EC	Pendimetalina	1	L	12,3	6765	4,97 L/ha	33.620	21	Agrocentro
Gesatop 90 WG	Simazina	1	L	9,86	5423	4,00 L/ha	21.692	13	Agrocentro
Aquiles 24 EC	Cletodima	1	L	47,5	26125	0,80 L/ha	20.900	13	Agrocentro
Glifospec 48 SL	Glifosato	1	L	5,2	2860	2,40 L/ha	6.864	4	Agrocentro
INSECTICIDAS						Cantidad			
Nombre comercial	Ingrediente activo	Cantidad	Unidad	\$USD	\$CLP	Necesaria	\$CLP/ha	\$CLP/l	Fuente
Actara 25 WG	Tiametoxam	1	kg	263	144650	2,40 kg/ha	347.160	212	Agrocentro
Argenfrut supreme	Aceite Parafínico	5	L	4,4	2420	79,22 L/ha	38.344	23	Agrocentro
Absoluto 70% WP	Imidacloprid	1	kg	80,9	44495	2,40 kg/ha	106.788	65	Agrocentro
ENVASES						Cantidad			
Nombre comercial	Material	Cantidad	Unidad	\$USD	\$CLP		\$CLP/u.500ml	\$CLP/l	Fuente
500 ml Aceitero Cuadrado	Vidrio	1	u.500ml		330		330	660	Cristalerias Toro
500 ml Aceitero Cuadrado Eco	Vidrio	1	u.500ml		330*		330	660	Soho
Botella PET 500 cc.	PET	1	u.500ml		93		93	186	Plasval
Dintel Lata Litografiada	Hojalata	1	u.500ml	**	**				**

ANEXO 9 – TABLAS DE MITIGACIÓN Y COSTOS DE ABATIMIENTO.

Tabla 42 – Reducciones y Costos de Abatimiento de las Alternativas de Fertilizantes en Todas las Categorías Trascendentes. Elaboración propia.

	Unidad	Urea	Sulfato de Amonio	Nitrato de amonio de Calcio	Nitrato de amonio
Costo	\$CLP	34.339	105.493	54.382	65.391
Diferencia de costo	\$CLP	-	71.154	20.043	31.052
Puntaje Normalizado	Pt	Reducción	8,9E+01	-1,7E+02	6,5E+01
	\$CLP	CA	8,0E+02	-1,2E+02	4,8E+02
Cambio climático	kg CO2 eq	Reducción	1,9E+01	-9,0E+02	-3,0E+02
	\$CLP	CA	3,8E+03	-2,2E+01	-1,0E+02
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	Reducción	9,0E+00	1,2E+01	1,5E+01
	\$CLP	CA	7,9E+03	1,7E+03	2,0E+03
Eutrofización agua dulce	kg P eq	Reducción	6,8E-05	-8,2E-05	-8,2E-03
	\$CLP	CA	1,0E+09	-2,4E+08	-3,8E+06
Eutrofización marina	kg N eq	Reducción	3,0E-01	-1,8E+00	2,8E-01
	\$CLP	CA	2,4E+05	-1,1E+04	1,1E+05
Toxicidad humana, cáncer	CTUh	Reducción	4,9E-09	-4,4E-09	-2,4E-09
	\$CLP	CA	1,5E+13	-4,6E+12	-1,3E+13
Toxicidad humana, no-cáncer	CTUh	Reducción	8,4E-09	-1,9E-09	-4,8E-08
	\$CLP	CA	8,5E+12	-1,1E+13	-6,4E+11

Tabla 43 - Reducciones y Costos de Abatimiento de las Alternativas de Herbicidas en Todas las Categorías Trascendentes. Elaboración propia.

	Unidad	Glifosato	Pendimetalina	Simazina	Cletodima
Costo	\$CLP	6.864	33.620	21.692	20.900
Diferencia de costo	\$CLP	-	26.756	14.828	14.036
Puntaje Normalizado	Pt	Reducción	-3,8E+02	-5,0E+03	3,7E+01
		CA	-7,1E+01	-3,0E+00	3,8E+02
Eutrofización agua dulce	kg P eq	Reducción	1,3E-02	1,1E-02	1,3E-02
		CA	2,1E+06	1,3E+06	1,1E+06
Toxicidad humana, cáncer	kg SO2 eq	Reducción	2,2E-08	2,4E-08	2,4E-08
		CA	1,2E+12	6,1E+11	5,9E+11
Toxicidad humana, no cáncer	CTUh	Reducción	-1,7E-07	-1,6E-05	-1,1E-09
		CA	-1,5E+11	-9,1E+08	-1,3E+13
Ecotoxicidad	CTUe	Reducción	-4,7E+03	-4,5E+04	1,2E+02
		CA	-5,7E+00	-3,3E-01	1,2E+02

Tabla 44 - Reducciones y Costos de Abatimiento de las Alternativas de Insecticidas en Todas las Categorías Trascendentes. Elaboración propia.

	Unidad	Imidacloprid	Tiametoxam	Aceite Parafínico
Costo	\$CLP	106.788	347.160	38.344
Diferencia de costo	\$CLP	-	240.372	- 68.444
Puntaje Normalizado	Pt	Reducción	4,2E+01	4,5E+00
		CA	5,7E+03	-1,5E+04
Toxicidad humana, cáncer	CTUh	Reducción	4,7E-09	7,3E-09
		CA	5,1E+13	-9,4E+12
Toxicidad humana, no-cáncer	CTUh	Reducción	6,3E-10	8,0E-09
		CA	3,8E+14	-8,5E+12
Ecotoxicidad	CTUe	Reducción	3,4E+02	3,6E+02
		CA	7,1E+02	-1,9E+02
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq	Reducción	6,4E+00	-9,2E+01
		CA	3,8E+04	7,4E+02

Tabla 45 - Reducciones y Costos de Abatimiento de las Alternativas de Envases en Todas las Categorías Trascendentes. Elaboración propia.

	Unidad	Vidrio Original	Reduccion 500cc	PET
Costo	\$CLP	330	330	93
Diferencia de costo	\$CLP	-	-	- 237
Puntaje Normalizado	Pt	Reducción	3,5E-02	2,7E-01
		CA	0,0E+00	-8,8E+02
Cambio climático	kg CO2 eq	Reducción	8,6E-02	6,8E-01
		CA	0,0E+00	-3,5E+02
Deterioro capa de ozono	kg CFC-11 eq	Reducción	9,5E-09	8,3E-08
		CA	0,0E+00	-2,8E+09
Formación material particulado	kg PM10 eq	Reducción	1,8E-04	1,6E-03
		CA	0,0E+00	-1,5E+05
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	Reducción	5,6E-04	5,1E-03
		CA	0,0E+00	-4,6E+04
Eutrofización agua dulce	kg P eq	Reducción	1,5E-06	1,3E-05
		CA	0,0E+00	-1,9E+07
Eutrofización marina	kg N eq	Reducción	1,4E-04	1,1E-03
		CA	0,0E+00	-2,2E+05
Toxicidad humana, cáncer	CTUh	Reducción	2,1E-12	1,0E-11
		CA	0,0E+00	-2,4E+13
Agotamiento de minerales	kg Fe eq	Reducción	5,6E-04	5,1E-03
		CA	0,0E+00	-4,7E+04
Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq	Reducción	3,1E-02	2,4E-01
		CA	0,0E+00	-1,0E+03

ANEXO 10 – CALCULO DE LA CANTIDAD DE COMPOST DE ALPERUJO

En [49] se estudia la mezcla óptima de insumos para generar compost de alperujo considerando su porcentaje de humedad y su relación carbono/nitrógeno. El estudio proporciona una hoja de cálculo donde se pueden obtener las cantidades necesarias de tres insumos: alperujo, estiércol de vaca y hojas y ramillas provenientes de la limpieza de aceitunas.

Se ingresan las cantidades de alperujo y hojas generadas anualmente por Comercial Soho y se obtiene la cantidad adecuada de estiércol. Las cantidades totales son cerca de 1200 toneladas de alperujo, 181 toneladas de hojas y ramillas, y 1,4 toneladas de estiércol. En la siguiente tabla se aprecia una captura de la hoja de cálculo con los resultados mencionados.

Tabla 46 – Mezcla optima de insumos para la generación de compost de alperujo. Elaborado en hoja de cálculo proporcionada en [49] con datos de Comercial Soho.

Materia prima	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogen	Peso (kg. o t.)
alperujo	1,64	70,0	57,2	1,2	1280109,14
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	181375,46
estiercol	0,7	45,0	28,1	2,3	1484,00
otro ingrediente					
		Calculo del contenido en humedad de la mezcla:			66,3
		Calculo de la relacion C/N de la mezcla:			44,7

La suma de masas de los tres insumos mencionados es de 1463 toneladas. En el proceso de compostaje se reduce la masa total de la mezcla a un 40% debido a la pérdida de humedad, el efecto de las bacterias y la volatilización de compuestos gaseosos generados. Finalmente la masa total del compost se estima en 585 toneladas.

Si se considera el precio promedio del compost comercializado en Chile, calculado en la Tabla 47, se puede establecer que Comercial Soho podría comercializar su compost por cerca de \$60 millones.

Tabla 47 – Precios de compost en Chile. Elaboración propia en base a fuentes citadas.

COMPOST				
Producto	Marca	Peso [kg]	Precio [\$CLP]	Fuente
Tierra Orgánica Compost	Vivelomb	50	5917	Vivelomb Ltda.
Sustrato Compost con Perlita	Biocamp	50	6500	mercadolibre
Tierra orgánica	Ergo Tierra	50	3990	sodimac
Tierra Biologica Compost	Anasac	50	5910	sodimac
Bio fert	Rosario	50	4000	Rosario
Promedio		50	5263	

ANEXO 11 – CÁLCULO DE CANTIDAD DE CAROZO

Comercial Soho reporta la cosecha de cerca de 1615 toneladas de aceitunas al año, de las cuales se asume que el 15% del peso corresponde al cuesco [24], obteniéndose un total disponible de carozo de 192 toneladas.

Por otro lado, se reporta el uso de 19,1 m³ de gas licuado anual para su uso en la caldera de la almazara. Si se considera que el gas licuado posee un poder calorífico de 26,7 MJ/l, entonces el uso de la caldera requiere cerca de 509970 MJ anuales.

El carozo de aceituna posee un poder calorífico de 4400 kcal/kg [33], o bien 18,4 MJ/kg. Si se considera una caldera de biomasa con una eficiencia del 85% [50], se obtienen 15,64 MJ/kg asociados al carozo.

Dividiendo los 509970 MJ anuales requeridos por los 15,64 MJ/kg entregados por el carozo en una caldera de biomasa, se obtiene que se necesitan cerca de 32,6 toneladas de carozo para reemplazar el gas licuado, sobrando 159,4 toneladas de carozo.

La cantidad de gas licuado ahorrado anualmente corresponde a 19,1 m³ o bien 11078 kg si se utiliza una densidad de 0,58 kg/l para el gas licuado. Considerando que el precio promedio de 45 kg de gas licuado es de \$48.800 (ver Tabla 48) se puede establecer que el ahorro por dejar de usar gas licuado es de 12 millones de pesos por año.

Tabla 48 –Precio de 45 kg de gas licuado. Fuente: gasenlinea.gob.cl

Proveedor	Precio [\$CLP]
Abastible	47.600
Gasco	47.950
Lipigas	50.900
Promedio	48.817

ANEXO 12 – NORMATIVA APLICABLE

Tabla 49 – Normativa aplicable a la disposición de residuos, compostaje y operación de caldera de biomasa. Fuente [28].

General	<ul style="list-style-type: none"> • Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Ley N° 19.300 y su Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental D.S N° 95/02 MINSEGPRES.
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Decreto Supremo 148 Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos. • Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental Decreto Supremo DS N° 95/2001. Artículo 93: “Permiso Disposición de Residuos, Basuras y desperdicios de cualquier clase” establecido en el Título VII.
Higiene y seguridad laboral	<ul style="list-style-type: none"> • Decreto Supremo N° 594/1999 del Ministerio de Salud, el cual aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo. • Decreto Supremo N° 594/1999 del Ministerio de Salud, el cual aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. • Norma Chilena (NCh. N° 287 Of 1957) “Generadores de Vapor. Accesorios y Elementos de Seguridad” del INN. • Norma Chilena (NCh N° 288. Of 1957) “Generadores de Vapor. Inspecciones y pruebas de las condiciones de seguridad” del INN.
Emanaciones o contaminantes atmosféricos	<ul style="list-style-type: none"> • D.S. N° 144 del Ministerio de Salud de 1961. Indica la responsabilidad en la eliminación en forma total de gases, vapores, humos, polvo emanaciones o contaminantes de cualquier naturaleza que causen peligros, daños o molestias al vecindario.
Compost	<ul style="list-style-type: none"> • NCh 2880. Of2004. Norma Chilena Oficial sobre compost, clasificación y requisitos.
Operación de caldera para la combustión de biomasa	<ul style="list-style-type: none"> • Decreto Supremo (DS N° 59/1998) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y que fija Norma Primaria de Calidad del aire para Material Particulado MP10, y contar con un sistema de control de emisiones • Decreto Supremo (DS N° 115/2002) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que establece Norma Primaria de Calidad para Monóxido de Carbono (CO). • Decreto Supremo (DS N° 114/2002) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que establece Norma Primaria de Calidad de Aire para Dióxido de Nitrógeno (NO2) • Decreto Supremo (DS N° 113/2006) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que establece Norma Primaria de Calidad del Aire para Dióxido de Azufre (SO2). • Decreto Supremo (DS N° 48/1984) del Ministerio de Salud, aprueba “Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor”