



DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA COMERCIAL
UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

Departamento de Ingeniería Comercial MBA,

Magíster en Gestión Empresarial

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE
LA IMPLEMENTACIÓN DE BIOPLÁSTICO PLA EN EL
MERCADO CHILENO: UN ENFOQUE DE NEGOCIO
CIRCULAR”**

Tesina de Grado presentada por

HARDY MUÑOZ SOTO

Como requisito para optar al grado de

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

Guía de Tesina Dr. Marcelo Villena (PhD Cambridge University, UK)

AGOSTO 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Analisis de factibilidad tecnico - economica para la implementacion de bioplastico PLA en el mercado chileno: "Un enfoque de negocio circular"

Nombre del candidato(a): Hardy Gary Muñoz Soto

Carrera / Grado: Magister en Gestion Empresarial - MBA

Campus: Santiago Vitacura ; **Departamento:** Ingenieria Comercial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Dr. PhD Marcelo Villena, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 29/09/2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 29/09/2025

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

TITULO DE TESINA: “FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIOPLÁSTICO PLA EN EL MERCADO CHILENO: UN ENFOQUE DE NEGOCIO SOSTENIBLE”

AUTOR: HARDY GARY MUÑOZ SOTO

TRABAJO DE TESINA, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

OBSERVACIONES:

COMISIÓN DE TESINA:

Profesor Guía: PhD. Marcelo Villena

Conferente Externo: PhD. Claudia Pabón

Conferente Interno: MBA. Ing. Macarena Gatica

Santiago, Agosto 2025

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: HARDY GARY MUÑOZ SOTO

Fecha: 29-09-2025

RESUMEN

El presente estudio analiza la factibilidad técnico-económica de implementar bioplástico a base de ácido poliláctico (PLA) en el mercado chileno, con énfasis en su aplicación como sustituto de plásticos convencionales en la industria alimenticia. A partir de un enfoque de economía circular, se evalúan dos estrategias de abastecimiento: producción local desde materias primas vegetales y la importación de pellet de PLA desde proveedores internacionales.

La metodología empleada consisten en análisis de ambas alternativas, utilizando indicadores financieros como VAN, TIR y Payback, junto con criterios técnicos relacionados con consumo energético, infraestructura, escalabilidad y normativa vigente. Además, incluye la evaluación de distintas rutas de valorización del PLA en su etapa posconsumo, compostaje industrial, reciclaje mecánico y reciclaje químico, todas fundamentadas para el cierre efectivo del ciclo de vida del material.

Los resultados muestran que, si bien la producción nacional de PLA es técnicamente viable, enfrenta importantes barreras de entrada, como altos costos de inversión (CAPEX), baja disponibilidad de materia prima y ausencia de capacidades industriales desarrolladas. En contraste la importación desde países como China, presenta una estructura de costos más competitiva, menor riesgo operacional y mayores retornos financieros en el corto plazo, con un TIR de hasta 78% y Payback estimado de 2 años.

Se concluye que la alternativa más conveniente para un emprendimiento de etapa inicial es la importación de PLA certificado compostable, como vía de validar el modelo de negocio y posicionarse en un mercado emergente. A mediano plazo, se recomienda fortalecer las capacidades

locales para compostaje industrial y reciclaje químico, junto con impulsar políticas públicas que faciliten la transición hacia materiales sostenibles en la industria alimentaria chilena.

Índice

RESUMEN	3
Índice de Tablas	9
Índice de Figuras	12
Introducción	13
1 Contexto y relevancia del tema	15
2 Planteamiento del problema.....	17
3 Justificación.....	19
4 Objetivos	19
4.1 Objetivo general:	19
4.1.1 Objetivos específicos:	19
4.2 Hipótesis.....	20
5 Marco teórico	21
5.1 Bioplásticos y PLA	21
5.1.1 Definición y tipos de bioplásticos	21
5.1.2 Procesos productivos de PLA: Materias primas, transformación y escalabilidad.....	25
5.1.3 Consumo energético y huella ambiental del PLA.....	27
5.1.4 Ventajas y desventajas técnicas del PLA frente a plásticos convencionales.....	28
5.1.5 Compostabilidad del PLA económica circular.....	30
5.1.6 Usos específicos del PLA en la industria alimentaria	34

5.1.7	Requisitos sanitarios y normativos del rubro	35
5.2	Modelos de negocios y comercialización de bioplásticos	36
5.2.1	Estructura de costos de producción vs importación	36
5.2.2	Economías de escala y barreras de entrada	37
5.2.3	Incentivos tributarios y políticas públicas en Chile	39
5.3	Viabilidad técnica y económica	45
5.3.1	Concepto clave: VAN, TIR, periodo de recuperación, análisis de sensibilidad	45
5.3.2	Análisis de riesgos comerciales y estratégicos	48
6	Metodología	50
6.1	Diseño de la investigación	50
6.2	Criterios de análisis para la evaluación técnica y económica	50
6.3	Herramientas de análisis financiero: Calculo VAN, TIR, Payback y análisis de sensibilidad	51
7	Desarrollo	53
7.1	Análisis técnico de producción de PLA en Chile	53
7.1.1	Disponibilidad de materias primas (maíz, almidón, otros)	53
7.1.2	Tecnología de producción disponible o necesaria	61
7.1.3	Requisitos de infraestructura y capital inicial	65
7.1.4	Costos de Inversión inicial (CAPEX) y Operativos (OPEX).	66
7.2	Comparación económico – financiera	68
7.2.1	Principales países exportadores (China, EE.UU, Alemania)	68

7.2.2	Costos logísticos, aranceles y tiempos de entrega	69
7.2.3	Beneficios tributarios o subvenciones disponibles	72
8	<i>Análisis de resultados</i>	75
8.1	Evaluación económica comparada	75
8.2	Análisis de sensibilidad	76
8.3	Análisis de riesgo estratégico	76
8.4	Síntesis de resultados	77
9	<i>Conclusiones y recomendaciones de negocio</i>	78
9.1	Resumen de hallazgos por cada objetivo específico	78
9.1.1	Objetivo específico N°1	78
9.1.2	Objetivo específico N°2	78
9.1.3	Objetivo específico N°3	79
9.2	Viabilidad económica y técnica comparada	80
9.3	Recomendaciones estratégicas para la implementación del negocio (producción o importación)	80
9.4	Lineamientos futuros para escalar o diversificar la oferta de bioplásticos ...	81
10	<i>Conclusión</i>	83
11	<i>Bibliografía</i>	85
	Anexo A	99

Anexo B..... 100

Anexo C 101

Índice de Tablas

Tabla 1 Clasificación de los bioplásticos según su fuente y biodegradabilidad.....	24
Tabla 2 Consumos energéticos de procesos generales en la producción de 1 kg de PLA.	27
Tabla 3 Resumen de capacidad productiva del PLA.....	28
Tabla 4 Propiedades técnicas PLA vs Plásticos convencionales equivalentes.....	29
Tabla 5 Compostabilidad industrial del PLA (europeanbioplastics, 2020).....	30
Tabla 6 Reciclaje mecánico del PLA	31
Tabla 7 Reciclaje químico del PLA.....	33
Tabla 8 Aplicaciones del PLA en procesos productivos (EPP).....	34
Tabla 9 Normas aplicadas al rubro salmonero que regularizan los EPP y utensilios utilizados en procesos productivos.	35
Tabla 10 Ley REP 20.920 Productos Prioritarios.....	42
Tabla 11 Ley REP 20.920 Multas.....	42
Tabla 12 Ley REP 20.920 Descripción de Envases	43
Tabla 13 Ley 21.368 Fechas clave y restricciones asociadas a la Ley de Plásticos de un Solo Uso en establecimientos".....	44
Tabla 14 Ley 21.368: Requisitos normativos para plásticos certificados	45
Tabla 15 Riesgos económicos comerciales y estratégicos Producción vs Importación ..	48
Tabla 16 Criterios técnicos.....	50
Tabla 17 Criterios económicos	51
Tabla 18 Fuentes vegetales de almidón.....	53

Tabla 19 Resumen de fuentes vegetales de almidón para producción de PLA disponibles en Chile	59
Tabla 20 Análisis de costos y volúmenes requerido por fuente vegetal disponible en Chile	61
Tabla 21 Costo de terreno estratégico y capital inicial.....	66
Tabla 22 Planta referencial para estimación de CAPEX.....	66
Tabla 23 Datos calculo CAPEX planta 10.000 ton/año	67
Tabla 24 Resumen de Inversión Inicial CAPEX (CLP).....	67
Tabla 25 Resumen de Gastos de planta de procesos de 10.000 ton/año	68
Tabla 26 Resultados de flujo económico de implementación planta procesos PLA 10.000 Ton/año	68
Tabla 27 Empresas comercializadoras de PLA para uso en alimentos.....	68
Tabla 28 Costos logísticos, aranceles de container EE.UU. a Chile	69
Tabla 29 Costos logísticos, aranceles de container China a Chile	70
Tabla 30 Costo de materia prima anual compra EE.UU. y China.....	70
Tabla 31 Estimación de cantidad de container anual 10.000 Ton de PLA	71
Tabla 32 Dimensionamiento de bodega almacenaje de PLA importado.....	71
Tabla 33 Costo de arriendos y servicios de bodega.....	71
Tabla 34 Resultados flujo económico importación de PLA EE.UU a Chile.....	72
Tabla 35 Resultados flujo económico importación PLA China a Chile.....	72
Tabla 36 Resumen de Beneficios y subvenciones en Chile para proyectos sostenibles .	74
Tabla 37 Cuadro de resultados de importación	75

Tabla 38 Resumen de resultados económicos 77

Índice de Figuras

Figura 1	Bioplásticos biobase y convencional.....	22
Figura 2	Clasificación de bioplásticos renovables y/o biodegradables	23
Figura 3	Diagrama de procesos productivos del PLA	27
Figura 4	Global production capacities of bioplastics.....	38
Figura 5	Áreas sembradas y productividad en Chile	54
Figura 6	Precios promedios mensuales de la papa en mercados mayoristas	56
Figura 7	Exportaciones chilena de papa fresca y congelada.....	57
Figura 8	Producción nacional y volumen de importación de arroz	58
Figura 9	Producción de trigo en Chile	59
Figura 10	Procesos productivos de producción PLA.....	62
Figura 11	Diagrama de bloques del proceso de producción de PLA	63

Introducción

Durante las últimas décadas, se ha observado creciente interés como el impacto ambiental generado por los plásticos convencionales, esto ha impulsado la búsqueda de soluciones más sostenibles a nivel global. En este contexto, los bioplásticos se han posicionado como una alternativa real para disminuir la dependencia de recursos fósiles y reducir los efectos negativos que los residuos plásticos provocan en los ecosistemas, tanto en su producción como en su disposición final. Estos materiales, desarrollados a partir de fuentes renovables y, en muchos casos, con características biodegradables, han sido foco de múltiples investigaciones e innovaciones tecnológicas. Sin embargo, su implementación a nivel industrial aun enfrenta una serie de desafíos técnicos, económicos y normativos que varían dependiendo del país y de su realidad productiva.

En caso de Chile, un país que ha venido fortaleciendo su conciencia ambiental y que ha suscrito compromisos internacionales en sostenibilidad, donde los bioplásticos jugarían un papel fundamental para el cumplimiento de estas iniciativas. Esto responde, en parte, a la ausencia de estudios que no solo analicen la eficiencia técnica de los bioplásticos, sino también a su viabilidad económica en un escenario nacional tanto productivo como de importación.

A través de esta tesina se propone evaluar la factibilidad técnico - económica de implementar bioplásticos en el mercado chileno, con un enfoque especial en sectores como el alimento, donde los plásticos de un solo uso tienen un rol operativo relevante, tanto en su cadena productiva como su cadena final hacia el consumidor. El análisis considera variables como el tipo de bioplástico (con énfasis en el PLA), los costos de producción e importación, el nivel de madurez

tecnológica, el gasto energético involucrado, las posibles aplicaciones industriales y las restricciones normativas vigentes.

Esta investigación tiene sentido no solo por su aporte a un desafío ambiental real, sino también porque puede representar una oportunidad estratégica para emprendedores, empresas y políticas públicas que busquen posicionar a Chile como un referente en la innovación sustentable en América Latina.

1 Contexto y relevancia del tema

La industria alimentaria en Chile representa uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico nacional, destacándose por su capacidad de generación de empleo, su nivel de innovación con un rol estratégico y gestión responsable de sus residuos, especialmente aquellos derivados del uso de plásticos convencionales. En este contexto, el creciente uso de envases, embalajes, indumentaria desechable y elementos auxiliares fabricados de polímeros sintéticos ha generado impactos significativos en términos de contaminación y gestión de residuos sólidos, atribuidos con altos costos en la disposición final de las empresas.

A nivel mundial internacional, los consumidores y mercados están exigiendo de un solo uso nuevas exigencias para exportadores. Chile no ha estado ajeno a estas transformaciones. En los últimos años, ha avanzado en políticas públicas orientadas a fomentar la economía circular y la responsabilidad extendida del productor (Ley REP), lo que obliga a las empresas a repensar sus estrategias productivas con el objetivo de minimizar el impacto de los desechos tanto en sus productos como en sus procesos productivos.

En este escenario, el uso de bioplásticos, especialmente debido a su origen renovable, sus capacidad de biodegradación industrial y su potencial de compostabilidad, afrontan con una opción viable técnicamente para dar en la solución a esta problemática. Uno de estos es el bioplástico PLA puede utilizarse en envases de alimentos, bandejas, películas, guantes, pecheras, utensilios de un solo uso, alineados con los principios de inocuidad alimentaria y sostenible ambiental.

En una segunda mirada, la industria del salmón en Chile, según da nivel mundial, con altos estándares de calidad tanto en su producto como procesos, enfrenta desafíos similares. Este sector, altamente tecnificado y con altos estándares de producción, genera grandes volúmenes de residuos

plásticos asociados a sus procesos de fileteo, empaque y manejo sanitario. La incorporación de bioplásticos en elementos como pecheras desechables, guantes y films para alimentos podría representar una innovación productiva. Evaluar la viabilidad de producir o implementar PLA para su aplicación en la industrial alimentaria chilena no solo es relevante desde el punto de vista técnico y económica, sino que también responde a la una necesidad estratégica del país y como sociedad por avanzar hacia modelos de desarrollo más sostenibles.

2 Planteamiento del problema

En los últimos años, la preocupación por el impacto ambiental de los plásticos convencionales ha ido en aumento, impulsando regulaciones y políticas públicas que exigen a las industrias migrar hacia soluciones más sostenibles. En Chile, leyes como la N°21.368 y la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) han establecido nuevas obligaciones para reducir y gestionar los residuos de plásticos de un solo uso, especialmente en sectores de alta intensidad operativa como la industria alimentaria.

La industria de alimentos, es una de las relevantes a nivel mundial, utilizando una gran cantidad de plásticos desechables en sus procesos productivos, tales como aguantas, pecheras, bandejas, film y envases. Esta situación genera una importante carga ambiental y reputacional, que puede comprometer tanto la sostenibilidad de la cadena de valor como el acceso a mercados internacionales como exigencias ambientales crecientes.

El bioplástico PLA (ácido poliláctico) surge como una alternativa técnica viable y ambientalmente superior, al ser biodegradable en condiciones industriales y derivados de fuentes renovables. Sin embargo, su adopción a gran escala enfrenta desafíos importantes en el contexto chileno: por un lado, la infraestructura productiva nacional es inexistente; por otro, la importación de este material implica enfrentar costos logísticos, arancelarios y de certificaciones, además de una incipiente demanda local que aún no garantiza económicas de escala.

Antes este escenario, surge la necesidad de evaluar si es más conveniente y factible desarrollar una planta de producción de PLA en Chile o importar pellets desde mercados consolidados como China o Estados Unidos. Esta evaluación debe considerar aspectos técnicos,

económicos, normativos y logísticos, con el fin de determinar la estrategia más eficiente y sostenible para introducir el PLA en la cadena de suministro de la industria alimenticia.

3 Justificación

El desarrollo de esta tesina se justifica por la necesidad de identificar alternativas sostenibles y económicamente viables al uso intensivo de plásticos convencionales en la industria alimentaria de Chile. Desde la perspectiva de un emprendimiento con foco en innovación ambiental, analizar la factibilidad de introducir productos basados en PLA no solo aporta valor al ecosistema empresarial chileno, sino que también responde a una demanda creciente de los mercados internacionales por productos responsables con el medioambiente.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general:

Evaluar la viabilidad técnica económica de producir o importar bioplástico PLA en Chile para la industria alimentaria, como solución sostenible ante la creciente demanda ambiental por reemplazar los plásticos de un solo uso en sus procesos productivos.

4.1.1 Objetivos específicos:

Analizar las condiciones técnicas y económicas para producir o importar PLA, considerando materias primas, tecnología, procesos, escalabilidad, gastos energéticos y económica circular.

1. Comparar los costos y beneficios entre producir local e importaciones de PLA, evaluando aranceles, costos logísticos y ventajas fiscales.
2. Identificar las barreras productivas, regulatorias y logísticas para la adopción de PLA en la industria alimentaria en Chile.

3. Análisis de las barreras de entrada, compostabilidad y económica circular.

4.2 Hipótesis

Se plantea que, en el contexto actual del mercado chileno y considerando las capacidades tecnológicas, regulatorias y logísticas existentes, la importancia del bioplástico PLA certificado compostable representa una estrategia técnica y económica más viable en el corto plazo que su producción local, especialmente para su implementación en la industria alimentaria como sustituto de plásticos de un solo uso.

5 Marco teórico

5.1 Bioplásticos y PLA

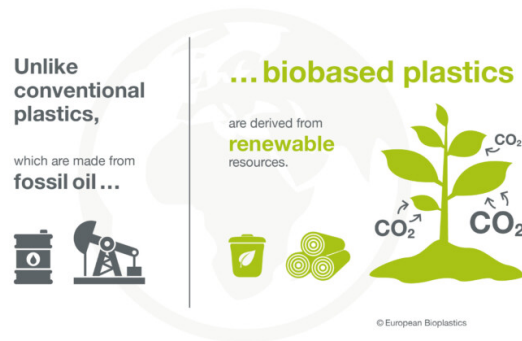
5.1.1 Definición y tipos de bioplásticos

La (European Bioplastic, s.f.) señala que un material plástico se define como bioplástico si es de origen biológico, biodegradable o presenta ambas propiedades. Finalmente, y desde una mirada más funcional (Atiwesh, Mikhael, Parish, Banoub, & Le, 2021) los definen como polímeros capaces de replicar las funcionalidades de los plásticos convencionales, y en gran medida, ambientalmente sostenibles.

El término “biobasado” significa que el material o producto se deriva de la biomasa. La biomasa utilizada para los bioplásticos proviene, por ejemplo, del maíz, la caña de azúcar o la celulosa. (Bioplastics, (s.f))

Figura 1

Bioplásticos biobase y convencional



Fuente: (Bioplastics, (s.f))

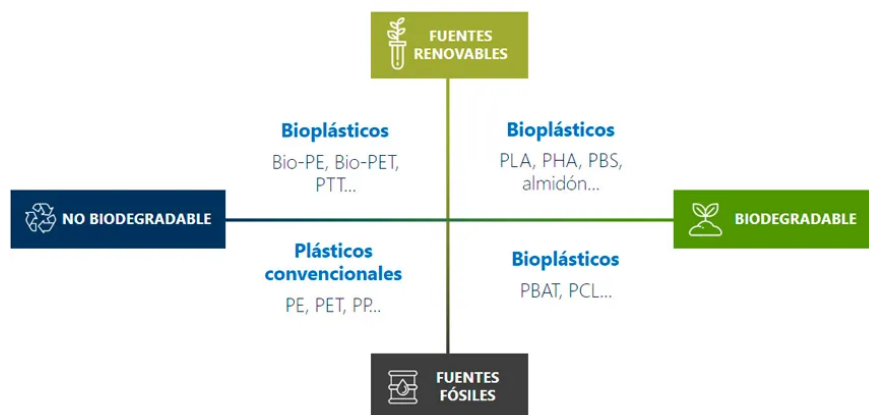
La definición de bioplásticos los define que son una familia de materiales plásticos que pueden ser biobasados, biodegradables, o ambas cosas. El término biobasado se refiere al origen de la materia prima, la cual proviene total o parcialmente de recursos renovables como almidón, caña de azúcar, celulosa, aceites vegetales o residuos agrícolas. En cambio, “biodegradable” indica la capacidad del material de descomponerse por acción de microorganismos, transformándose en dióxido de carbono, agua, biomasa y metano, en condiciones específicas (Standard, 2021)

Desde una perspectiva técnica, los bioplásticos ofrecen propiedades mecánicas comparables a los plásticos tradicionales. Por ejemplo, el ácido poliláctico (PLA) el cual tiene un resistencia a la tracción similar al PET, mientras que los PHA son termoestables y resistentes a la humedad. No obstante, su desempeño puede variar dependiendo de la aplicación y del tipo de bioplástico. Muchos de ellos pueden ser procesados con la misma maquinaria que los plásticos convencionales, que lo reduce las barreras técnicas de adopción. (Bioplastics, 2024)

Además, los análisis de ciclo de vida (ACV) muestran que los bioplásticos suelen generar una menor huella de carbono, siempre que se gestionen adecuadamente en su posconsumo. Por ejemplo, un estudio de la European Bioplastics señala que los bioplásticos pueden ahorrar entre 30% y 70% de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los plásticos derivados del petróleo (Bioplastics, 2023), esto bajo ciertas condiciones de disposición final del bioplástico.

Figura 2

Clasificación de bioplásticos renovables y/o biodegradables



Fuente: (ASIPLA, s.f.)

Definir una forma de clasificación de los bio polímeros biodegradables no es una labor sencilla. Donde se pueden considerar aspectos como como composición química, método de síntesis, método de procesamiento, importancia económica, aplicación, etc. (Halley, 2005, pág. 4)

En esta línea, (Florido & Castillo, 2022, pág. 15) señalan que estos materiales pueden derivarse de fuentes biológicos y proceder de recurso agrícolas, sintetizadas químicamente y de producción microbiana. También, pueden provenir de fuentes petroquímicas y biodegradable.

En general, los polímeros se pueden dividir en dos grandes grupos: los polímeros de origen fósil y los polímeros de origen natural, y en ambos grupos pueden coexistir los polímeros biodegradables (Gil, López, & Peponi, 2021)

Para profundizar con esta clasificación, (Sabry, 2022) considera que:

"Los bioplásticos son plásticos hechos de fuentes de biomasa renovables como grasas y aceites vegetales, almidón de maíz, paja, astillas de madera, aserrín, residuos de alimentos recuperados, etc. Algunos bioplásticos se producen directamente a partir de biopolímeros naturales como polisacáridos (por ejemplo, almidón, celulosa, quitosano y alginato) y proteínas (por ejemplo, proteína de soja, gluten y gelatina), mientras que otros se sintetizan químicamente a partir de derivados del azúcar (por ejemplo, ácido láctico) y lípidos (aceites y grasas) derivados de plantas o animales, o producidos biológicamente a través del azúcar o la fermentación lipídica.

Tabla 1

Clasificación de los bioplásticos según su fuente y biodegradabilidad.

Clasificación	Origen de la materia prima	Biodegradable?	Bioplástico
Biobasado y Biodegradable	Renovable (vegetal, microbiano)	SI	PLA – PHA – TPS – PBS biobasado

Biobasado y no biodegradable	Renovable	No	Bio-PE, Bio-PET, Bio PA
Fósil y biodegradable	No renovable	SI	PBAT, PCL

Fuente: Elaboración propia en base a (European Bioplastic, s.f.)

Existen alternativas bioplásticas para casi todos los materiales plásticos convencionales y la aplicación correspondiente. Debido a un fuerte desarrollo de polímeros de base biológica y biodegradable, como el ácido polilactico (PLA) y los polihidroxicanoatos (PHA), el polietileno de base biológica (PE), así como un crecimiento constante del polipropileno de base biológica (PP), las capacidades de producción continúan aumentando significativamente en los próximos 5 años. (European Bioplastic, s.f.)

5.1.2 Procesos productivos de PLA: Materias primas, transformación y escalabilidad

El proceso productivo del PLA empieza con la recolección de las materias primas, este bioplástico, utiliza como base azúcares fermentables, agua, nutrientes de fermentación, catalizadores (para polimerización), energía térmica y eléctrica en todo su proceso productivo.

El proceso de producción del Ácido Polilactico (PLA), se basa en un enfoque biotecnológico que integra la fermentación de recursos renovables con técnicas de síntesis química para generar un polímero biodegradable y biocompostable. Según (Naser, 2021), la producción industrial de PLA se divide en tres etapas principales:

- Fermentación
- Síntesis de lactida
- Polimerización

En la **primera etapa**, se parte de azúcares derivados de materias primas vegetales como el maíz, la caña de azúcar o la remolacha. Estos azúcares son sometidos a un proceso de fermentación

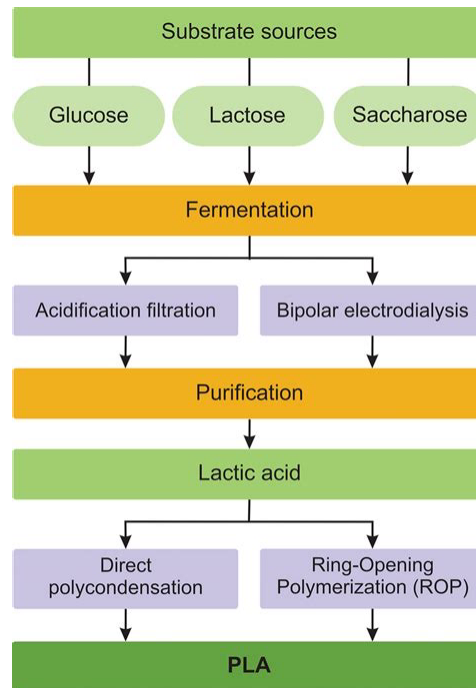
microbiana, generalmente con bacterias del género *Lactobacillus* que produce ácido láctico como principal metabolismo. La eficiencia de esta etapa depende tanto del tipo de sustrato como de las condiciones de cultivo (pH, temperatura, aireación), las cuales son cuidadosamente controladas para maximizar el rendimiento y la pureza del ácido láctico. (Naser, 2021)

La **segunda etapa** consiste en la síntesis de lactida, un dímero cíclico que actúa como monómero intermedio. Para ello, el ácido láctico se somete a un proceso de deshidratación y ciclización, que puede generar tres tipos de isómeros de lactida: L-lactida, D-lactida y meso-lactida. Esta etapa es crucial para definir la estructura estereoisométrica del PLA resultante, la cual influye directamente en sus propiedades térmicas y mecánicas.

La etapa final corresponde a la polimerización por apertura de anillo (Ring – Opening Polymerization, ROP) de la lactida, utilizando catalizadores metálicos como el octoato de estaño. Esta técnica permite obtener PLA de alto peso molecular, con mejores propiedades mecánicas y térmicas en comparación con la policondensación directa del ácido láctico. Además, este método ofrece control sobre la cristalinidad del polímero, lo que a su vez determina su biodegradabilidad, rigidez y temperatura de transición vítrea.

Figura 3

Diagrama de procesos productivos del PLA



Fuente: (ambiente, 2022)

5.1.3 Consumo energético y huella ambiental del PLA

El consumo energético y huella ambiental del PLA es uno de los factores más destacables de su proceso, lo que lo hace una de las alternativas más sostenibles a los plásticos convencionales.

Tabla 2

Consumos energéticos de procesos generales en la producción de 1 kg de PLA.

Indicador	Valor promedio del kg de PLA producido
Consumo de energía primaria	54 – 60 MJ/kg PLA
Energía eléctrica directa (planta)	3,0 – 4,0 kWh/kg
Energía fósil utilizada	25 – 35 MJ/kg

Fuente: (Erwin T.H. Vink, 2007)

La huella de carbono del ácido poliláctico (PLA) es significativamente menor en comparación de con los plásticos convencionales derivados del petróleo. La producción de 1 kg de PLA genera aproximadamente 0,27 kg de CO₂ equivalente, cuando se utiliza energía renovable mediante certificados de energía eólica (RECs) (Erwin T.H. Vink, 2007).

El PLA puede reducir notablemente su huella, desde 2 - 3 kg CO₂ en sistemas originales hasta alrededor de 0,6 kg CO₂ eq/kg en plantas optimizadas. En comparación, los plásticos fósiles emiten entre 2 y 3,5 CO₂ eq/kg, lo que implica una reducción de 65% a 80% para el PLA moderno. (Erfan Rezvani Ghoni, 2021)

La escalabilidad del PLA ha avanzado significativamente en las últimas dos décadas, pero aun enfrenta ciertos desafíos técnicos, económicos y agrícolas. Existe ciertos factores que favorecen la escalabilidad.

Tabla 3

Resumen de capacidad productiva del PLA

Indicador	Detalle
Producción global	490.000 ton anuales 2023
Capacidad instalada (2024 – 2025)	Supera las 700.000 ton
Principales productores	NatureWorks (EE.UU), Total Carboin PLA (Tailandia), Zhejiang Hisun (China)
Materia prima base	Remolacha, almidón de maíz, caña de azúcar
Modelos industriales existentes	Plantas integradas (Acido láctico + PLA) con cogeneración y RECs

Fuente: (Europe, 2022)

5.1.4 Ventajas y desventajas técnicas del PLA frente a plásticos convencionales

El Pla presenta importantes ventajas técnicas frente a plásticos convencionales como el PE/PP/PET, especialmente en términos de sostenibilidad. Al ser un polímero derivado de recursos

renovables como el maíz o la caña de azúcar, el PLA tiene una huella de carbono significativamente menor, que puede llegar a ser un 65 - 80% inferior si se utiliza energía renovable en su producción. Además, posee buena rigidez, alta transparencia y es compatible con procesos industriales como extrusión, inyección y termoformado. (Vink E. G., 2007)

No obstante, el PLA también presenta limitaciones técnicas relevantes. Tiene baja resistencia térmica (se deforma por encima de los 55-60°C), es muy frágil y menos resistente al impacto que plásticos como el PP o el PET. Asimismo, su capacidad de barrera frente al vapor de agua y oxígeno es inferior, y su compostabilidad se limita a condiciones industriales controladas, no siendo biodegradable de forma efectiva en ambientes naturales o domésticos. (Shen & Patel, 2009)

Tabla 4

Propiedades técnicas PLA vs Plásticos convencionales equivalentes.

Propiedades técnicas	PLA	PET/PE/PP
Temperatura ablandamiento	55-60°C	PET: 70-80°C / PP: 100-120°C / PE: 80°C
Temperatura de fusión	150-170°C	PET:205°C / PP:160 -170 °C / PE 115 – 135 °C
Módulo de elasticidad	3,0 – 3,5 GPa	PET: 2,5 – 4 GPa / PP: 1,5 – 2 GPa / PE: 0,2 – 1 GPa
Resistencia al impacto	Baja a moderada	Alta en PP y PE; moderada en PET
Barreras a gases (O ₂ , CO ₂)	Moderada barrera al oxígeno, baja al CO ₂	PET: Excelente / PE,PP: Moderada al bajas
Barrera a humedad (H ₂ O)	Baja a moderada	PE: excelente / PET: Buena / PP: buena
Cristalinidad (%)	5 – 60 %	PET: 30 – 50 % / PP: 40 – 70% / PE: 40 – 60%
Densidad	1,24 g/cm ³	PET: 1,38 g/cm ³ ; PP: 0,91 g/cm ³ ; PE: 0,94 g/cm ³
Procesabilidad térmica	Buena: extrusión, inyección, soplado, impresión 3D	Excelente en todos los métodos convencionales

Transparencia / Claridad óptica	Alta, similar al PET	PET: alta /PE y PP: opacos o semitransparentes
---------------------------------	----------------------	--

Fuente: (Vink E. G., 2007) (Shen L. H., 2009) (Europe, 2022)

El PLA destaca como una alternativa técnica viable para múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, especialmente en envases rígidos, films y utensilios. Comparado con plásticos convencionales como PET, PE y PP. El PLA ofrece rigidez elevada, buena transparencia óptica y facilidad de procesamiento por técnicas industriales comunes, como extrusión e inyección. Sin embargo, presenta limitaciones importantes en resistencia térmica, como una temperatura de ablandamiento significativamente inferior, lo que **restringe su uso en aplicaciones de calor o microondas.**

5.1.5 Compostabilidad del PLA económica circular.

El PLA desechado dentro de un enfoque de económica circular ofrece varias alternativas para su valorización más allá del simple descarte, pero estas opciones dependen fuertemente de la infraestructura disponible y del diseño de sistema de gestión de recolección y tratamiento de residuos. Dentro de las opciones estudiadas se pueden mencionar las siguientes:

5.1.5.1 Compostaje industrial

El compost industrial es el proceso más reconocido y certificado para el tratamiento de posconsumo del PLA:

Tabla 5

Compostabilidad industrial del PLA (europeanbioplastics, 2020)

Ítem	Descripción
Condición	Temperaturas > 58°C, Humedad elevada >50%, presencia de oxígeno y actividad microbiana

Degradabilidad	90 días
Resultado	Dióxido de carbono, agua y biomasa, no deja metales pesados ni residuos tóxicos
Desafío en Chile	No se cuenta con la infraestructura industrial para el compostaje compatible. Falta de sistema de recolección diferenciada para este tipo de materiales.

Fuente: (europeanbioplastics, 2020)

El compost industrial es actualmente la vía más reconocida para cerrar el ciclo biológico del PLA, permitiendo su descomposición sin dejar residuos tóxicos. Sin Embargo, su efectividad depende de la existencia de infraestructura adecuada, lo cual es aún más incipiente en Chile. Para avanzar hacia una economía verdaderamente circular, es necesario desarrollar plantas de compostaje certificadas y sistemas de recolección diferenciada que permitan canalizar correctamente los residuos compostables.

5.1.5.2 Reciclaje mecánico del PLA

El reciclaje mecánico del PLA consiste en recolectar, clasificar, triturar y reprocesar el material mediante extrusión para fabricar nuevos productos plásticos. A diferencia del compostaje, esta vía busca extender la vida útil del material sin transformarlo completamente en biomasa. Para que el reciclaje mecánico del PLA sea eficiente, se deben cumplir las condiciones claves:

Tabla 6

Reciclaje mecánico del PLA

Ítem	Descripción
Condición	<ul style="list-style-type: none"> • Separación adecuada del PLA. • Alta pureza del residuo 90-95% • Control de temperatura

Resultado	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de nuevo pellets de PLA reciclado, propiedades mecánicas aceptables para productos no críticos (mesetas, envases secundarios, bandejas, entre otros)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del consumo de materia prima virgen • Menor huella de carbono respecto al PLA de primera generación • Posibilidad de reinsertar el material en ciclos productivos de baja exigencia técnica
Desafío en Chile	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de sistema de recolección selectiva que separen el PLA del flujo • Ausencia de infraestructura especializada • Baja escala de producción nacional que impide una economía a escala para su reciclaje eficiente.

Fuente: (Freddys R. Beltrán, 2019)

En reciclaje mecánico representa una alternativa viable para la prolongada vida útil del PLA, especialmente en aplicaciones no críticas. No obstante, su implementación requiere una logística de separación eficiente y tecnológica específica que aún no están presentes en el sistema de gestión de residuos de Chile. Su desarrollo dependerá de la voluntad política, inversión tecnológica y la educación del consumidor para asegurar una segregación efectiva del material.

5.1.5.3 Reciclaje químico del PLA (hidrolisis y alcoholólisis)

El reciclaje químico del PLA consiste en descomponer el polímero en sus monómeros originales, principalmente ácido láctico y lactato de metilo, mediante procesos como la hidrolisis o alcoholólisis, lo que permite obtener materia prima de alta pureza para fabricar nuevo PLA. A

diferencia del reciclaje mecánico, este enfoque restituye valor químico al material, lo que lo convierte en una alternativa más robusta para mantener la circularidad del recurso.

Tabla 7

Reciclaje químico del PLA

Ítem	Descripción
Condición	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas de entre 120°C a 180°C. • Medio acuoso o alcohólico (agua, metanol o etanol) • Catalizadores ácidos o básicos según el proceso.
Resultado	<ul style="list-style-type: none"> • Se obtiene ácido láctico de alta calidad vía hidrólisis, o lactato de metilo vía alcoholólisis, los cuales pueden ser reutilizados para sintetizar nuevo PLA.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Permite el reciclaje infinito de PLA sin pérdida significativa de calidad. • Reduce la dependencia de biomasa fresca. • Aporta valor agregado a los residuos plásticos no aptos para reciclaje mecánico o compostaje.
Desafío en Chile	<ul style="list-style-type: none"> • No existen plantas industriales con tecnología de reciclaje químico de bioplástico. • Falta de I+D y escalamiento tecnológico local • Ausencia de marcos regulatorios que incentiven la valorización química de residuos plásticos de origen biobasado.

Fuente: (Shen L. H., 2009)

Aunque el reciclaje químico de PLA ofrece una solución técnicamente avanzada para cerrar su ciclo de vida, su adopción en Chile requiere inversión significativa en infraestructura, capacidades técnicas, y políticas públicas que favorezcan la innovación en gestión de residuos.

5.1.6 Usos específicos del PLA en la industria alimentaria

Dentro de las aplicaciones del PLA en la industria alimenticia, destaca alternativas de reemplazo de plásticos convencionales, desde elementos de protección personal (EPP), hasta utensilios y/o herramientas de los procesos productivos.

Tabla 8

Aplicaciones del PLA en procesos productivos (EPP)

Aplicaciones industriales alimento	rubro	Descripción técnica	Equivalente convencional	Observaciones
Guantes compostables para alimentos	para	Guantes diseñados para contacto alimentario, certificados por BPI/CMA, compostables en instalaciones industriales	Guantes de PE o nitrilo c (Contact, 2021) convencionales	Certificados por BPI/Compost Manufacturing Alliance (CMA) para contacto con alimentos
Guantes para preparación de alimentos	PLA para de	PLA de 0.7 mm, desechables, sin látex ni polietileno, aptos para manipulación de alimentos	Guantes de PE	Presentación comercial con certificación compostable
Pecheras y delantales		Pecheras hechas con PLA + PBAT + almidón de maíz. Certificadas EN 13432, TUV y BPI para compostaje	Pecheras PEBD	Alternativa compostable a las pecheras de polietileno en ambientes sanitarios o alimenticios

Fuentes: (Contact, 2021) (Gloves, 2024) (China, (s.f))

Actualmente se están desarrollando varias alternativas, con un enfoque en los procesos productivos, con el objetivo de dar solución a los volúmenes de desechos que estos producen.

Además de las complicaciones que causa la disposición final exigida en ley hoy en día, y conlleva con el compromiso hacia el medio ambiental.

5.1.7 *Requisitos sanitarios y normativos del rubro*

En la industria salmonera chilena, el uso de equipos de protección personal (EPP) y utensilios utilizados en los procesos productivos directo de la manipulación de alimentos requiere cumplir con estándares de certificación en sus productos. Los cuales se mencionan en la Tabla 9.

Tabla 9

Normas aplicadas al rubro salmonero que regularizan los EPP y utensilios utilizados en procesos productivos.

Estándar	Descripción
ISO 22000	<ul style="list-style-type: none"> • Aplica a toda la cadena de suministros de alimentos, incluye plantas salmoneras • Cubierta por BRC Food v8, IFS Food e IFS también refieren al cumplimiento de ISO 22000
BRC Food v8	<ul style="list-style-type: none"> • Estándar global para la industria alimentaria • Incluye requerimientos de limpieza, uso de EPP, diseño de instalaciones, trazabilidad y control de trazabilidad.
IFS Food v7	<ul style="list-style-type: none"> • Similar al BRC, enfocado en seguridad e higiene, incluidos aspectos específicos de ropa y utensilios según zona de riesgo
BAP V5.1	<ul style="list-style-type: none"> • Estándar de seguridad y sostenibilidad para la acuicultura • Incluye requisitos para EPP en plastas de procesamiento

Fuente: (Salmonexpert, 2021) (BRCGS, 2020) (Standards, 2020)

Estas normas aplican desde el enfoque de manipulación directa de productos de consumo humano. Los cuales deben estar hechos de materiales no tóxicos, aptos para contacto con alimento, lavables y sanitizables, en caso de ser reutilizables.

5.2 Modelos de negocios y comercialización de bioplásticos

5.2.1 Estructura de costos de producción vs importación

La estructura de costos nos dará una descomposición sistemática de todos los elementos que componen el costo total de obtener un producto, ya sea fabricándolo localmente o importándolo. Esta herramienta permite evaluar la viabilidad económica, comparando no solo el precio final, sino también la eficiencia operativa, los riesgos logísticos y los impactos ambientales.

5.2.1.1 Producción local desde almidón de maíz

La producción de PLA a escala industrial, como la realizada por NatureWorks LLC, parte de materias primas agrícolas como el maíz. Según el estudio de (Vink E. G., 2007), se requieren aproximadamente 1,6 kilogramos de dextrosa, para producir 1 kg de PLA. El proceso involucra fermentación microbológica para obtener ácido láctico, seguido de una etapa de polimerización para generar el polímero final. El consumo energético total estimado en este proceso es de 54 a 56 MJ por kilogramo de PLA, y las emisiones de gases de efecto invernadero alcanzan 2,02 kg CO₂ – eq/kg PLA cuando no se emplea energía renovable.

Aunque el estudio no publica directamente un valor económico por kilogramo, investigaciones posteriores estiman que el costo total de proceso de producción se sitúa entre 2,70 y 2,90 USD/kg, considerando materias primas, energía, depreciación de capital, mano de obra y mantenimiento (Shen L. H., 2009)

5.2.1.2 Importación de PLA

El contraste, el PLA puede importarse desde proveedores establecidos como NatureWorks (EE.UU) o Total Corbion PLA (Tailandia). Según datos actualizados por portal especializado (Chemanalyst, 2025), el precio OFB (Free on Board) para resina PLA se ubica entre 2,5 y 2,8 USD/kg, dependiendo del grado de cristalización y volumen contratado. A esto se debe añadir los costos logísticos asociados, como fletes marítimos (aprox 0,15 – 0,30 USD/kg), aranceles e internación (aprox. 0,10 – 0,15 USD/kg), lo que eleva el costo total CIF puesto en plan en Chile a un rango estimado de 2,75 a 3,25 USD/kg.

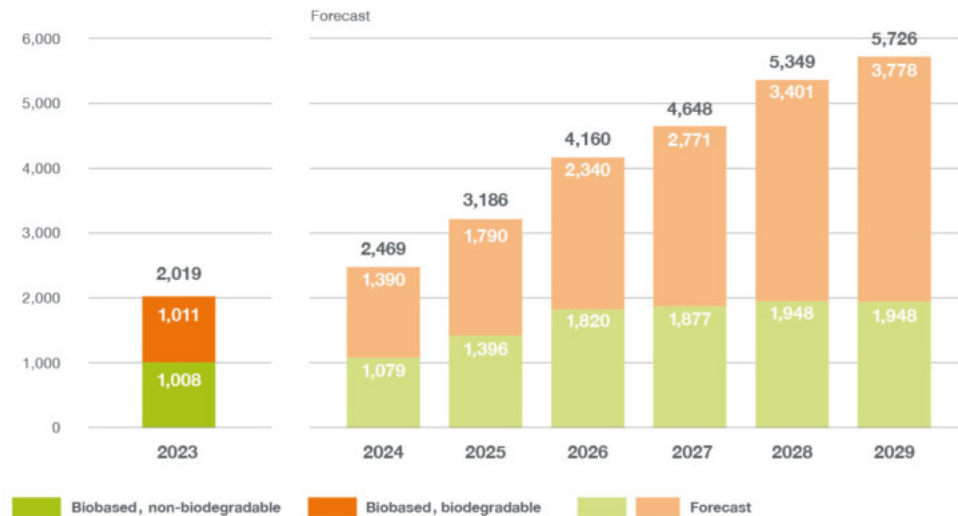
5.2.2 Economías de escala y barreras de entrada

Según el informe (Research, 2023), la evolución positiva del PLA se asocia directamente al aumento de capacidad de producción, lo que reduce los costos unitarios y mejora la competitividad del bioplástico. A medida que se produce mayores volúmenes, los costos fijos que incluye CAPEX, I+D e infraestructura, se distribuyen en más unidades, disminuyendo el costo promedio por kilogramo producido de PLA.

Figura 4*Global production capacities of bioplastics*

Global production capacities of bioplastics

in 1,000 tonnes



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2024)

Fuente: (Bioplastics, 2024)

Revisando un análisis sistemático publicando por (Possidonio, 2025), se identifican varios desafíos claves para la producción de PLA en Chile.

1. Barreras Tecnológicas: El PLA requiere procesos complejos con altas exigencias en pureza, control de fermentación y polimerización, además de requerir experiencia técnica y acceso a tecnologías avanzadas de producción.

2. **Barreas de conocimientos:** La falta de Know-how local en producción de bioplásticos limita la internalización rápida de capacidades, y muchas soluciones tecnológicas son brindadas por proveedores extranjeros.
3. **Barreas económicas:** La inversión inicial para plantas de producción es intensa (CAPEX elevado) y los costos operaciones (energía, materias primas, personal calificado) resultan altos sin escala significativa.
4. **Barreras regulatorias:** existe escasa normativa local y laboratorios, que regule la calidad del PLA, por ejemplo, para certificaciones de grado alimenticio o compostabilidad industrial, lo que desincentiva inversiones.
5. **Barrera de estabilidad del suministro:** Chile carece de sistemas consolidados de suministros de biomasa dedicada a la creación de alternativas de plásticos. Además, compite con numerosos usos agrícolas, lo que aumenta la incertidumbre de abastecimiento.
6. **Barrea de comportamiento /mercado:** El mercado local aun muestra baja demanda por PLA, su incorporación depende de compradores institucionales, lo que reduce la atracción de inversiones privadas iniciales.

5.2.3 Incentivos tributarios y políticas públicas en Chile

A nivel mundial existen varios compromisos de los países por disminuir el uso de plásticos convencionales:

5.2.3.1 *Compromiso Global por la Nueva Economía de los Plásticos*

El Compromiso Global, lanzado en 2018 por la Fundación y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ha movilizado a más de 1.000 organizaciones en torno a una visión única y unos objetivos alineados para 2025, respaldados por métricas y definiciones comunes.

El Compromiso Global se establece con cuatro objetivos clave:

- **Movilizar** a un grupo de empresas líderes, gobiernos y otras partes interesadas para alinearse en torno a una visión y unos objetivos comunes para hacer frente a la contaminación por plásticos.
- **Realizar** una acción inicial hacia la visión común, demostrando dónde es posible avanzar y revelando dónde falta.
- **Aprender** proporcionando una transparencia sin precedentes sobre las principales oportunidades y obstáculos, y explorando soluciones con una masa crítica de agentes.
- **Catalizar** el cambio en toda la economía del plástico creando un efecto dominó mucho más allá del propio grupo firmante. (ellenmacarthurfoundation, s.f.)

5.2.3.2 *Hoja de Ruta hacia una Gestión Sostenible de Plásticos, países de la Alianza del Pacífico*

En la Declaración Presidencial de Lima de 2019, los países miembros de la Alianza del Pacífico se comprometieron a trabajar en el análisis y desarrollo de iniciativas que contribuyan a la gestión integral del plástico, incluyendo temáticas como: regulación de plásticos de un solo uso, responsabilidad extendida del productor en envases y embalajes de plástico, innovación,

investigación y desarrollo, educación e información del consumidor, fomento de la producción, uso racional de productos sustitutos, impulso de esquemas de economía circular y economía azul, prevención, reducción de contaminación y análisis y reducción del impacto de residuos plásticos y micro plásticos en ecosistemas marinos, costeros, lacustres y rivereños, priorizando las áreas protegidas y bienes de patrimonio mundial, sensibilización, modelos de reutilización y cooperación y asociaciones estratégicas. (alianzapacifico, 2020)

5.2.3.3 *Ley REP 20.920, (Responsabilidad Extendida del Productor)*

Promulgada en el 2016, la cual establece el marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.

Es el nuevo marco legal en materia de residuos y de fomento al reciclaje. Esta Ley tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente. (MMA, 2020, pág. 1)

¿Cuáles son los productos prioritarios regulados por esta ley?

La ley (ministerio del medio ambiente, 2020) define una serie de productos prioritarios, entre los cuales se incluyeron neumáticos, Baterías, Aparatos eléctricos y electrónicos y Pilas, Aceites Lubricantes y Envases y Embalajes siendo estos últimos en lo que nos centraremos el análisis. Los cuales quedan resumidos en la **Tabla 10**.

Tabla 10*Ley REP 20.920 Productos Prioritarios*

Producto Prioritario	<i>¿Por qué son estos productos?</i>				
	Consumo Masivo	Volumen Significativo	Residuo Peligroso	Factible de Valorización	Regulación Comparada
Aceites lubricantes	✓	✓	✓	✓	✓
Aparatos eléctricos y electrónicos	✓	✓	✓	✓	✓
Envases y embalajes	✓	✓	✗	✓	✓
Pilas	✓	✗	✓	✗	✓
Baterías	✓	✓	✓	✓	✓
Neumáticos	✓	✓	✗	✓	✓

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio del Medio Ambiente, 2020)

Por su parte, la ley establece multas desde leves hasta gravísimas, las cuales quedan en

Tabla 11.

Tabla 11*Ley REP 20.920 Multas*

Multas LEY REP			
Infracciones	Leves	Graves	Gravísimas
Sanciones	Amonestación por escrito	Revocación de RCA Clausura Temporal o Definitiva	
Multas	De 1 a 1.000 UTA	De hasta 5.000 UTA	De hasta 10.000 UTA

Fuente: Elaboración propia basada en (ley REP, s.f.)

Considerando las envases y embalajes que es en que se basará esta investigación. En el Artículo 2° del decreto 12, se considera las siguientes definiciones de envases:

Envases y embalajes: aquellos productos hechos de cualquier material, de cualquier naturaleza, que sean usados para contener, proteger, manipular, facilitar

el consumo, almacenar, conservar, transportar, o para mejorar la presentación de las mercancías, así como los elementos auxiliares integrados o adosados a aquellos, cuando cumplen con la función de informar al consumidor o alguna de las funciones y señaladas. En adelante, indistintamente también denominados como "envases" (BCN, 2021).

Tabla 12 se describen lo que el lay REP define como envases

Tabla 12

Ley REP 20.920 Descripción de Envases

Envases Primarios	Envases secundarios:	Envases terciarios:
Aquellos envases que están en contacto directo con el bien de consumo que envasan o embalan, o que están concebidos para constituir una unidad de venta en el lugar en que el bien de consumo es enajenado al consumidor final.	Aquellos envases que contienen uno o más bienes de consumo envasados o embalados en envases primarios.	Aquellos envases que contienen uno o más bienes de consumo envasados o embalados en envases primarios o secundarios, con el objeto de facilitar su transporte o manipulación, excluyéndose los contenedores.

Fuente: Elaboración propia basada en (LEY REP)

5.2.3.4 Ley 21.368, (Regula la entrega de plásticos de un solo uso y las botellas plásticas)

Promulgada en el 2021 la cual regula la entrega de plásticos de un solo uso y las botellas plásticas.

Esta norma tiene el objetivo de proteger el medio ambiente y disminuir la generación de residuos mediante la limitación en la entrega de productos de un solo uso. La ley regula dos materias principales. En primer término, la entrega de productos de un solo uso en establecimientos

de expendio de alimentos. En segundo lugar, las botellas plásticas de bebestibles, tanto retornables como desechables. (MMA, s.f.)

¿Cuáles son los productos de un solo uso regulados por esta ley?

La ley (MMA, 2022) define una serie de productos prioritarios, entre los cuales se incluyeron Vasos, tazas, tazones, cubiertos (tenedor, cuchara, cuchillo), palillos, pocillos, mezcladores, bombillas, platos, cajas, copas, envases de comida preparada, bandejas, sachet, individuales y tapas que no sean de botellas, en tanto no sean reutilizables.

Tabla 13 y la restricción asociada a la ley:

Tabla 13

Ley 21.368 Fechas clave y restricciones asociadas a la Ley de Plásticos de un Solo Uso en establecimientos"

¿Qué reglas se aplican si el consumo de comida se realiza dentro de un establecimiento?		
Fecha de Vigencia	Consumo dentro del establecimiento de expendido de alimentos	Consumo fuera del establecimiento de expendido de alimentos
13 de agosto de 2024	<p><i>se deberán entregar productos reutilizable</i></p> <hr/> <p>se podrá entregar un producto de plástico, siempre y cuando sea reutilizables.</p> <p>no estará permitida la entrega de productos de un solo uso/desechables, cualquiera sea el material del que estén compuestos. Por ejemplo, no podrán entregarse productos de papel o cartón.</p>	<p><i>estará permitida la entrega de productos desechables de materiales distintos al plástico</i></p> <hr/> <p>Por ejemplo: papel, cartón, aluminio, vidrio, bambú, etc.), o bien, fabricados a partir de plástico certificado.</p>

13 de febrero de 2022	<i>No se podrá hacer entrega de bombillas, cubiertos (tenedor, cuchara y cuchillo), revolvedores y palillos de plástico de un solo uso, incluidos aquellos elaborados a partir de plástico certificado.</i>
-----------------------	---

Fuente: Elaboración propia basada (MMA, 2022)

Por su parte la ley establece normas y requisitos para los plásticos certificados, los cuales quedan resumidos en la **Tabla 14**.

Tabla 14

Ley 21.368: Requisitos normativos para plásticos certificados

¿Qué son?	Los plásticos certificados son plásticos compuestos total o parcialmente por materias producidas a partir de recursos renovables, diseñados para ser compostados a nivel domiciliario o industrial, y cuya certificación es entregada por el Ministerio del Medio Ambiente
Requisitos	El porcentaje mínimo de materias producidas a partir de recursos renovables que debe incorporar en su composición, el que no podrá ser inferior a 20%. Y que son diseñados para biodegradarse bajo condiciones de compostaje industrial o domiciliario. El plazo de biodegradación no puede ser superior a un año en ambos casos.
Regulación	Deberán ser fácilmente identificables por los consumidores a través del certificado, el que deberá ser exhibido en el producto. Adicionalmente, el establecimiento de expendio de alimentos que entregue plásticos certificados deberá exhibir el certificado de forma visible al público y en su sitio web. La certificación será otorgada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), pero la verificación del cumplimiento de los requisitos será realizada por entidades técnicas acreditadas por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Fuente: Elaboración propia basada (MMA, 2022)

5.3 Viabilidad técnica y económica

5.3.1 Concepto clave: VAN, TIR, periodo de recuperación, análisis de sensibilidad

Para la evaluación del foco de un escenario productivo local versus un escenario de importación de producto PLA (bioplástico), requerirá aplicar indicadores financieros que permitan cuantificar su rentabilidad, liquidez y riesgo, bajo distintas condiciones de mercado.

5.3.1.1 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un indicador que refleja el valor presente de los flujos netos de caja generados por un proyecto, descontando de una tasa que representa el costo de oportunidad de capital.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde

- F_t : Flujo neto de caja en el periodo t
- r : Tasa de descuento
- I_0 : Inversión inicial
- n : Vida útil del proyecto

Criterio de decisión:

- Si $VAN > 0$; El proyecto es económicamente rentable.
- Si $VAN < 0$; El proyecto destruye valor.

En nuestro caso a evaluar, el proyecto de producción local debe generar flujos suficientes para recuperar la alta inversión y cubrir costos variables como energía, materias primas y mantenimiento. En contraste, la alternativa de importación tiene menor inversión inicial, pero márgenes más ajustados.

5.3.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. El cual representa la rentabilidad porcentual promedio del proyecto.

Criterio de decisión:

- Si $TIR >$ tasa mínima aceptable de retorno; se acepta el proyecto.
- Si $TIR <$ tasa minimiza aceptable de retorno; Se rechaza.

Para la aplicación de este proyecto, la producción local tiene el potencial de alcanzar un TIR elevada en escenarios de económica de escala, mientras que la importación suele tener más baja, pero con menor riesgo financiero.

5.3.1.3 Periodo de recuperación (PayBack)

Indica el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial con los flujos netos generados por el proyecto.

Criterio de decisión:

- Se prefiere un PayBack en menos periodo, ya que implica menor exposición al riesgo.
- No considera el valor del dinero en el tiempo (limitación del criterio).

En la producción local del PLA, el periodo de recuperación suele ser mayor debido al alto CAPEX inicial, mientras que la importación puede tener un payback más corto, pero con menor generación de valor en el largo plazo.

5.3.1.4 *Análisis de sensibilidad*

Permite evaluar como varia el VAN y la TIR frente a cambios en variables claves del proyecto, como:

- Precio de venta del PLA
- Costos de materias primas
- Tipo de cambio
- Demanda proyectada
- Costos de energía.

Este análisis es especialmente relevante dado el impacto de los costos energéticos y de la escala de producción local, y la volatilidad de los costos logísticos y del tipo de cambio en la importación.

5.3.2 *Análisis de riesgos comerciales y estratégicos*

Dentro del análisis de riesgo que tienen esta evaluación, se consideran los siguientes puntos:

Tabla 15

Riesgos económicos comerciales y estratégicos Producción vs Importación

Riesgo	Producción local de PLA	Importación de PLA
Riesgo de demanda	Demanda aun emergente en Chile, riesgo de baja captación inicial sin contratos a largo plazo	Menor, ya que no se requiere volumen mínimo de venta local
Riesgo de precios	Riesgo de costos altos si no se alcanza económica de escala	Riesgo de alzas por tipo de cambio, fletes internacionales y concentración de oferta
Riesgo de abastecimiento	Depende de una cadena agrícola estable; Chile no	Riesgo logístico alto por dependencia de proveedores

	tiene cadenas consolidadas para este propósito	internacionales y transporte marítimo
Riesgo tecnológico	Tecnología compleja (fermentación + Polimerización), requiere transferencia tecnológica y personal calificado	Riesgo bajo en esta dimensión, se adquiere producto terminado
Riesgo de inversión	Muy alto, sensible a tasas de interés y acceso a financiamiento	Bajo; solo requiere capital de trabajo y gestión comercial
Riesgo regulatorio	Riesgo medio: falta de normativas locales sobre compostabilidad, pero alienación con Ley 21.368 y REP	Bajo, si se cumple normativa de importación y etiquetado
Riesgo de reputación	Alto si el PLA no es efectivamente compostable o si se mezcla con polímeros no certificados.	Similar, depende de trazabilidad y etiquetado del proveedor
Riesgo de sustitución	Riesgo medio por competencia de reciclados y biopolímeros más avanzados.	Similar; riesgo de que importaciones cambien de proveedor o material.

Fuente: (Possidonio, 2025) (Chemanalyst, 2025) (Ministerio del Medio Ambiente, 2020)

6 Metodología

6.1 Diseño de la investigación

Para el desarrollo de la tesina, se estructura bajo un diseño exploratorio – descriptivo y comparativo, con un enfoque mixto. Este tipo de enfoque permitirá analizar la factibilidad técnica, económica y estratégica del uso del PLA en la industria chilena de alimentos, considerando dos rutas de abastecimiento: producción local a partir de almidón e importación desde proveedores internacionales.

Esta investigación se apoya en fuentes primarias oficiales (bases de datos industriales) y literatura científica reciente. Se aplican herramientas de análisis financiero (VAN, TIR, Payback), análisis estratégico y benchmarking técnico- productivo.

6.2 Criterios de análisis para la evaluación técnica y económica

La siguiente tabla expone los criterios de análisis para la evaluación técnica y económica de producción local e importación.

Tabla 16

Criterios técnicos.

Criterio técnico	Descripción
Disponibilidad de materias primas	La estabilidad de suministro de insumo como maíz, almidón o residuos agrícolas es crítica para la producción local de PLA
Grado de madurez tecnológica	La producción de PLA requiere tecnología de fermentación, separación y polimerización, aun incipientes en muchos países.
Capacidad de escalabilidad industrial	La transición desde escala piloto a comercial presenta barreas técnicas y logísticas
Consumo energético por kg producido	Es clave para comparar eficiencia y huella ambiental entre alternativas

Huella de carbono por kg de PLA	Compara emisiones con plásticos fósiles (PE/PP) permite identificar beneficios ambientales.
Capacidad técnica instalada	La producción local requiere alta inversión en infraestructura y formación técnica especializada

Fuentes: (Vink E. e., 2007) (Possidonio, 2025)

Tabla 17

Crterios económicos

Criterio económico	Descripción
Costo unitario por kg de PLA	Permite calcular márgenes precios de venta para validar rentabilidad
Inversión inicial	La producción local exige grandes montos en activos fijos; la importación, en cambio requiere menor inversión inicial
Costos operacionales	Costo de energía, insumos, RR.HH. y mantenimiento deben ser evaluados para estimar el punto de equilibrio
TIR y VAN	Permite dimensionar el riesgo financiero del proyecto, especialmente en contextos volátiles como importación
Riesgo de mercado y logísticos	Variaciones en precios internacionales, tipo de cambio, disponibilidad de PLA y regulaciones son factores decisivos.

Fuente: (Possidonio, 2025) (Chemanalyst, 2025)

6.3 Herramientas de análisis financiero: Calculo VAN, TIR, Payback y análisis de sensibilidad

- **Valor Actual Neto (VAN):** El van se calcula proyectando los flujos netos esperados durante 10 años y descontándolos a una tasa del 12%, esta tasa de riesgo es exigida en proyectos de inversión que tienen riesgo en nuevas tecnologías, varía entre 12 a 15 %. Se incluye

ingresos por ventas de PLA y costos variables (energía, materia prima, personal, mantenimiento).

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** Se estable una TIR de corte de 12% anual como benchmarking industrial. La alternativa de producción local presenta TIR positiva (>13%) solo a partir de escalas mayores a 10.000 ton/año
- **Payback:** El periodo de recuperación estimado para producción local es de 7 a 8 años, mientras que para importación puede ser ≤ 2 años, al no requerir infraestructura industrial.
- **Análisis de sensibilidad:** se estima cambios del $\pm 15\%$ en:
 - Precio PLA internacional
 - Costos logísticos
 - Precio maíz
 - Tipo de cambio CLP/USD
 - Demanda esperada (ton/año)

7 Desarrollo

7.1 Análisis técnico de producción de PLA en Chile

El análisis técnico económico se desarrollará en base a una planta de procesos de 10.000 ton anuales de producción de bioplástico PLA.

Se Chile se consume aprox. 990.000 toneladas de plásticos al año, lo que el 75% corresponde a plásticos de un solo uso, como envases, bolsas, cubiertos y botellas.

Por lo que la estimación de PLA equivale de 10.000 ton al año, equivale a un 1,34% del plástico de un solo uso consumido en Chile.

7.1.1 Disponibilidad de materias primas (maíz, almidón, otros)

Para dar análisis a las materias primas, es necesario conocer cuáles son las principales fuentes de almidón y en qué porcentaje contiene almidón. Esto es de principal relevancia, ya que da lugar a cuantificar la materia prima disponible en Chile.

Tabla 18

Fuentes vegetales de almidón

Fuente vegetal	Contenido típico de almidón	Materia prima necesaria para 1 kg de PLA
Maíz	60 – 70 % en base seca	1,5 – 2,5 kg
Yuca	65 – 85% en base seca	2,8 – 3,2 kg
Papa	16 – 22% en base húmeda	5,5 – 6,5 kg
Trigo	60 – 65% en base seca	1,6 – 1,8 kg
Arroz	70 – 80% en base seca	1,4 – 1,6 kg

Fuente: (Vink E. e., 2007) (Shen L. H., 2009) (Possidonio, 2025)

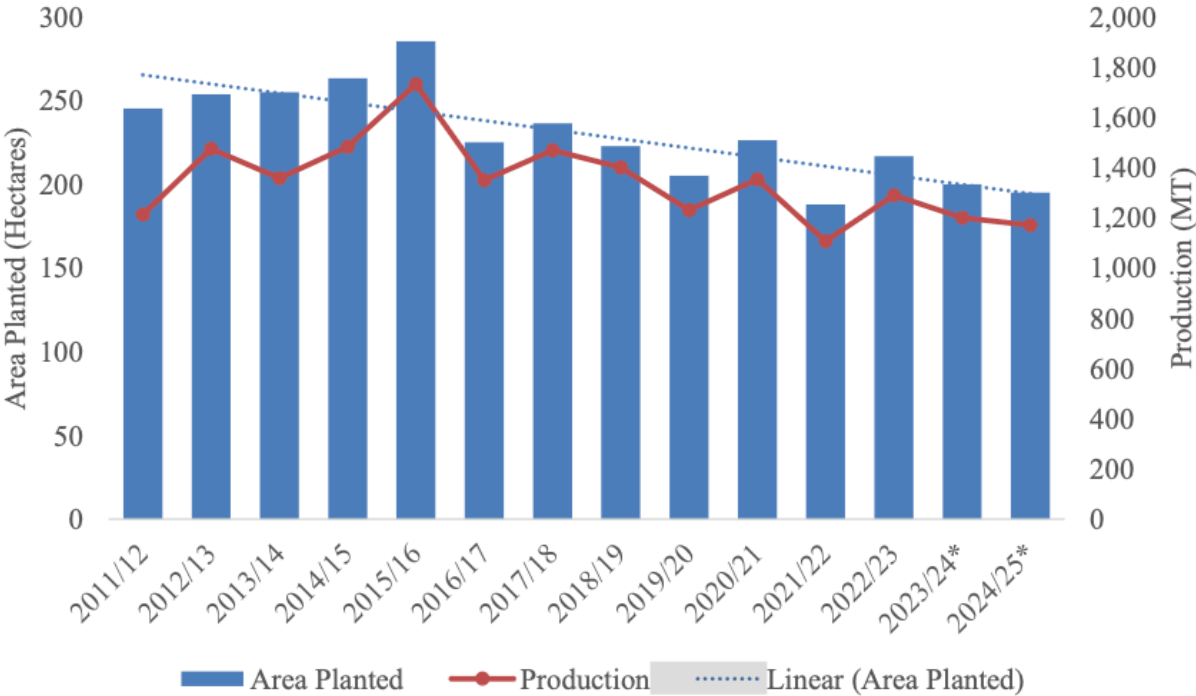
7.1.1.1 Situación del maíz en Chile

Chile es un consumidor y productor local de maíz. Según los informes “Mercado de los cereales” de la Biblioteca del Congreso Nacional, basado en datos de ODEPA, durante la temporada agrícola 2021-2022, Chile Produjo aproximadamente 590.000 Ton de maíz de grano seco, cultivadas en unas 48.000 Ha, con un rendimiento medio de 12,2 ton/ha.

Según el (Gonzalez, 2024), en Chile se consume 3,52 millones de toneladas de Maíz, de los cuales en Chile se produce 590.000 ton aproximadamente. Por lo cual Chile produce solo el 15% de su consumo anual de maíz, el 85% restante es importado.

Figura 5

Áreas sembradas y productividad en Chile



Fuente: (Gonzalez, 2024)

Según informes, se ha notado una disminución de la siembra en Chile, esto debido a las bajas de los precios por sobre oferta del maíz.

El maíz en grano tuvo un valor en 2018 y 2022 promedio pagado a productor nacional desde **\$13.048 a \$30.519** por quintal, lo cual se encuentra alineado con el alza en el precio internacional de maíz, especial la referencia de Argentina. (Núñez, 2023)

Según “Boletín Cereales N°1” (G., 2024), el precio nacional se mantuvo a los \$210 - \$220/kg.

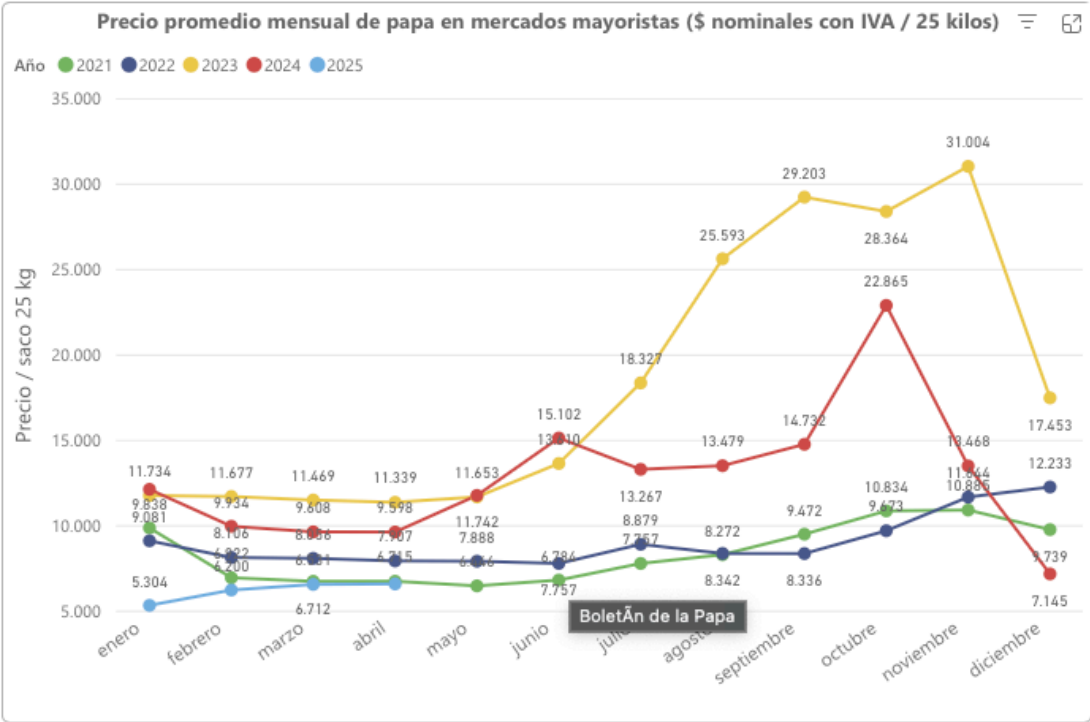
Para efectos de estimados de evaluación de costos de materias primas se utilizará el costo promedio de **\$215/kg.**

7.1.1.2 Situación de la papa en Chile

Según informe (Valenzuela P., 2025), Chile tiene una producción de papa de 1.015.784 ton, muy superior a la producción de Maíz. Con un precio nominal con IVA promedio que varía en el año de \$12.552 por 25 kilos de papa.

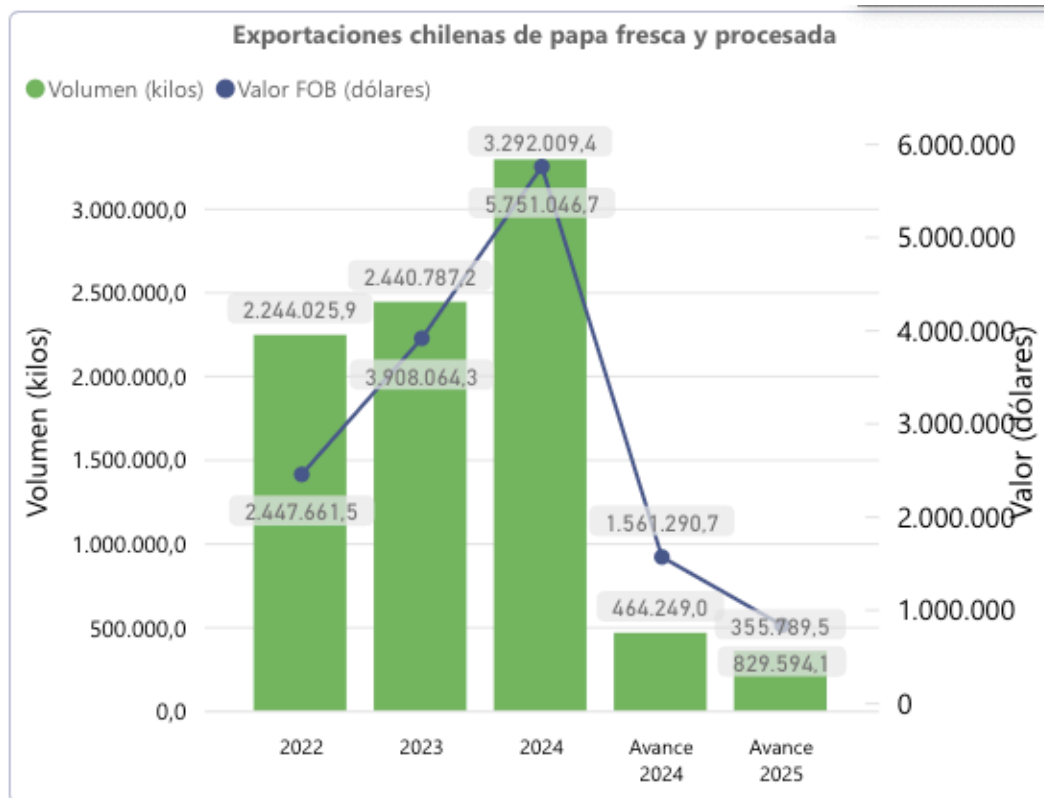
Figura 6

Precios promedios mensuales de la papa en mercados mayoristas



Fuente: (Valenzuela P., 2025)

En cuanto a los niveles de exportación de la papa chilena, en 2024 marco un volumen de 3.292.009 kilos en papa fresca y procesada. Por lo tanto, se exporta solo el 0,32% de la producción nacional.

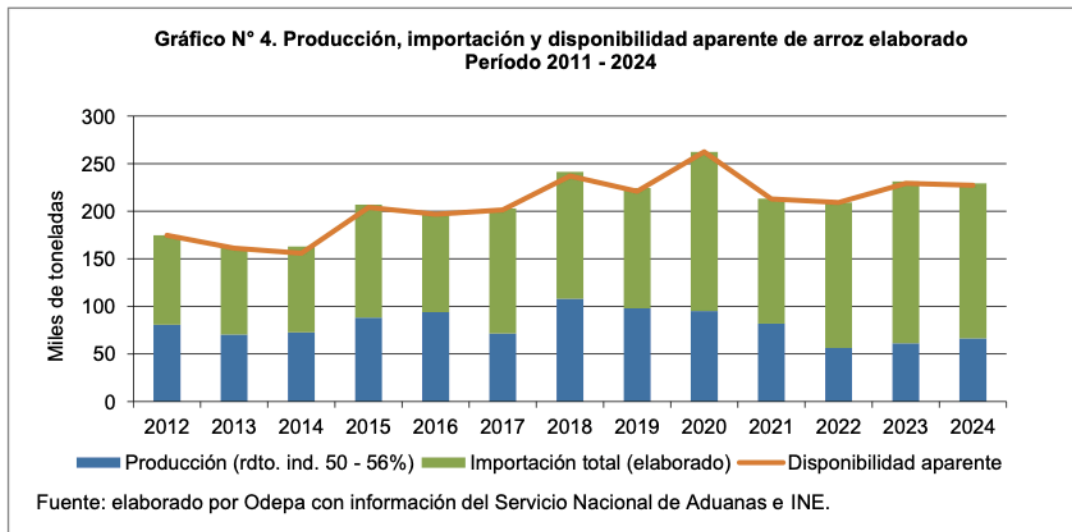
Figura 7*Exportaciones chilena de papa fresca y congelada**Fuente:* (Valenzuela P., 2025)

7.1.1.3 Situación del Arroz en Chile

La situación de producción con comparación con el consumo en Chile es la más débil. Chile tiene un volumen de producción de arroz de 118.700 ton anuales con un rendimiento de superficie de sueño sembrado de 68,3 qqm/ha, con un volumen de importación de 162.763 ton. (N., 2025)

Figura 8

Producción nacional y volumen de importación de arroz

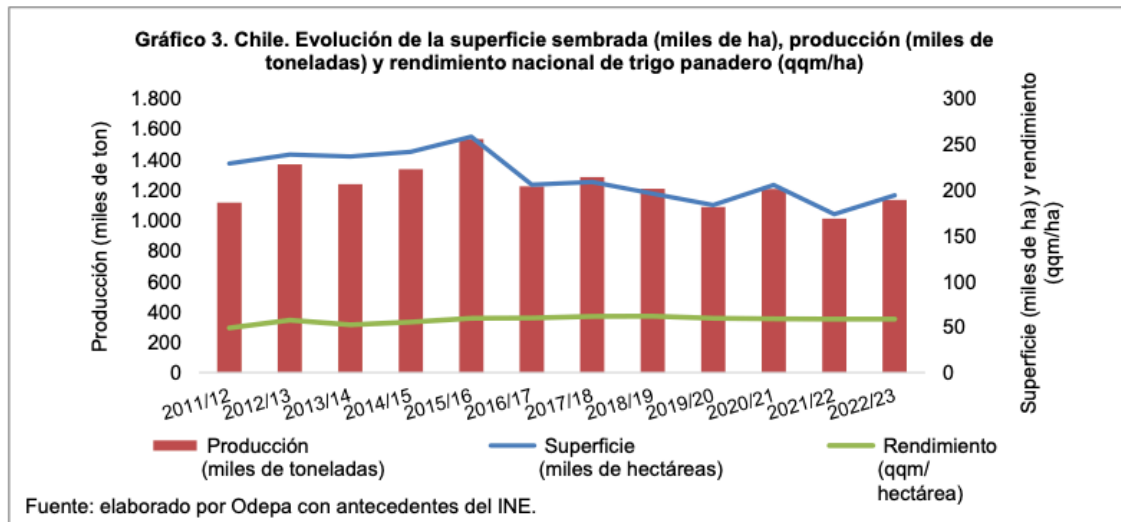


Fuente: (N., 2025)

Debido al volumen de consumo y la producción nacional, Chile importa más de 50% del arroz consumido, considerando lo anterior, la dependencia de la importación hace inviable la utilización de arroz para la producción de bioplástico PLA.

7.1.1.4 Situación del Trigo en Chile

Chile presenta una producción constante en los años, pero esta producción no es suficiente para abastecer el mercado nacional, en 2022/23 se hizo una producción total de 1.290.024 ton. Con un precio nominal de \$275 /kg para diciembre 2024. Donde el consumo nacional indica un total de 2.400.000 ton aproximadamente. (Gonzalez, 2024)

Figura 9*Producción de trigo en Chile**Fuente: (Gonzalez, 2024)*

Dado en análisis del trigo, para su cuota de consumo interno, Chile importa más del 50%, por lo tanto, en alternativa para producción de PLA, no es válido por la dependencia de importaciones.

7.1.1.5 Resumen de análisis de materias primas para la producción de PLA en Chile

Dado el análisis de las materias primas presente en Chile a nivel productivo, se considerando 2 alternativas, papa y maíz.

Tabla 19*Resumen de fuentes vegetales de almidón para producción de PLA disponibles en Chile*

Materia Prima	% de almidón	Producción Nacional	Consumo Nacional	Precio Nacional	Kg necesarios para
----------------------	---------------------	----------------------------	-------------------------	------------------------	---------------------------

					producir 1 kg de PLA
Maíz	60 – 70 %	590.000 ton	3.520.000 ton	\$215 /kg	1,6
Papa	16 – 22 %	1.015.784 ton	Producción orientada al consumo nacional	\$502 /kg	5,0 – 6,5
Trigo	60 – 65 %	1.209.204 ton	2.400.000 ton	\$275 /kg	1,6 – 1,8 kg
Arroz	70 – 80 %	118.000 ton	210.000 ton	\$1.341 /kg	1,4 – 1,6 kg

Fuente: Elaboración propia

Dado el cuadro de resumen, la fuente vegetal viable para la producción en Chile es la papa, considera el factor:

- **Maíz:** Alta dependencia de importaciones. Solo el 15% aproximadamente se cubre con la cuota local
- **Papa:** Casi toda la producción es absorbida por el mercado interno, casi nula importación.
- **Trigo:** Producción nacional cubre alrededor de la mitad del consumo.
- **Arroz:** Fuerte déficit, se importan entre 120.000 ton y 200.000 ton para cubrir la demanda interna, dependiente de importaciones.

No obstante, el rendimiento de almidón de la papa es el menor, requiriendo 5,0 a 6,5 aproximadamente para producir 1 kilo de bioplástico PLA. Por lo tanto, se recomienda evaluar el costo del proceso productivo y la demanda de PLA que se requiere, para cumplir una cuota productiva de PLA.

Se estima la cantidad de materia prima requerida para una producción anual de 20.000 ton de PLA, considerando los rendimientos, costos, y disponibilidad.

Tabla 20

Análisis de costos y volúmenes requerido por fuente vegetal disponible en Chile

	Maíz	Papa	Arroz	Trigo
Precio (\$/kg)	\$ 215	\$ 502	\$ 1.341	\$ 275
Rendimiento kg/kg PLA	1,6	6	1,5	1,7
Capacidad de Producción (anual) (ton)	20.000	20.000	20.000	20.000
Cantidad de materia prima requerida Produc. anual	32.000	120.000	30.000	34.000
Producción anual Chile (ton)	590.000	1.015.784	118.000	1.209.204
Porcentaje de materia prima requerida del anual producido en Chile	5,42%	11,81%	25,42%	2,81%
Costo de Materia Prima Anual (\$ MM)	\$ 6.880	\$ 60.240	\$ 40.230	\$ 9.350

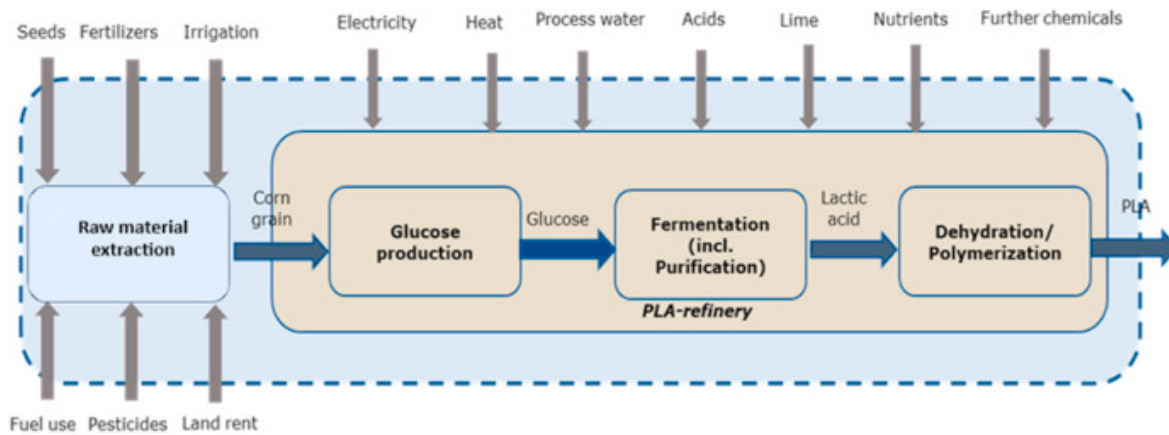
Fuente: Elaboración propia

Se recomienda la producción de PLA en base a Maíz, aun considerando la limitación productiva del país, no obstante, el costo para la producción anual de bioplástico es el más bajo de todas las opciones evaluadas, con un total de \$7.130.475.000 CLP, para una producción de 10.000 ton de bioplástico PLA al año.

7.1.2 Tecnología de producción disponible o necesaria

La producción de PLA a partir de materias primas vegetales se desarrolla en cuatro etapas principales, cada una con sus tecnologías asociadas, se analizarán solo dos opciones de producción en base vegetal en papa y maíz.

Según la literatura los procesos productivos solo se diferencian principalmente en la etapa inicial de obtención de la glucosa, el resto del proceso es idéntico. (Shen L. H., 2009).

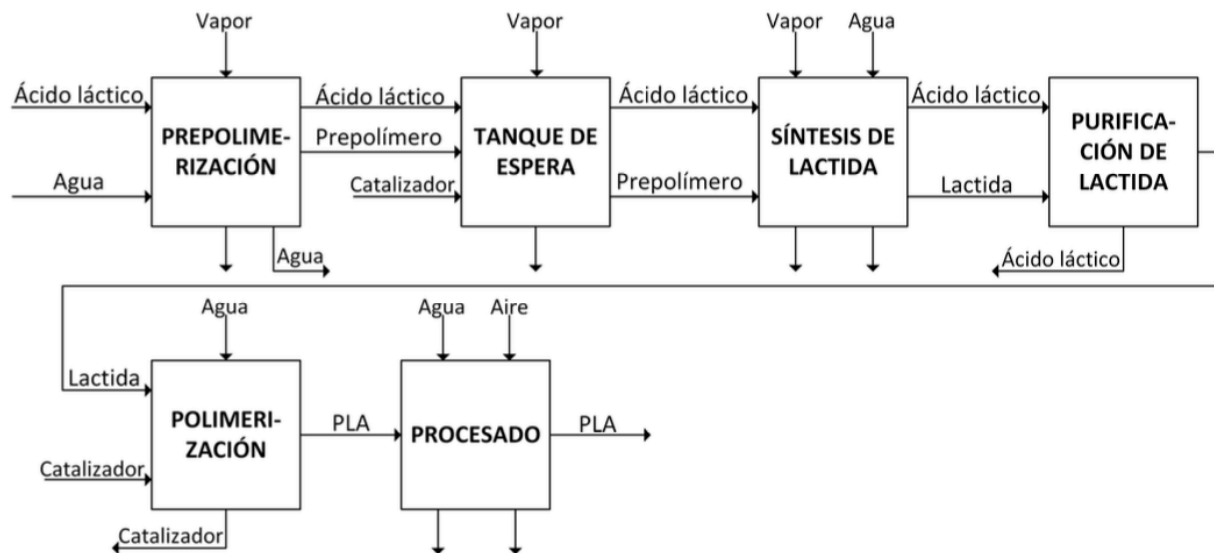
Figura 10*Procesos productivos de producción PLA*

Fuente: (Claudia Wellenreuther, 2022)

El proceso específico de producción se muestra en **Figura 11**, donde se presentan cada etapa de entrada y salida según fases productivas.

Figura 11

Diagrama de bloques del proceso de producción de PLA



Fuente: (Salinas, 2019)

7.1.2.1 Hidrolisis del almidón (sacarificación)

Este proceso corresponde a la conversión de almidón vegetal en glucosa, la materia prima clave para la fermentación. El almidón, extraído de cultivos de maíz o papa, se somete primero a gelatinización, donde se calienta en agua para romper su estructura cristalina. Luego, se añaden enzimas como α -amilasa (para licuefacción) y glucoamilasa (para sacarificación), las cuales degradan las cadenas de polisacáridos hasta obtener una solución rica en glucosa fermentable.

La tecnología necesaria:

- Tanques de gelatinización (80 – 90 °C)
- Reactores enzimáticos con control de pH y temperatura
- Enzimas: α - amilasa y glucoamilasa

7.1.2.2 Fermentación a ácido láctico

La glucosa obtenida se introduce a biorreactores, donde es fermentada por bacterias lácticas del género *Lactobacillus* y otras especies seleccionadas. Este proceso transforma la glucosa en ácido láctico, un compuesto orgánico que sirve de monómero base para la síntesis del PLA. La fermentación se realiza en condiciones controladas de temperatura (30-40 °C), y ausencia de oxígeno, y se acompaña de proceso de separación para remover impurezas y biomasa celular.

La tecnología necesaria:

- Biorreactores tipo batch o continuo con agitación.
- Control automático de pH, temperatura y aireación.
- Separadores centrífugos o filtros tangenciales para purificación

7.1.2.3 Polimerización del ácido láctico a PLA

Existen dos métodos industriales para sintetizar Pla a partir de ácido láctico:

- a) Polimerización por condensación directa: Consiste en unir directamente las moléculas de acudo láctico en un reactor a alta temperatura (180 – 200 °C) y presión reducida, retirando el agua generada. Este método es menos eficiente y produce polímeros de bajo peso molecular.

Las tecnologías necesarias:

- Reactor a vacío y alta temperatura (180 – 200 °C)
- Eliminación continua de agua

b) Polimerización por apertura de anillo (ROP) de lactida: Este es un método más eficiente y utilizado a nivel industrial (ej. Por NatureWorks). Implica primero la formación de lactida, dímero cíclico del ácido láctico, el cual es luego purificado por destilación. Posteriormente, la lactida se polimeriza en presencia de un catalizador (generalmente Sn-ontanoato), obteniendo un PLA de alto peso molecular apto para aplicaciones industriales.

Las tecnologías necesarias:

- Reactor para formación del lactida (dimerización del ácido láctico)
- Sistema de destilación al vacío para purificar la lactida
- Reactor de polimerización con catalizador (Sn-octanoato)
- Extrusora para peletizado del PL

7.1.3 Requisitos de infraestructura y capital inicial

Para estimar los costos asociados a infraestructura, es necesario orientar la ubicación donde se proyecta la planta de procesos, para esto se busca una ubicación estratégica referente a la concentración de posibles materias primas.

La producción de maíz principalmente se orienta en la Región de O'Higgins y el Maule, donde se concentra el 75% de la superficie de siembra.

El costo promedio de los terrenos industriales en la región de O'Higgins es de 1,7 UF/m², requiriendo una superficie de 10.000 m², para la planta de proceso. Teniendo un costo total del terreno para emplazar la planta de \$1.334.672.380

Tabla 21*Costo de terreno estratégico y capital inicial*

Ítem	Costo CLP
Terreno	\$1.334.672.380

Fuente: Elaboración propia**7.1.4 Costos de Inversión inicial (CAPEX) y Operativos (OPEX).**

Se hace un resumen de los costos de inversión inicial, de construcción de la planta productiva con una capacidad de 10.000 ton/año. Se considera desde un proceso inicial de extracción de almidón desde la fuente vegetal del maíz, hasta la producción de Pellet de PLA para uso sanitario, lo que contempla estándares de producción y certificación diferenciados de la producción normalizada para uso en producción que requieren contacto en manipulación de alimentos.

Para estimar correctamente se va a considerar una referencia de planta 1G PLA. Además, se considera un cálculo de escalabilidad para estimar correctamente el costo del CAPEX para una planta de 10.000 ton/año, con un factor de escalabilidad propio del rubro de $n = 0,65$.

Tabla 22*Planta referencial para estimación de CAPEX*

Tipo de Planta	Producción Anual	Capex total (USD)
1G PLA	47.935 ton/año	361.000.000

Elaboración: Propia en base a (Ratshoshi, 2021)

En base a los datos referenciado se hace el cálculo de estimación por escalabilidad.

$$CAPEX_{nueva} = CAPEX_{base} \times \left(\frac{Q_{nueva}}{Q_{base}} \right)^n$$

Tabla 23*Datos calculo CAPEX planta 10.000 ton/año*

CAPEX _{base}	USD 361.000.000
Q _{base}	47.935 ton/año
Q _{nueva}	10.000 ton/año

Fuente: Elaboración propia

$$CAPEX_{nueva} = USD\ 361.000.000 \times \left(\frac{10.000\ ton/año}{47.935\ ton/año} \right)^{0,65}$$

$$CAPEX_{nueva} = USD\ 130.341.564 \approx CLP\ \$\ 123.919.634.685$$

Tabla 24*Resumen de Inversión Inicial CAPEX (CLP)*

Capex		
Ingeniería y diseño	13%	\$ 16.109.552.509
Infraestructura civil y montaje	20%	\$ 24.783.926.937
Equipamiento de proceso	30%	\$ 37.175.890.406
Servicios generales (Vapor, aire, agua, energía)	10%	\$ 12.391.963.469
Instrumentación y control	5%	\$ 6.195.981.734
Costos indirectos y contingencias	10%	\$ 12.391.963.469
Certificaciones	6%	\$ 7.435.178.081
Gestión de residuos y compostaje	6%	\$ 7.435.178.081
Costos Inversión Inicial		\$ 123.919.634.685

Fuente: Elaboración propia en base a (Ratshoshi, 2021)

En las estimaciones de gastos operativos (OPEX), se consideran gastos de mantenimiento, compra de materia prima anual, gastos administrativos generales y certificaciones de calidad sanitaria.

Tabla 25*Resumen de Gastos de planta de procesos de 10.000 ton/año*

OPEX	Monto
Materia Prima	\$ 7.130.475.000
Gastos de Mantenimiento	\$ 1.426.095.000
Gastos de Servicios generales	\$ 4.278.285.000
Gastos Administrativos	\$ 1.426.095.000
Total Gastos OPEX	\$14.260.950.000

Fuente: Elaboración propia en base a (Ratshoshi, 2021)**Tabla 26***Resultados de flujo económico de implementación planta procesos PLA 10.000 Ton/año*

Item	Resultados
CAPEX	\$ 14.260.950.000 CLP
OPEX	\$ 123.919.634.685 CLP
Periodo de evaluación	10 años
VAN (12%)	\$ -17.306.341.494 CLP
TIR	+ 7%
Payback	8 años

Fuente: Elaboración Propia

7.2 Comparación económico – financiera

7.2.1 Principales países exportadores (China, EE.UU, Alemania)

Actualmente, la producción de exportación de ácido polilactico (PLA) esta lidera por un grupo reducido de empresas con alto grado de integración tecnológica y capacidad instalada a gran escala.

Tabla 27*Empresas comercializadoras de PLA para uso en alimentos*

Empresa	Precio PLA (USD/kg)	Ubicación	Transito Estimado (días)
----------------	--------------------------------	------------------	-------------------------------------

NatureWorks LLC	1,6 – 2,15	Blair, Nebraska EEUU	25 – 42
Anhui Jumei Biology	2,3 – 2,57	China	25 – 42
Ningbo Shuyou Plasticization	2,0 – 2,57	China	25 – 42

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Costos logísticos, aranceles y tiempos de entrega

Dentro de la evaluación de la opción de traer PLA importado a Chile, se considera tanto costos logísticos internacionales, como las cargas tributarias locales. En términos generales, el flete marítimo de un contenedor de 20 pies desde China, EE. UU o Europa varía entre los USD 1.500 y 3.800, con tiempos de tránsito de 25 a 42 días, dependiendo del origen. También se consideran los tratados de libre comercio que cuenta Chile (TLC), el arancel aduanero puede ser 0%, que el IVA de 19% sobre el valor CIF aplica en todos los casos.

Se evaluará dos destinos para la importación de Pellet de PLA a Chile, desde Estados Unidos y de China.

Tabla 28

Costos logísticos, aranceles de container EE.UU. a Chile

Ítem EEUU a Chile	USD por container
Flete marítimo (EE. UU. / Chile)	\$ 2.038
Seguro marítimo (0,5%)	\$ 353
Terminal Handling Charge (THC) y portuarios en Chile	\$ 500
Despacho aduanero	\$ 500
IVA (19%) sobre valor CIF + Aranceles	\$ 13.849
Transporte terrestre Chile (puerto /bodega)	\$ 800
Almacenaje puerto (días libre excedidos ⁹)	\$ 200
Rotulación / etiquetado (uso alimenticio)	\$ 250
Certificación sanitaria inicial (Seremi / ISP)	\$ 600
Total, estimado por container	\$ 20.040

Fuente: Elaboración Propia en base a (ProChile, 2023) (Aduanas, 2023)

Tabla 29*Costos logísticos, aranceles de container China a Chile*

Ítem China a Chile	USD por container
Flete marítimo (China a Chile)	\$ 3.200
Seguro marítimo (0,5%)	\$ 403
THC origen (China)	\$ 200
THC destino (Chile)	\$ 250
Documentación y clearance origen	\$ 70
Despacho aduanero en Chile	\$ 500
Transporte terrestre en Chile (puerto a bodega)	\$ 800
Almacenaje en puerto si excede días libres	\$ 200
Rotulación / etiqueta (uso alimenticio)	\$ 250
Certificación sanitaria inicial (Seremi / ISP)	\$ 600
Total, estimado por container	\$ 20.552

Fuente: Elaboración Propia en base a (ProChile, 2023) (Aduanas, 2023)

Se calcula el costo de materia prima a comprar para evaluar la misma cantidad de pellet de PLA que la planta de procesos. Se evalúan compra dos destinos, se selecciona el precio menor del proveedor chino.

Tabla 30*Costo de materia prima anual compra EE.UU. y China*

Empresa	Precio promedio (USD/kg)	Precio 10.000 ton (USD)
NatureWorks	\$ 2,35	\$ 23.500.000
Ningbo Shuyou Plasticization	\$ 2,69	\$ 22.500.000

Fuente: Elaboración propia

Se estima la cantidad de container que deben traer anualmente desde cualquiera de los destinos para suplir para comprar la producción de la planta de procesos estimada anteriormente.

Tabla 31

Estimación de cantidad de container anual 10.000 Ton de PLA

Container (ft)	Volumen Interno (m³)	Peso bruto Máx. (ton)	Container PLA por año
20 DV	33	24	417
40 DV	67	30	333

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se calcula el costo anual de importación de container de ambos destinos en 333 container.

Además, se requiere considerar el bodegaje del PLA importado para distribución, por lo tanto, se estima el tamaño de la bodega que se requiere arrendar. Se estima un bodegaje con un tiempo de residencia máximo para 2 semanas.

Tabla 32

Dimensionamiento de bodega almacenaje de PLA importado

Ítem	
Ton mensual PLA importado	834 ton
Pallets (1.000 kg)	416 Pallets
Área requerida de bodega (2 m ² /Pallet)	840 m ²

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se requiere una bodega máxima de 840 m², para optimizar el almacenaje y minimizar los stocks inmovilizados.

Tabla 33

Costo de arriendos y servicios de bodega

Ítem	Costo mensual	Costo anual
Arriendo y servicios de bodega (840 m ²)	USD 5.565	USD 66.780
Movimientos internos (pallets)	USD 1.470	USD 17.640

Etiquetado /trazabilidad	USD 500	USD 6.000
Seguros sobre mercancía almacenada	USD 300	USD 3.600
Total, Costos de bodegaje	USD 7.835	USD 94.020

Fuente: Elaboración propia en base a (ProChile, 2023)

Tabla 34

Resultados flujo económico importación de PLA EE.UU a Chile

EE.UU a Chile	Resultados
CAPEX	\$ 1.088.441.524 CLP
OPEX	\$ 28.760.222.417 CLP
Periodo de evaluación	10 años
VAN (12%)	\$ 1.153.327.812 CLP
TIR	31%
Payback	3 años

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Resultados flujo económico importación PLA China a Chile

China a Chile	Resultados
CAPEX	\$ 1.115.710.647 CLP
OPEX	\$ 28.061.857.625 CLP
Periodo de evaluación	10 años
VAN (12%)	\$ 4.258.597.698 CLP
TIR	78%
Payback	2 años

Fuente: Elaboración propia

7.2.3 Beneficios tributarios o subvenciones disponibles

Chile ha desarrollado un entorno cada vez más favorable para el desarrollo de proyectos sustentables, impulsado por una combinación de regulaciones ambientales, instrumentos de fomento económica y una creciente demanda por soluciones circulares. En el contexto de este

proyecto de bioplástico PLA , elaborado a partir de fuentes renovables como el almidón de maíz o residuos orgánicos, se presenta como una alternativa viable frente a plásticos tradicionales.

El marco regulatorio nacional, encabezado por la Ley N°21.368 sobre plásticos de un solo uso, promueve activamente el uso de materiales compostables, mientras que iniciativas como el Pacto Chileno de los Plásticos y la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos consolidan un ecosistema institucional alineado con los principios de la economía circular. A ello se suman diversos incentivos tributarios, como la Ley de I+D y la deducción de gastos asociados a Acuerdos de Producción limpia (APL), además de instrumentos financieros y subsidios gestionados por CORFO, que pueden cubrir hasta el 60% del costo total de iniciativas productivas con enfoque sostenible.

Tabla 36*Resumen de Beneficios y subvenciones en Chile para proyectos sostenibles*

Categoría	Beneficio	Descripción	Monto / Cobertura
Subvención directa	Programa tecnológicos CORFO – Economía circular	Cofinanciamiento para desarrollo de tecnologías o procesos circulares (incluye bioplásticos)	Hasta \$ 3.000 millones CLP (hasta 60% del total del proyecto)
	Concurso desarrolla inversión productiva – CORFO	Apoyo a inversiones productivas sostenibles	Hasta \$ 50 millones CLP (hasta 60% de cofinanciamiento)
Financiamiento	Crédito verde CORFO	Financiamiento a largo plazo vía intermediarios financieros para inversiones sostenibles	Hasta USD \$ 20 – 30 millones por empresa
Beneficio tributario	Ley de incentivos I+D	Permite deducción de gastos en investigaciones y desarrollos tecnológicos vinculados a PLA	Crédito tributario + amortización acelerada
	Gastos necesarios por gestión ambiental (Certificado Azul - PLA)	Los gastos en producción limpia certificada pueden deducirse del impuesto a la renta	Deducción completa como gasto necesario
	Deducción por economía circular	Costos por gestión de residuos valorizados y circularidad son deducibles	Deducción del 100% de costos operacionales asociados
Regulación favorable	Ley 21.368 – Plásticos de un solo uso	Promueve envases compostables, eliminando progresivamente los plásticos convencionales	Obligación de uso de materiales compostables (como PLA)
	Certificado de compostabilidad	Homologación de norma internacionales de compostabilidad (EN 13432, ASTM D6400)	PLA puede ser validado como compostable en Chile
Incentivo de mercado	Pacto Chileno de los plásticos (FCH)	Compromiso de grandes empresas a incorporar materiales reciclables, compostables o reutilizables.	Favorece productivos basados en PLA para cumplir metas 2025
	Demanda pública / empresarial por envases sustentables	Empresas del retail, alimentos y exportación demanda soluciones compostables	Mercado nacional en crecimiento
Apoyo técnico y redes	Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC)	Asistencia técnica, acuerdos de producción limpia, acompañamiento en evaluación ambiental.	Acceso gratuito a metodologías y apoyo técnico
	Proyecto piloto en universidades chilenas	Alianzas con universidades 8PUC, USACH, UCM) para innovación en bioplásticos.	Red de innovación y validación tecnológica

Fuente: Elaboración propia

8 Análisis de resultados

Se presenta los principales resultados obtenidos a partir del análisis económico – financiero, considerando tres alternativas estratégicas:

- Producción nacional de PLA
- Importación PLA desde Estados Unidos.
- Importación PLA desde China.

Se contrastan los indicadores clave de rentabilidad (VAN, TIR y Payback), los costos asociados (CAPEX y OPEX), y los riesgos estratégicos vinculados a cada modalidad.

8.1 Evaluación económica comparada

La evaluación financiera indica una diferencia significativa entre las tres alternativas. La producción nacional de PLA, el proyecto muestra un VAN negativo de -\$17.306 millones CLP, un TIR estimada de 7% y un Payback de 8 años, lo que evidencia un alto nivel de inversión inicial, largos plazos de retorno y sensibilidad al volumen de ventas proyectadas. En cambio, las opciones de importación muestran mejores resultados:

Tabla 37

Cuadro de resultados de importación

Importación	VAN	TIR	PayBack
EE.UU	\$1.153 millones CLP	31%	3 años
China	\$4.258 millones CLP	78%	2 años

Fuente: Elaboración propia

Ambas alternativas de importación requieren un CAPEX inferior a \$1.200 millones CLP, concentrado principalmente en bodegaje, etiquetado, seguros y trazabilidad. Los costos operativos

(OPEX) también son significativamente más bajos que en la opción de producción local, donde se concentra una alta proporción en infraestructura, certificaciones, servicios generales y materias primas.

8.2 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad confirma que las tres alternativas son sensibles a variaciones en variables críticas como el precio de venta del PLA, el costo de materias primas, el tipo de cambio, la demanda anual proyectada y costo energético. Sin embargo, la producción local presenta mayor volatilidad, debido a su dependencia de la estabilidad de suministro agrícola (almidón de maíz), los costos energéticos y la ausencia de capacidad instalada. Esto refuerza el hecho de que un pequeño cambio negativo en el contexto puede tener un efecto proporcionalmente mayor sobre su rentabilidad.

En contraste, la importación desde china, aunque afectada por factores como el tipo de cambio o fletes internacionales, logra mantener resultados positivos aun en escenarios adversos, gracias a su baja inversión inicial y la flexibilidad de abastecimiento.

8.3 Análisis de riesgo estratégico

Se identificaron y compararon riesgos específicos de cada alternativa en las dimensiones de demanda, precio, abastecimiento, tecnológica, inversión y regulación. La producción nacional enfrenta riesgos altos en casi todas las categorías, particularmente por su alta exigencia de inversión (CAPEX), falta de tecnológica local y dependencia agrícola. La importación, especialmente desde China, presenta menor riesgo de inversión y tecnología, pero es vulnerable a logísticas y regulatorias si no se cumple con las certificaciones de compostabilidad y trazabilidades exigidas por la Ley 21.368.

8.4 Síntesis de resultados

La **Tabla 38** siguiente resume los principales resultados financieros obtenidos:

Tabla 38

Resumen de resultados económicos

Alternativa	VAN (CLP)	TIR	Payback	Riesgo general
Producción Nacional	-\$17.306.341.494	7%	8 años	Alto
Importación desde EE.UU	\$1.153.327.812	31%	3 años	Medio
Importación desde China	\$4.258.597.698	78%	2 años	Bajo – Medio

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados sugieren que la alternativa más viable para un emprendimiento en etapa inicial es la importación desde China, debido a su alta rentabilidad y bajo riesgo relativo. La producción nacional, si bien ofrece independencia en el largo plazo, exige un retorno más maduro en términos de infraestructura, tecnología y escala de mercado, que actualmente aún no se encuentra desarrollado en Chile.

9 Conclusiones y recomendaciones de negocio

9.1 Resumen de hallazgos por cada objetivo específico

9.1.1 *Objetivo específico N°1*

El análisis técnico y económico muestra que la producción de PLA en Chile es factible desde una perspectiva tecnológica, especialmente utilizando almidón de maíz como materia prima base. Sin embargo, el país solo produce el 15% del maíz que consume, lo que implica una alta dependencia de importaciones.

A nivel tecnológico, Chile carece de capacidades industriales desarrolladas para la producción de PLA, lo que representa una importante barrera de entrada. La producción requiere procesos complejos (fermentación, purificación, polimerización) y altos niveles de inversión en infraestructura y know-how especializado.

En términos generales, el PLA presenta una huella de carbono significativamente menor que los plásticos convencionales, lo que lo posiciona como una alternativa ambiental atractiva en el marco de la economía circular.

9.1.2 *Objetivo específico N°2*

La comparación entre producción local y la importación muestra claras diferencias en costos y retorno. La producción nacional presenta un CAPEX estimado superior a los \$123 millones CLP para una planta de 10.000 ton/año, con un OPEX anual de más de \$14 mil millones CLP. Bajo estas condiciones, el proyecto resulta financieramente poco atractivo, con un VAN negativo de - \$17.306 millones CLP y un TIR de 7%.

En cambio, la importación desde países como China o Estados Unidos muestra una estructura más liviana en inversión inicial, mejores riesgos operativos y una mejor rentabilidad.

VAN positivo y TIR entre 31% y 78%, con periodos de recuperación más cortos (2 a 3 años). Además, Chile cuenta con acuerdos comerciales que reducen los aranceles, y políticas tributarias que pueden mejorar la viabilidad económica de proyectos sustentables, específicamente si opta por importar y comercializar productos compostables certificados.

9.1.3 *Objetivo específico N°3*

La adopción del bioplástico PLA en la industria alimentaria chilena enfrenta una serie de barreras estructurales que limitan su implementación masiva. Desde el punto de vista productivo, se identifican altos requerimientos tecnológicos y de capital para desarrollar infraestructura local, sumando a la ausencia de know-how específico en biopolímeros.

En el ámbito logístico, Chile no dispone de una cadena consolidada de suministro de biomasa dedicada a la producción de PLA, lo que incrementa la dependencia de insumos importados.

A nivel regulatorio, si bien existen avances como la Ley 21.368 y la Ley REP, aun se evidencia normativa específica que regule la certificación y compostabilidad del PLA, lo que representa un freno a su validación en aplicaciones alimenticias.

Además, el mercado nacional aun presenta una baja demanda de materiales compostables, lo que genera incertidumbre sobre la viabilidad comercial del producto sin contratos institucionales que garanticen su absorción.

Aunque el entorno legal, y ambiental en Chile es progresivamente favorable, superar estas barreras requieren una estrategia integral que combine apoyo estatal, inversión privada, validación técnica y un cambio en las preferencias del consumidor.

El PLA tiene opciones de valorización postconsumo, lo cual es clave para cerrar el ciclo de circularidad, donde se identifican tres rutas, compostaje industrial, reciclaje mecánico y reciclaje químico. Sin embargo, en Chile ninguna de estas opciones cuenta aún con infraestructura ni normativas suficientes desarrolladas, lo que limita el aprovechamiento de las ventajas ambientales del este material.

9.2 Viabilidad económica y técnica comparada

En términos técnicos, el PLA presenta propiedades compatibles con aplicaciones en la industria alimentaria en Chile, (ej. Guantes, pecheras, envases), además de ser biodegradable bajo condiciones industriales. Sin embargo, su desempeño técnico, resistencia al impacto y barrera a la humedad son inferiores a plásticos convencionales como el PP o el PET.

Económicamente, el modelo de importación de PLA muestra mejor desempeño que la producción local. Mientras la planta nacional proyectada genera un VAN negativo y un Payback de 8 años, la importación de PLA (especialmente desde China) genera VAN positivo y Payback de 2 años, con un menor riesgo regulatorio y operativo. Esto se debe a economías de escala, ahorro en infraestructura y menor exposición al incertidumbres agrícolas y tecnológicas.

9.3 Recomendaciones estratégicas para la implementación del negocio (producción o importación)

- **En corto plazo**, se recomienda optar por la importación de pellet de PLA desde proveedores internacionales con certificación de compostabilidad, como NatureWorks o Ningbo Shuyou. Esta estrategia permite validar el modelo de negocios sin asumir los altos costos iniciales de una planta productora local.

- **Desarrollar alianzas estratégicas** con actores claves del sector alimenticio y retail alimentario para asegurar contratos de compra a largo plazo que mejoren la certidumbre en la demanda y faciliten la inversión inicial.
- **Aprovechar instrumentos de fomento disponibles** como el Crédito Verde CORFO, el subsidio para inversiones productivas sostenibles y los beneficios tributarios de la Ley de I+D, especialmente para desarrollar productos PLA certificados.
- **En el mediano-largo plazo**, evaluar el desarrollo de una planta local solo si se consolidan condiciones como: acceso garantizado a biomasa nacional o regional, aumento significativo de la demanda local y la generación de incentivos más robustos para el uso de materiales compostables.

9.4 Lineamientos futuros para escalar o diversificar la oferta de bioplásticos

- Explorar aplicaciones complementarias al rubro alimenticio, como envases para frutas, alimentos procesados o productos farmacéuticos compostables.
- Evaluar sinergias regionales: Chile podría integrar a cadenas de suministros regionales como Perú, Argentina o Brasil, aprovechando excedentes agrícolas para producción descentralizada de PLA.
- Inversión en I+D local para adoptar bioplásticos como Pla a condiciones de compostabilidad doméstica y aumentar su viabilidad ambiental y social.
- Promover el desarrollo de infraestructura nacional para compostaje industrial y reciclaje químico, fortaleciendo el ciclo de vida de circularidad del PLA.

- Educación al consumidor sobre la correcta disposición del PLA, fomentando su separación y valorización postconsumo.

10 Conclusión

El presente proyecto permitió evaluar de forma integral la viabilidad técnica y económica de implementar un negocio basado en bioplásticos PLA en Chile, ya sea a través de la producción local o mediante la importación de pellets de PLA, con un enfoque específico en su aplicación y calidad para la industria alimenticia como sustituto sostenible de plásticos de un solo uso. A partir del análisis realizado, se concluye que, si bien la producción nacional de PLA es técnicamente posible, enfrenta barreras significativas relacionadas con la disponibilidad de materias primas, los altos costos de inversión inicial (CAPEX) y la falta de infraestructura industrial especializada en el país.

En contraste, la importación de PLA se presenta como una alternativa económica más viable en el corto plazo, gracias a su menor inversión inicial, mayor rentabilidad y un ecosistema logístico y normativo más favorable, especialmente los tratados de libre comercio y beneficios tributarios vigentes. La industria alimenticia, al ser intensivo en el uso de elementos plásticos desechables, representa un mercado estratégico de alto potencial para productos compostables como el PLA, alineado con la creciente presión normativa y ambiental en Chile.

Sin embargo, para que el impacto ambiental del PLA sea significativo, es indispensable avanzar en el desarrollo de infraestructura de compostaje industria, mecanismo de reciclaje y marcos regulatorios que habiliten la correcta valorización del material. De no existir estas condiciones, el PLA podría terminar en rellenos sanitarios, perdiendo así su ventaja ambiental.

En definitiva, el proyecto evidencia que existe un espacio concreto para la implementación de soluciones basadas en PLA en Chile, siendo la importación la estrategia más conveniente para un emprendimiento local. Este camino no solo permite validar el modelo de negocio y generar

impacto ambiental positivo, sino también posicionar tempranamente en un mercado en expansión, en línea con los principios sostenibles, innovación y económica circular promovidos por la regulación chilena.

11 Bibliografía

- Sánchez, M. A. (2020). El surgimiento de los bioplásticos: Un estudio de nichos tecnológicos.
- Sabry, F. (2022). *Bioplástico: La vida en bioplástico es más fantástica.¿ Son plásticos de base biológica o biodegradables?¿ Es victoria o pura ficción?*
- Endres, H.-J., & Siebert-Raths, A. (2011). *Engineering Biopolymers Markets, Manufacturing, Properties and Applications.*
- Florido, H. A., & Castillo, J. U. (2022). una revision a la clasificación de los bioplásticos y sus regulaciones actuales.
- Gil, V. S., López, D., & Peponi, L. (2021). Polímeros biobasados y biodegradables: aplicaciones y perspectivas futuras para la sostenibilidad ambiental.
- European Bioplastic. (s.f.). *european-bioplastics.org*. Obtenido de www.european-bioplastics.org: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>
- Atiweh, G., Mikhael, A., Parish, C. C., Banoub, J., & Le, T.-A. T. (2021). Environmental Impact Of Bioplastic Use: A Review.
- Halley, P. J. (2005). Thermoplastic starch biodegradable polymers. Biodegradable polymers for industrial applications. Edited by Ray Smith. 4,5.
- Prieto, A. (2020). Los bioplásticos, ¿qué son? ¿cuántos hay? ¿cómo se producen? .
- Letcher, T. M. (2020). *Plastic Waste and Recycling.*
- Gu J. D. (2017). Biodegradability of plastics: the pitfalls. Applied Environmental Biotechnology.
- Kržan, A. (2012). Biodegradable polymers and plastics.

- Cortez Suarez, L. A.-r. (2022). Comportamiento compostable y biodegradable de bioplásticos producidos con desechos agrícolas. *Comportamiento compostable y biodegradable de bioplásticos producidos con desechos agrícolas*.
- Alba, E. R., Dubón, A. E., López, H. E., Godoy, C. A., Mérida, J. B., Hernandez, E. M., . . . Richa, A. M. (2021). La Ciencia de los Polímeros Biodegradables.
- EfraínRodríguez-Alba. (2021). La Ciencia de los Polímeros Biodegradables.
- Posada, B. (1994). La degradación de los plásticos.
- Nutcha Taneepanichskul, D. P. (2022). A Review of Sorting and Separating Technologies Suitable for Compostable and Biodegradable Plastic Packaging. 1-19.
- Cuesta, A. R. (2012). Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. 69-72.
- Moshood, T. D. (2022). Biodegradable plastic applications towards sustainability: A recent innovations in the green product. 1-14.
- aimplas. (s.f.). Obtenido de <https://www.aimplas.es/blog/que-se-entiende-por-bioplasticos/>
- ministerio del medio ambiente. (2020). *Ley Marco para la Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje*.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2020). *Ley Marco para la Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje*.
- MMA. (2020). *Preguntas Frecuentes Ley REP*.
- ley REP. (s.f.). Obtenido de <https://leyrep.cl/obligaciones/sanciones/>
- BCN. (2021). Obtenido de https://leyrep.cl/wp-content/uploads/2023/11/Decreto-12_16-MAR-2021.pdf
- BCN. (2021). Obtenido de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>

- MMA. (s.f.). Obtenido de <https://economiecircular.mma.gob.cl/plasticos/>.
- MMA. (2022). Obtenido de <https://economiecircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/08/Preguntas-Frecuentes-ley-Pusubp.pdf>
- (2019). Obtenido de https://alianzapacifico.net/wp-content/uploads/OnePager_HojaRutaPlasticos.pdf
- alianzapacifico. (2020). Obtenido de alianzapacifico.net: https://alianzapacifico.net/wp-content/uploads/OnePager_HojaRutaPlasticos.pdf
- ellenmacarthurfoundation. (s.f.). Obtenido de ellenmacarthurfoundation: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/compromiso-global/vision-general?utm_source
- Adele Folino, D. P. (2023). Assessing bioplastics biodegradability by standard and research methods: Current trends and open issues.
- nawp. (2025). www.nawp.com.au/. Obtenido de [https://www.nawp.com.au/espanol/renewable-nature-based-sourcing/biodegradability-en-13432-astm-d6400-as4736/#:~:text=La%20norma%20europea%20\(EN%2013432\)%20es%20la%20de%20car%C3%A1cter%20m%C3%A1s,tiempo%20m%C3%A1ximo%20de%20180%20d%C3%ADas](https://www.nawp.com.au/espanol/renewable-nature-based-sourcing/biodegradability-en-13432-astm-d6400-as4736/#:~:text=La%20norma%20europea%20(EN%2013432)%20es%20la%20de%20car%C3%A1cter%20m%C3%A1s,tiempo%20m%C3%A1ximo%20de%20180%20d%C3%ADas)
- Vazquez, A., Velasco, M., Espinosa, R. M., & Beltrán, M. (2016). Bioplásticos y plásticos degradables.
- Mena, P., Vaca, K., & Mena, J. (2025). BIOPLÁSTICOS Y SU IMPACTO AMBIENTAL: PRODUCCIÓN A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES Y COMPARACIÓN CON PLÁSTICOS CONVENCIONALES.

- Fundación Chile. (s.f.). Obtenido de <https://fch.cl/iniciativa/pacto-chileno-de-los-plasticos/>
- MMA. (s.f.). Obtenido de <https://mma.gob.cl/economia-circular/>.
- INAPI. (2023). Obtenido de <https://www.inapi.cl/sala-de-prensa/detalle-noticia/inapi-lanza-programa-de-patentes-verdes-que-disminuye-hasta-en-un-tercio-el-tiempo-promedio-de-tramitacion>
- ASIPLA. (2024). *ESTADÍSTICAS INDUSTRIA DEL PLÁSTICO 2023*.
- ASIPLA. (2021). *ESTADÍSTICAS INDUSTRIA DEL PLÁSTICO INFORME 2020*.
- Tecnología del Plástico. (2024). Obtenido de <https://www.plastico.com/es/noticias/el-reciclaje-de-plasticos-preve-un-crecimiento-anual-del-83-hasta-2028>
- Zion Market Research. (2023). Obtenido de <https://www.zionmarketresearch.com/report/plastic-market>
- Pais Circular. (mayo de 2025). Obtenido de <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/industria-nacional-del-plastico-aumento-el-uso-de-resinas-recicladas-en-el-pais-en-reemplazo-de-materia-prima-virgen/>
- SERNAC. (2022). *Encuesta de Percepción Sustentabilidad y Consumo*. Obtenido de https://www.sernac.cl/portal/604/articles-70793_archivo_01.pdf
- SERNAC. (2022). Obtenido de <https://www.sernac.cl/portal/604/w3-article-70793.html>
- Accion Empresa. (2019). *CONSCIENTES: Una mirada al nuevo consumo actual*.
- Acción Empresa. (2019). Obtenido de <https://accionempresas.cl/noticias/estudio-de-accion-visualizo-los-cambios-en-los-patrones-de-consumo-en-el-chile-actual/>
- MMA. (2022). Obtenido de La necesidad de establecer acciones concretas para reducir el consumo de plásticos es menester. Según las estimaciones de la OCDE, el consumo de plásticos se

disparará en las próximas décadas, aumentando de 460 millones de toneladas en 2019 a 1.231 millon

GREENPEACE. (s.f.). Obtenido de <https://www.greenpeace.org/chile/tag/plasticos/>

Pais Circular. (mayo de 2025). Obtenido de <https://www.paiscircular.cl/economia-circular/segunda-parte-radiografia-al-primer-ano-de-total-vigencia-de-la-ley-rep-para-dos-productos-prioritarios-cumplimiento-avances-y-desafios/>

CENEM. (s.f.). Obtenido de <https://cenem.cl/2025/03/18/reciclaje-en-chile-giro-cumple-metas-de-la-ley-rep-y-proyecta-su-expansion-en-2025/>

Diario Constitucional. (s.f.). Obtenido de <https://www.diarioconstitucional.cl/2024/08/16/ley-que-aplaza-la-regulacion-de-la-entrega-de-plasticos-de-un-solo-uso-y-las-botellas-plasticas-fue-publicada-en-el-diario-oficial/>

SERNAC. (2022). *Encuesta de Percepción Sustentabilidad y Consumo*.

Posada, J., & Montes-Florez, E. (2021). Revisión: materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales.

Atiwesh, G., Mikhael, A., Parrish, C. C., Banoub, J., & Le, T.A. T. (2021). Environmental impact of bioplastic use: A review.

Gerngross, T. U., & Slater, S. (2000). How Green are Green Plastics?

Walker, S., & Rothman, R. (2020). Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastic- A review .

Elsawy, M. A., Kim, K. H., Park, J.-W., & Deep, A. (2017). Hydrolytic degradation of polylactic acid (PLA) and its composites.

- Yasin, N. M., Pancho, F., Pancho, F., Impe, J. F., & Akkermans, S. (2024). Novel methods to monitor the biodegradation of polylactic acid (PLA) by *Amycolatopsis orientalis* and *Amycolatopsis thailandensis*.
- Benavides, P. T., Lee, U., & Zarè-Mehrjerdi, O. (2020). Life cycle greenhouse gas emissions and energy use of polylactic acid, bio-derived polyethylene, and fossil-derived polyethylene.
- Piemonte, V. (2011). Bioplastic Wastes: The Best Final Disposition for Energy Saving.
- Carus, M., Partanen, D. A., & Dammer, L. (2016). Are there GreenPremium prices for bio-based plastics?
- Kirwan, B., Ellison, B., & Nepal, A. (2015). Consumers' Willingness to Pay for Bioplastic Plant Containers: An Experimental Auction Approach.
- Standardization, I. O. (2016). *ISO 16620-1:2016 - Plastics - Biobased content - Part 1: General Principles*. International Organization For Standardization.
- Koutsimanis, G., Getter, K., Behe, B., Harte, J., & Almenar, E. (2012). *Influences of packaging attributes on consumer purchase decisions for fresh produce*.
- Herbes, C., Beuthner, C., & Ramme, I. (2018). Consumer attitudes towards biobased packaging – A cross-cultural comparative study.
- Ribba, L., Ochoa-Yepes, O., Díaz, E. D., & Goyanes, S. (2020). Alternativas a los Plásticos Convencionales: las dos caras de los plásticos verdes. 42-57.
- Ribba, L., Ochoa-Yepes, O., Díaz, E. D., & Goyanesb, S. (2020). ALTERNATIVAS A LOS PLÁSTICOS CONVENCIONALES. LAS DOS CARAS DE LOS PLÁSTICOS VERDES.

Riba, L. I., Ochoa Yepes, O. J., Darío Díaz, E., & Goyanes, S. N. (2020). Alternativas a los Plásticos Convencionales: las dos caras de los plásticos verdes.

Geographic, N. (12 de Septiembre de 2024). *Cual es el origen del plástico: La historia de un material que conquistó el mundo*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2024/09/cual-es-el-origen-del-plastico-la-historia-de-un-material-que-conquisto-el-mundo>

Rodríguez, E., Bernal, A., Gaitán, H., Kim, C., Salguero, J., Toledo, E., . . . Martínez, A. (2021). La Ciencia de los Polímeros Biodegradables.

Chile, O. C. (s.f de s.f de s.f). *Chile.gob*. Obtenido de Chile.gob.cl: https://www.chile.gob.cl/francia/asuntos-comerciales/oficina-comercial/exportaciones-importaciones/exportaciones-importaciones?utm_source=chatgpt.com

Nations, U. (2020). *United Nations Climate Action*. Obtenido de United Nations: https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/plastics?utm_source=chatgpt.com

Marczak, H. (2022). Energy inputs in the production of plastics products. . *Journal or Ecologic Engineering*, 146-156.

Programme, U. N. (2021). *From Pollution to Solutions: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*. Obtenido de Unep.org: <https://www.unep.org>

Organization, W. H. (2019). *Wold Health Organization*. Obtenido de Microplastics in drinking water: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516198>

Development, O. f.-o. (22 de Febrery de 2022). *OECD*. Obtenido de Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options: <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>

- Ambiente, M. d. (2021). *Elijo reciclar*. Obtenido de Ministerio del Medio Ambiente:
<https://elijoreciclar.mma.gob.cl>
- Fernández, A., Padilla, M., & Sanchez, L. (2024). Desarrollo de nuevos materiales eco-compatibles con la agricultura. 1-12.
- Ambiente, M. d. (2021). *Estrategia Nacional para la Gestion de Residuos Marinos y Microplasticos*. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente. Obtenido de Estrategia Nacional para .
- Fundación Chile, M. d. (2020). *Roadmap: Pacto Chileno de los Plasticos*. Santiago, Chile: Fundación Chile.
- Chile, M. d. (2020). *Diagnostico de la conaminacion por Plástico en ambientes marinos y costeros de Chile*. . Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente de Chile.
- Ambiente, P. d. (2021). *From Pollution to Solution: A global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*. Nairobi.
- Visual Capitalist, L. L. (2022). *Visual Capitalist*. Obtenido de Visual Capitalist:
<https://www.visualcapitalist.com/cp/visualized-ocean-plastic-waste-pollution-by-country/>
- LLC, N. (2023). *NatureWorksLLC*. Obtenido de Ingeo Biopolymer Technical Data Sheets:
<https://www.natureworksllc.com>
- Gómez, S., & Leonardo, F. (2018). Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales .
- Bioplastics, E. (2023). *European Bioplastics*. Obtenido de European Bioplastics.org:
<https://www.european-bioplastics.org>

- Merlini, C. S. (2011). Evaluation of the mechanical Properties of PHB and PHBV. *Polymer Testing*.
En C. S. Merlini, *Evaluation of the mechanical Properties of PHB and PHBV. Polymer Testing*. (págs. 240-245).
- Standardization, I. O. (2013). *Plastics - Estimation of the degree of desintegration of plastic materials in marine habitats*. ISO.
- Vargas-García, Y., Pazmiño-Sánchez, J., & Dávila-Rincón, J. (2021). Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Una Revisión.
- Alvarez, V.A, E. a. (2019). Biodegradable polymers and their applications. En *Natural and Bio-Based Polymers* (págs. 203-236). Elsevier.
- Shen, L. H. (2009). *Product overview and market projection of emerging bio-based plastics*. Utrecht University.
- Fernández, N. (2018). Plásticos biodegradables. Una vía para disminuir la contaminación ambiental.
- nichem solutions. (s.f.). <https://nichem.solutions/life-cycle-assessment-lca-of-biodegradable-polymers/>.
- ASIPLA. (s.f.). <https://asipla.cl/clasificacion-de-los-plasticos/>.
- Mateo Saavedra del Oso, R. N., Mauricio-Iglesias, M., & Hospido, A. (2023). *Comparative life cycle analysis of PHA-based consumer items for daily use*.
- Rajendran, N., & Han, J. (2023). *Techno-economic analysis and life cycle assessment of poly (butylene succinate) production using food waste*.
- Ali, S. S., Abdelkarim, E. A., Elsamahy, T., Al-Tohamy, R., Li, F., Kornaros, M., . . . Sun, J. (2023). *Bioplastic production in terms of life cycle assessment: A state-of-the- art review*.

- Nath, e., Misra, M., Al-Daoud, F., & Mohanty, A. K. (2025). *Studies on poly(butylene succinate) and poly(butylene succinate-co-adipate)-based biodegradable plastics for sustainable flexible packaging and agricultural applications: a comprehensive review.*
- Boustead, I. (2007). Eco-profile & life cycle inventory data for ingeo polylactide production. En *Industrial Biotechnology* (págs. 62-70).
- Vink, E. e. (2007). The Eco-profile for current and near-future NatureWorks PLA Production. En *Starch-based feedstocks for PLA.* (págs. 62-70). *Industrial Biotechnology.*
- Europe, P. (2022). Obtenido de Eco-Profiles program and methodology: https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2024/03/PlasticsEurope-Ecoprofiles-program-and-methodology_V3.1.pdf
- Giro, F. &. (2011). *Bioplastics and petroleum-based plastics: Strengths and weakness.* Energy Sources.
- Atiweh, G. M. (2021). *Environmental impact of bioplastic use:.* Heliyon: A Review.
- Yates, M. &. (2013). *Life cycle assessments of biodegradable, commercial biopolymers.* Resources, conservation and recycling.
- Chen, G.-Q. &. (2012). *Plastics Derived from biological sources: present and future: a technical and environmental review.* Chemical Reviews.
- Spierling, S. V.-J. (2020). *End for life options for Bio-based plastics in a circular economy- Status Quo and potencial from a life cycle assessment perspective.*
- Pivotes. (19 de Febrero de 2024). *Estudio sobre salmonicultura chilena.* Obtenido de Pivotes: <https://www.pivotes.cl/contenidos/articulos/estudio-sobre-salmonicultura-chilena/>

- Bioplastics, E. (2024). *Bioplastics Market Development Update 2024*. Obtenido de European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- Bioplastics, E. ((s.f)). *What are Bioplastics?* Obtenido de European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>
- Standard, I. (2021). *standards.iteh.ai*. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/74994/928142d7522d4b62afe88b16eda8d6fd/ISO-17088-2021.pdf>.
- Naser, A. Z. (2021). *Poli (acido Lactico) (PLA) y Polihidroxicanoatos (PHA), Alternativas ecologicas a los plasticos a base de pretróleo*.
- ambiente, r. d. (2022). *El potencial de los procesos de fermentación mas limpios para la produccion de bioplastico: una revision narrativa de los Polihidroxicanoatos (PHA) y el acido polilactico (PLA)*.
- Erfan Rezvani Ghoni, F. K. (2021). *The Life Cycle Assessment for Polylactic Acid (PLA) to Make it a Low-Carbon Material* . s.f: Copyright.
- Erwin T.H. Vink, D. A. (2007). The Eco-profile for current and near-future. *Industrial Biotechnology* , 58-81.
- Vink, E. G. (2007). The Eco-profile for current and near- future NatureWorks Polylactide (PLA) Production. *Industria Biotechnology*, 58-81.
- Shen, L. H., & Patel, M. K. (2009). *Product overview and market projection of emerging bio-based Plastics - PRO - BIP 2009: Final Report*. Utrecht, Paises Bajos (The Netherlands): European Bioplastics e Institute for Energy and Environment (Copernicus Intitute), Utrecht University.

- Contact, T. F. (28 de 10 de 2021). *Food Contact Gloves* . Obtenido de Toxic Free Contact:
<https://toxicfreefoodcontact.org/food-contact-gloves/>
- Gloves, E. (22 de 10 de 2024). *The Ultime guide to disposable Glove: Everything you need to know*. Obtenido de Eco Gloves : <https://ecogloves.co/blogs/resources/the-ultimate-guide-to-disposable-gloves>
- China, M. i. ((s.f)). *Dental Desechable PLA 100% compostable*. Obtenido de Made in China:
<https://www.made-in-china.com/productdirectory.do?word=PLA+Disposable+100%25+Compostable+Apron&subaction=hunt&style=b&mode=and&code=0&comProvince=nolimit&order=0&isOpenCorrection=1>
- BRCGS. (2020). *BRCGS Global Standard for Food Safety*. Londres, Reino Unido: British Retail Consortium Global Standards.
- Standards, I. -I. (2020). *IFS Food Standard. Version 7: Standard for assessing product and process compliance in relation to food safety and quality*. Berlín, Alemania: IFS Management GmbH.
- Chemanalyst. (marzo de 2025). *Polylactic acid price trend and forecast*. Obtenido de Chemanalyst: <https://www.chemanalyst.com/Pricing-data/polylactic-acid-1275>
- Research, V. m. (2023). *Bio Polylactic Acid (PLA) Market Size and Forecast*. EE.UU: Verified Market Research .
- Possidonio, C. F. (2025). Exploring Supply-Side Barries For Commercialization of New Biopolymer Production Technologies: A Systematic Review. *Sustainability, Volumen 17, articulo 820*, Artículo 820.

- Núñez, S. S. (2023). *Mercados de los cereales Temporada 2022/23: trigo - maíz - arroz*. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - Odepa. Ministerio de Agricultura.
- Gonzalez, S. (2024). *Grain And Feed Annual*. Santiago, Chile: United States Department of Agriculture.
- G., A. K. (2024). *Boletín Cereales N°1 Septiembre 2024*. Santiago: Sociedad Nacional de Agricultura.
- Valenzuela P., A. (2025). *Boletín de la papa, Mayor 2025*. Santiago, Chile: ODEPA.
- Claudia Wellenreuther, A. W. (2022). *Cost competitiveness of sustainable bioplastic feedstocks - A monte Carlo analysis for polylactic acid*. Hamburg, Germany : Hamburg institute of international economics, .
- N., S. S. (2025). *Boletín de Cereales. Producción, precios y comercio exterior de trigo, maíz y arroz*. Santiago, Chile: Oficina de estudios y políticas agrarias (Odepa).
- Salinas, M. N. (2019). *Planta de producción de ácido poliláctico (PLA) a partir de ácido láctico*. Sevilla, España: Escuela Técnica Superior de Ingeniería - Universidad de Sevilla.
- D. Hunbrid, R. D. (2011). *Process Design and Economics for Biochemical Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol*. Golden, Colorado, EE.UU: National Renewable Energy Laboratory .
- Groot, W. &. (2010). Life cycle assessment of the manufacture of lactide and PLA biopolymers from sugarcane in Thailand. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 970-984.
- Ratshoshi, B. F. (2021). Techno-economic assessment of polylactic acid and polybutylene succinate production in an integrated sugarcane biorefinery. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* , 1871-1887.

ProChile. (2023). *Costos logísticos nacionales de exportación e importación* . Obtenido de

ProChile: <https://www.prochile.gob.cl>

Aduanas, S. N. (2023). *Manual del Importador* . Obtenido de Servicios nacional de Aduanas:

<https://www.aduana.cl>

(s.f.). Obtenido de LEY REP: <https://leyrep.cl/envases-y-embalajes/>

(s.f.). Obtenido de

<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/74994/928142d7522d4b62afe88b16eda8d6fd/ISO-17088-2021.pdf>

Anexo A

Tabla Anexo A

Flujo económico evaluación de proyecto planta de procesos de PLA en Chile

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	Ingresos por Venta		\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000	\$ 38.029.200.000
Capex	Ingeniería y diseño	\$ -16.109.552.509	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Infraestructura civil y montaje	\$ -24.783.926.937	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Equipamiento de proceso	\$ -37.175.890.406	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Servicios generales (Vapor, aire, agua, energía)	\$ -12.391.963.469	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Intrumentación y control	\$ -6.195.981.734	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Costos indirectos y contingencias	\$ -12.391.963.469	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Certificaciones	\$ -7.435.178.081	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Gestión de residuos y compostaje	\$ -7.435.178.081	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Certificaciones y normativas	\$ -450.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Gestión de residuos y compostaje	\$ -500.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Opex	Costos de mantenimiento	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000	\$ -1.426.095.000
	Costos servicios y energía	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000	\$ -4.278.285.000
	Gastos Administrativos	\$ -1.426.095.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000	\$ -2.200.000.000
	Gastos Materia Prima Vegetal	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000	\$ -7.130.475.000
	Utilidad Antes de Impuesto		\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000	\$ 22.994.345.000
	Impuesto a la renta 27%		\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150	\$ -6.208.473.150
Indicadores Económicos	Utilidad después de Impuesto	\$ -123.919.634.685	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850	\$ 16.785.871.850
	VAN (12%)		\$ -29.075.715.006,47									
	TIR		6%									
	Payback		\$ -107.133.762.835	\$ -90.347.890.985	\$ -73.562.019.135	\$ -56.776.147.285	\$ -39.990.275.435	\$ -23.204.403.585	\$ -6.418.531.735	\$ 10.367.340.115	\$ 27.153.211.965	\$ 43.939.083.815

Fuente: Elaboración propia

Anexo B

Tabla Anexo B

Flujo económico de evaluación de proyecto importación EE.UU. a Chile.

	E.E.U.U	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos			\$29.260.000.000	\$29.260.000.000	\$29.260.000.000	\$29.260.000.000	\$29.260.000.000	\$29.260.000.000	\$29.260.000.000	\$29.260.000.000	\$29.260.000.000	\$29.260.000.000
Capex												
	Arriendo y servicios de bodega (840m2)		\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000
	Movimientos internos de Pallets		\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000
	Etoquetado / trazabilidad		\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000
	Seguros sobre mercancia almacenada	\$ -22.329.750	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000
Opex												
	Flete		\$ -645.366.667	\$ -645.366.667	\$ -645.366.667	\$ -645.366.667	\$ -645.366.667	\$ -645.366.667	\$ -645.366.667	\$ -645.366.667	\$ -645.366.667	\$ -645.366.667
	Seguros Marítimos CIF		\$ -111.625.000	\$ -111.625.000	\$ -111.625.000	\$ -111.625.000	\$ -111.625.000	\$ -111.625.000	\$ -111.625.000	\$ -111.625.000	\$ -111.625.000	\$ -111.625.000
	Gastos portuarios Chile		\$ -221.666.667	\$ -221.666.667	\$ -221.666.667	\$ -221.666.667	\$ -221.666.667	\$ -221.666.667	\$ -221.666.667	\$ -221.666.667	\$ -221.666.667	\$ -221.666.667
	Despacho aduanero		\$ -190.000.000	\$ -190.000.000	\$ -190.000.000	\$ -190.000.000	\$ -190.000.000	\$ -190.000.000	\$ -190.000.000	\$ -190.000.000	\$ -190.000.000	\$ -190.000.000
	IVA 19%		\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417	\$ -4.385.578.417
	Transporte Terrestre Puerto Santiago		\$ -380.000.000	\$ -380.000.000	\$ -380.000.000	\$ -380.000.000	\$ -380.000.000	\$ -380.000.000	\$ -380.000.000	\$ -380.000.000	\$ -380.000.000	\$ -380.000.000
	Almacenaje en Puerto		\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333
	Rotulacion etiquetado Nacional		\$ -95.000.000	\$ -95.000.000	\$ -95.000.000	\$ -95.000.000	\$ -95.000.000	\$ -95.000.000	\$ -95.000.000	\$ -95.000.000	\$ -95.000.000	\$ -95.000.000
	Certificacion sanitaria	\$ -1.066.111.774	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333
	Materia Prima		\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000	\$ -22.325.000.000
Indicadores Economicos												
	Total Neto		\$499.777.583	\$ 499.777.583	\$ 499.777.583	\$ 499.777.583	\$ 499.777.583	\$ 499.777.583	\$ 499.777.583	\$ 499.777.583	\$ 499.777.583	\$ 499.777.583
	Impuesto a la renta (27%)		\$ -134.939.948	\$ -134.939.948	\$ -134.939.948	\$ -134.939.948	\$ -134.939.948	\$ -134.939.948	\$ -134.939.948	\$ -134.939.948	\$ -134.939.948	\$ -134.939.948
	Total Neto despues de Impuesto	\$ -1.088.441.524	\$364.837.636	\$ 364.837.636	\$ 364.837.636	\$ 364.837.636	\$ 364.837.636	\$ 364.837.636	\$ 364.837.636	\$ 364.837.636	\$ 364.837.636	\$ 364.837.636
	VAN	12%	\$ 972.972.488									
	TIR	31%										
	PayBack		\$ -723.603.888	\$ -358.766.252	\$ 6.071.384	\$ 370.909.019	\$ 735.746.655	\$ 1.100.584.291	\$ 1.465.421.927	\$ 1.830.259.563	\$ 2.195.097.199	\$ 2.559.934.834

Fuente: Elaboración propia

Anexo C

Tabla Anexo C

Flujo económico de evaluación de proyecto importación China a Chile.

	China	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos			\$28.500.000.000	\$28.500.000.000	\$28.500.000.000	\$28.500.000.000	\$28.500.000.000	\$28.500.000.000	\$28.500.000.000	\$28.500.000.000	\$28.500.000.000	\$28.500.000.000
Capex	Arriendo y servicios de bodega (840m2)		\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000	\$ -63.441.000
	Movimientos internos de Pallets		\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000	\$ -16.758.000
	Etoquetado / trazabilidad		\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000	\$ -5.700.000
	Seguros sobre mercancia almacenada	\$ -22.329.750	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000	\$ -3.420.000
Opex	Flete Marítimos (china - Chile 40ft)		\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333	\$ -1.013.333.333
	Seguro marítimo		\$ -127.537.500	\$ -127.537.500	\$ -127.537.500	\$ -127.537.500	\$ -127.537.500	\$ -127.537.500	\$ -127.537.500	\$ -127.537.500	\$ -127.537.500	\$ -127.537.500
	THC origen China		\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333
	THC destino		\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667
	Documentación y ctearace origen		\$ -22.166.667	\$ -22.166.667	\$ -22.166.667	\$ -22.166.667	\$ -22.166.667	\$ -22.166.667	\$ -22.166.667	\$ -22.166.667	\$ -22.166.667	\$ -22.166.667
	Despacho aduanero en Chile		\$ -158.333.333	\$ -158.333.333	\$ -158.333.333	\$ -158.333.333	\$ -158.333.333	\$ -158.333.333	\$ -158.333.333	\$ -158.333.333	\$ -158.333.333	\$ -158.333.333
	Transporte terrestre en Chile Puerto a Bodega		\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333	\$ -253.333.333
	Almacenaje en puerto si excede dias libres rotulacion /etoquetado nacional		\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333	\$ -63.333.333
	Certificacion sanitaria inicial		\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667	\$ -79.166.667
	IVA (19%)	\$ -1.093.380.897	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458	\$ -4.458.515.458
	Materia prima		\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000	\$ -21.375.000.000
Indicadores Economicos	Total Neto		\$527.461.375	\$527.461.375	\$527.461.375	\$527.461.375	\$527.461.375	\$527.461.375	\$527.461.375	\$527.461.375	\$527.461.375	\$527.461.375
	Impuesto a la renta (27%)		\$ -142.414.571	\$ -142.414.571	\$ -142.414.571	\$ -142.414.571	\$ -142.414.571	\$ -142.414.571	\$ -142.414.571	\$ -142.414.571	\$ -142.414.571	\$ -142.414.571
	Total Neto despues de Impuesto	\$ -1.115.710.647	\$385.046.804	\$385.046.804	\$385.046.804	\$385.046.804	\$385.046.804	\$385.046.804	\$385.046.804	\$385.046.804	\$385.046.804	
	VAN (12%)		\$ 1.059.889.671									
	TIR		32%									
	PayBack		\$ -730.663.843	\$ -345.617.040	\$ 39.429.764	\$ 424.476.568	\$ 809.523.372	\$ 1.194.570.176	\$ 1.579.616.979	\$ 1.964.663.783	\$ 2.349.710.587	\$ 2.734.757.391

Fuente: Elaboración propia

