

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**DESECHOS AGROINDUSTRIALES HORTOFRUTÍCOLAS EN LA REGIÓN DE
ÑUBLE CON POTENCIAL ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANO**

POR

FRANCISCO FELIPE MUÑOZ SOLÍS

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2025**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DESECHOS AGROINDUSTRIALES HORTOFRUTÍCOLAS EN LA REGIÓN DE
ÑUBLE CON POTENCIAL ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANO**

POR

FRANCISCO FELIPE MUÑOZ SOLÍS

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2025**

Aprobada por:

Profesor Asociado. Valeria Velasco P.
Ing. en Alimentos, Mg. Ph.D.

Guía

Profesor Asociado. Marcelo Doussoulin G.
Ing. Agrónomo, M. Sc, Dr.

Asesor

Profesor Asociado. Pamela Williams S.
Ing. Agrónomo, Dr.

Asesor

Profesor Asociado. Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, M. Sc.

Decano

RECONOCIMIENTOS

Esta investigación aporta información para el Proyecto VRIMCB2504 “Compromiso UdeC para la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos”.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Summary	1
Introducción	2
Desarrollo y Discusión	4
Conclusiones	18
Referencias	18

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Superficie regional frutal por especie en la Región de Ñuble.	5
Tabla 2 Superficie regional hortícola por especie en la Región de Ñuble.....	5
Tabla 3 Superficie regional vitivinícola por variedad en la Región de Ñuble	6
Tabla 4 Superficie plantada, rendimiento, producción, descarte y residuos estimados de cultivos hortofrutícolas seleccionados en la Región de Ñuble.....	9
Tabla 5 Subproductos de los cultivos más representativos de la Región de Ñuble.....	10
Tabla 6 Compuestos bioactivos, capacidad antioxidante de subproductos agroindustriales hortofrutícolas en la Región de Ñuble.....	13
Tabla 7 Capacidad antimicrobiana de subproductos agroindustriales hortofrutícolas en la Región de Ñuble.....	14

DESECHOS AGROINDUSTRIALES HORTOFRUTÍCOLAS EN LA REGIÓN DE ÑUBLE CON POTENCIAL ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANO

FRUIT AND VEGETABLE AGRO-INDUSTRIAL WASTES IN REGION OF ÑUBLE WITH ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL POTENTIAL

Palabras índice adicionales: polifenoles, orujo de uva, cáscaras, valorización, bioeconomía.

RESUMEN

La agroindustria hortofrutícola en la Región de Ñuble genera residuos significativos que, por su contenido de compuestos bioactivos, representan oportunidades de valorización sustentable. El objetivo de esta revisión es identificar subproductos hortofrutícolas con potencial antioxidante y antimicrobiano en la Región de Ñuble. A partir de superficie y rendimientos, se estima un total de 54.797 t año⁻¹ de residuos en nueve cultivos. Con evidencia de contenido fenólico total (TPC) expresado en mg de equivalente de ácido gálico (GAE) g⁻¹, y determinación de actividad antioxidante expresados en μmol de equivalente Trolox (TE) g⁻¹ y de actividad antimicrobiana, se priorizan piel de avellana, semilla y orujo de uva, pulpa agotada/cáscara de arándano y pulpa agotada de frambuesa para la extracción de polifenoles, antocianinas y taninos y su aplicación. En antioxidantes, la piel tostada de avellana lidera, seguida por semillas de uva; arándano es intermedio y espárrago menor. En actividad antimicrobiana, destacan fracciones ricas en taninos de piel de avellana y semillas de uva frente a patógenos alimentarios. Por lo tanto, la valorización de subproductos agroindustriales en la Región de Ñuble constituye una alternativa sustentable para generar extractos bioactivos.

SUMMARY

The fruit and vegetable processing industry in the Region of Ñuble produces large quantities of waste that represents opportunities for sustainable recovery due to its bioactive compound content. This review aims to identify fruit and vegetable by-

products with antioxidant and antimicrobial properties in the region. Based on surface area and yields, an estimated 54.797 tonnes per year of waste is produced by nine crops. Evidence of total phenolic content (TPC), expressed in milligrams of gallic acid equivalent (GAE) per gram (g^{-1}), and determination of antioxidant activity, expressed in micromoles of Trolox equivalent (TE) per gram (g^{-1}), show that hazelnut skin, grape seeds and pomace, spent blueberry pulp and skins, and spent raspberry pulp should be prioritised for polyphenol, anthocyanin and tannin extraction and application. In terms of antioxidant activity, roasted hazelnut skin is the most effective, followed by grape seeds, with blueberry and asparagus showing lower activity. Regarding antimicrobial activity, tannin-rich fractions of hazelnut skin and grape seeds demonstrate effectiveness against food pathogens. Therefore, the valorisation of agro-industrial by-products in the Region of Ñuble constitutes a sustainable alternative for generating bioactive extracts.

INTRODUCCIÓN

La Región de Ñuble emerge como un territorio de significativa relevancia geográfica, económica y agraria en el contexto nacional. Con una extensión de 13.178,5 km², se caracteriza por su diversidad y una arraigada tradición de vida rural. Su posición geográfica marca la transición entre los climas templados secos de la Zona Central de Chile y los climas templados lluviosos que se extienden hacia el sur, abarcando la cuenca del río Itata. La economía regional se sustenta en actividades agrarias, pecuarias, silvícolas, comerciales y de servicios (Biblioteca del Congreso Nacional, 2023).

Aunque la Región de Ñuble presenta un alto potencial productivo, enfrenta problemas socioeconómicos que la posicionan como una de las más vulnerables del país. Esta vulnerabilidad se manifiesta en que históricamente ha presentado tasas de pobreza por ingresos superiores al promedio nacional. La Encuesta CASEN 2022 reportó que la tasa de pobreza por ingresos en Ñuble era del 12,1%, mientras que el promedio nacional era del 6,5% (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2023). Además, la ruralidad en la Región de Ñuble alcanza aproximadamente el 30,6 % de la población, lo que limita el acceso a infraestructura

y servicios básicos (GORE Ñuble, 2023). Esta situación presenta un desafío para la base productiva regional, ya que el sector agroindustrial genera un volumen considerable de subproductos y desechos, los cuales representan un desafío ambiental y, a su vez, una oportunidad para la economía circular y la bioeconomía.

Según el Catastro Frutícola de la Región de Ñuble 2022, ciertos cultivos como el almendro, avellano, frambuesa, castaño, membrillo, mora cultivada e híbridos, mosqueta, nogal y olivo se destinan a procesos agroindustriales que generan desechos, aunque no se especifican sus volúmenes en la mayoría de los casos. Una excepción es la castaña, cuya tasa de descarte reportada es 0,3 % (ODEPA & CIREN, 2022). Considerando una producción regional del orden de 2.000 t año⁻¹, se tendrán cerca de 6 t año⁻¹ de residuos. Si bien es un volumen bajo, representa un ejemplo concreto del tipo de subproducto generado. A la fecha, no existe una versión más reciente del catastro publicada por CIREN, por lo que estos valores representan la información más actual disponible.

Este tipo de residuos agroindustriales, generados principalmente durante el procesamiento de materias primas vegetales como cáscaras, pieles, semillas y hojas, no solo representan un problema ambiental y económico, sino que también constituyen una oportunidad para su valorización. En este contexto, Castromonte *et al.* (2020), realizaron una revisión sobre la encapsulación de extractos antioxidantes provenientes de subproductos agroindustriales, destacando su potencial para ser reutilizados por su contenido de compuestos bioactivos. Estos compuestos han demostrado tener beneficios para la salud humana, especialmente por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas.

En Chile, la Ley N.º 20.920 sobre Responsabilidad Extendida del Productor (REP) ha representado un avance en la gestión de residuos al establecer que los productores asuman la responsabilidad de sus productos una vez convertidos en desechos, incentivando además el reciclaje. Aunque actualmente se aplica principalmente a residuos domiciliarios e industriales de productos prioritarios como envases y embalajes, neumáticos, pilas y aparatos eléctricos y electrónicos, su lógica regulatoria ofrece un marco adaptable que podría ampliarse a otros residuos, incluidos los subproductos agroindustriales. De este modo, la REP constituye un

primer peldaño hacia políticas más integrales que promuevan la prevención, la valorización y la trazabilidad a lo largo de la cadena de valor (Biblioteca del Congreso Nacional, 2016).

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión es identificar y describir diferentes subproductos agroindustriales con potencial antioxidante y antimicrobiano en la Región de Ñuble, Chile.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

1. Contexto regional

Perfil agro productivo y agroindustrial de la Región de Ñuble. La Región de Ñuble, ubicada en el centro-sur de Chile y limítrofe con Maule al norte, Biobío al sur, Argentina al este y el Océano Pacífico al oeste, mantiene un perfil económico fuertemente agropecuario (Biblioteca del Congreso Nacional, 2023). Su base productiva se orienta principalmente a frutales y viñedos, mientras que en menor medida también destacan cultivos hortícolas (ODEPA & CIREN, 2022). En particular, el cultivo de berries ha sido objeto de estudios que evalúan su desempeño productivo y ambiental en Chile, lo que contextualiza su relevancia regional (Montalba *et al.*, 2019). A nivel de procesos, el Catastro consigna infraestructura y operaciones agroindustriales en la región, como capacidades de frío y prefrío, tecnologías de congelado IQF (Congelación Rápida individual, por sus siglas en inglés), congelado en bloque, mermeladas y conservería (ODEPA & CIREN, 2022). Además, la Región de Ñuble cuenta con capacidades institucionales que impulsan iniciativas de fruticultura sostenible, lideradas por el INIA y la Universidad de Concepción, orientadas a mejorar la productividad, la resiliencia climática y la innovación.

Superficie hortofrutícola de la Región de Ñuble. Según ODEPA & CIREN (2022), la superficie plantada de frutales en la Región de Ñuble alcanzó 19.220,9 hectáreas en el año 2022, representando el 5,2 % de la superficie frutal a nivel nacional. Entre los cultivos más relevantes se encuentran el avellano europeo, el arándano americano y la frambuesa, los cuales no solo ocupan extensiones importantes de terreno, sino que también poseen una alta relevancia económica para la región. El

avellano europeo es el frutal con mayor superficie en la Región de Ñuble, con 6.589 hectáreas, lo que equivale al 18 % de la superficie nacional dedicada a este cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie regional frutal por especie en la Región de Ñuble.

Especie	Superficie (ha)		
	Región de Ñuble	País	Región/País (%)
Avellano	6.588	36.375	18,0
Arándano americano	4.142	17.631	23,5
Cerezo	2.973	63.494	4,7
Nogal	1.974	44.626	4,4
Frambuesa	1.099	2.018	54,5
Castaño	869	1.470	59,1
Manzano rojo	726	23.972	3,0
Kiwis	233	6.204	3,8
Moras cultivadas e híbridos	215	796	27,1
Manzano verde	133	5.032	2,7
Otros	293	171.449	0,2
Total	19.220	373.122	5,2

Fuente: elaborado a partir de información del catastro frutícola para la Región del Ñuble; ODEPA – CIREN 2022.

Tabla 2. Superficie regional hortícola por especie en la Región de Ñuble.

Especie	Superficie (ha)		
	Región de Ñuble	País	Región/País (%)
Esparrago	547	1.674	32,7
Choclo	401	9.896	4,1
Arveja verde	287	1.690	17
Tomate consumo fresco	141	5.590	2,5
Poroto verde	114	2.804	4,1
Zanahoria	87	3.213	2,7
Cebolla de guarda	85	5.153	1,7
Betarraga	73	2.093	3,5
Otras hortalizas	64	4.540	1,4
Lechuga	51	7.486	0,7
Otros	288	38.290	0,8
Total	2.141	82.434	2,6

Fuente: elaborado con información del INE, encuesta de superficie hortícola 2023.

Según INE (2023), la superficie dedicada al cultivo de hortalizas en la Región de

Ñuble alcanzó 2.141,9 hectáreas, representando un 2,6 % de la superficie total a nivel nacional. Los cultivos más destacados incluyen el espárrago, el choclo y la arveja verde. El espárrago es el cultivo hortícola más significativo en la región, con 547 hectáreas, lo que representa un 32,7 % de la superficie nacional dedicada a este cultivo, posicionando a la Región de Ñuble como una de las principales regiones productoras de espárragos en Chile (Tabla 2).

Tabla 3. Superficie regional vitivinícola por variedad en la Región de Ñuble.

Variedades	Superficie(ha)		
	Región de Ñuble	País	Región/País (%)
Total	10.396	123.017	8,1
Variedades tintas			
País - Mission, Criolla	3.610	10.464	34,8
Cinsault	857	966	88,7
Cabernet Sauvignon - Cabernet	749	37.754	2,0
Otras	896	45.815	2,0
Total	6.143	95.000	6,5
Variedades blancas			
Moscatel de Alejandría – Blanca Italia	3.518	4.317	81,5
Chasselas	260	262	99,0
Chardonnay - Pinot Chardonnay	211	10.345	2,0
Otras	261	19.101	1,4
Total	4.252	34.016	12,5

Fuente: Elaborado con información del SAG, catastro vitícola nacional 2022.

Según el SAG (2022), la superficie vitivinícola en la Región de Ñuble abarcó 10.396 hectáreas, representando el 8,1 % de la superficie vitivinícola total a nivel nacional. Más allá del total, el catastro muestra una especialización varietal: la Región de Ñuble concentra 34,8 % del País (3.610 ha de 10.464 ha a nivel país), 88,7 % del Cinsault (857/966 ha), y 81,5 % del Moscatel de Alejandría (3.518/4.317 ha); además, prácticamente la totalidad del Chasselas se localiza en la región (99,0 %) (Tabla 3).

Contexto ambiental y de gestión de residuos agroindustriales en la Región. En la Región de Ñuble, la valorización de subproductos agroindustriales (cáscaras,

pulpas agotadas, orujos, lías) enfrenta barreras ambientales-operativas: no existe aún un sistema regional plenamente articulado de separación y valorización, y la oferta instalada prioriza disposición/compostaje antes que obtención de ingredientes funcionales (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). La Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos (ENRO) fija la meta de valorizar el 66 % al 2040, con hitos al 2030 (30 % valorización, hogares y escuelas compostando, etc.) (Ministerio de medio ambiente, 2021). Aunque la ENRO se centra en la fracción municipal, su lógica de separación en origen y valorización es coherente con la revalorización de subproductos agroindustriales (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). En paralelo, en la Región de Ñuble se promueven iniciativas de economía circular como, por ejemplo, la reconversión de orujos vitivinícolas a insumos para alimentación animal que muestran viabilidad, pero requieren escalar y estandarizar calidad sanitaria y química para usos de mayor valor (Ministerio de Agricultura, 2025). Asimismo, programas territoriales como “Ñuble Circular” reportan capacitación comunitaria, pilotos municipales de compostaje y recolección puerta a puerta, además de recuperación de residuos bajo Ley REP y de aceite doméstico, lo que evidencia avances locales aunque aún con necesidad de masificación y estandarización (Ministerio del Medio Ambiente, 2024). A nivel nacional la reutilización efectiva de residuos agroindustriales sigue siendo baja; avanzar en extracción y (micro)encapsulación de polifenoles es una vía técnica para generar ingredientes con actividad antioxidante y/o antimicrobiana, alineada con la política pública (Matiacevich *et al.*, 2023).

A nivel país, la Hoja de Ruta para un Chile Circular 2040 establece un marco transversal para acelerar la prevención, la reutilización y la valorización de recursos en todos los sectores, promoviendo ecodiseño, simbiosis industrial y mercados de materias primas secundarias (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). Aunque su alcance no se restringe a residuos municipales, su énfasis en cerrar ciclos y sustituir insumos vírgenes es concordante con la valorización de residuos agroindustriales de alto valor (extracción de polifenoles y su microencapsulación), ofreciendo un marco normativo y programático bajo el cual estas rutas pueden escalar en la Región de Ñuble (Ministerio del Medio Ambiente, 2021).

2. Generación, composición de desechos agroindustriales y compuestos bioactivos en la Región de Ñuble

Estimación de la cantidad y composición de estos desechos. Según el Catastro Frutícola y Hortícola de la Región de Ñuble 2022-2023 (ODEPA, 2024), los rubros más representativos en superficie y volumen corresponden a frutales (avellano europeo, arándano americano, frambuesa, castaño y cerezo), hortalizas (espárrago, choclo y arveja verde) y vitivinicultura (*Vitis vinifera*), dominada por las variedades País, Moscatel de Alejandría y Cinsault. Estos cultivos no solo concentran la producción regional, sino que también generan subproductos como cáscaras, pulpas, semillas, orujos, lías y tallos, cuya caracterización abre oportunidades de valorización.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de las estimaciones de producción, porcentajes de descarte y volúmenes de residuos generados para los principales cultivos hortofrutícolas de la Región de Ñuble. Destacan especialmente la uva y el arándano americano, que generan 24.950 y 12.428 toneladas anuales de subproductos respectivamente, y albergan compuestos bioactivos como polifenoles y antocianinas, lo que refuerza su potencial para valorización agroindustrial.

En general, el procesamiento de frutas y hortalizas produce entre un 25 % y un 30 % de residuos, principalmente cáscaras, semillas y pulpas no utilizadas (Sagar *et al.*, 2018). Sin embargo, el porcentaje de descarte varía entre especies: en el avellano europeo, las cáscaras representan cerca del 42 % del fruto (Di Michele *et al.*, 2021); en el cerezo, las semillas alcanzan un 13 % (Pollard y Goldfarb, 2021); y en el arándano, los residuos rondan el 25 % (Reinoso *et al.*, 2024). Aunque estas cifras no provienen directamente de la Región de Ñuble, provienen de estudios con condiciones agroindustriales comparables y permiten estimar los volúmenes residuales de la región.

A partir de estos datos, la generación anual de residuos hortofrutícolas en la Región de Ñuble se estima que asciende a 54.797 t año⁻¹. De este total, cinco cultivos —uva, arándano americano, avellano europeo, frambuesa y espárrago— concentran 49.031 t año⁻¹ (89 %), lo que justifica su priorización en estrategias de valorización. En conjunto, estas cifras constituyen una base cuantitativa para

dimensionar la magnitud de los residuos y fundamentar su potencial de aprovechamiento en los sectores alimentario, farmacéutico y cosmético.

Tabla 4. Superficie plantada, rendimiento, producción, descarte y residuos estimados de cultivos hortofrutícolas seleccionados en la Región de Ñuble.

Cultivo	Superficie (ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Producción (t año ⁻¹)	Descarte promedio (%)	Residuos estimados (t año ⁻¹)
Avellano Europeo	6.588	3 ⁽¹⁾	18.448	42 ⁽⁶⁾	7.748
Arándano	4.143	12 ⁽¹⁾	49.710	25 ⁽⁷⁾	12.428
Cerezo	2.973	9 ⁽¹⁾	26.761	13 ⁽⁸⁾	3.479
Frambuesa	1.100	8 ⁽¹⁾	8.800	30 ⁽⁹⁾	2.640
Castaño	869	2 ⁽¹⁾	1.999	12 ⁽¹⁰⁾	240
Espárrago	547	7 ⁽³⁾	3.832	33 ⁽¹¹⁾	1.265
Choclo	402	13 ⁽²⁾	5.226	12 ⁽¹²⁾	611
Arveja verde	287	10 ⁽⁵⁾	2.871	50 ⁽¹³⁾	1.436
Uva	10.396	12 ⁽⁴⁾	124.752	20 ⁽¹⁴⁾	24.950
Total	27.305	-	242.399	-	54.797

Fuente: Datos de rendimiento según ⁽¹⁾ Catastro Frutícola Ñuble (2022); ⁽²⁾ ODEPA (2020a) – Ficha choclo ODEPA (2020b) – Ficha espárrago; ⁽³⁾ ODEPA (2020b) – Ficha espárrago; ⁽⁴⁾ ODEPA (2021–2022) – Ficha vid País; ⁽⁵⁾ INDAP (2023) – Ficha arveja verde. Porcentajes de descarte según ⁽⁶⁾ Di Michele *et al.* (2021); ⁽⁷⁾ Reinoso *et al.* (2024); ⁽⁸⁾ Pollard y Goldfarb (2021); ⁽⁹⁾ Kryževičiūtė *et al.* (2016); ⁽¹⁰⁾ Morana *et al.* (2017); ⁽¹¹⁾ Pegiou *et al.* (2021); ⁽¹²⁾ Chegere (2018); ⁽¹³⁾ Osorio y Méndez, (2023); ⁽¹⁴⁾ Muhlack *et al.*, (2018).

Subproductos generados en la agroindustria regional. La agroindustria de la Región de Ñuble genera una considerable cantidad de residuos orgánicos provenientes del procesamiento de frutas, hortalizas y uvas viníferas. Esto representa una oportunidad para el aprovechamiento de estos subproductos con fines productivos o ambientales. Identificar los principales cultivos de la región permite proyectar el tipo y volumen de residuos generados, lo cual es fundamental para orientar estrategias de valorización.

Aunque no se dispone de información específica sobre el procesamiento de estos cultivos en la Región de Ñuble, los antecedentes disponibles a nivel nacional e internacional permiten suponer prácticas productivas similares, dada la homogeneidad de condiciones agroclimáticas y tecnologías utilizadas (FAO, 2020).

De este conjunto destacan particularmente:

- Orujo de uva (*Vitis vinifera*): alta concentración de polifenoles y fibra dietética

(Beres *et al.*, 2017).

- Cáscaras/piel de avellano europeo (*Corylus avellana*): ricas en compuestos fenólicos y flavonoides (Di Michele *et al.*, 2021).
- Semillas de frambuesa y arándano: concentraciones elevadas de antocianinas y proantocianidinas (Baenas *et al.*, 2020).

Tabla 5. Subproductos de los cultivos más representativos de la Región de Ñuble.

Cultivo	Subproducto	Composición Bioactiva / Características
Avellano Europeo	Cáscara de avellana	Material lignocelulósico rico en compuestos fenólicos (p.ej., ácido gálico y protocatequico, catequina) ⁽¹⁾ .
	Piel de avellana tostada	Rica en polifenoles (ác. gálico, catequina, epicatequina, quercetina), rica en fibra; capacidad antioxidante elevada; fracción lipídica con insaturados (oleico/linoleico). ⁽²⁾
Arándano Americano	Torta prensada	Residuo fibroso rico en antocianinas, compuestos fenólicos y fibra dietética ⁽³⁾ .
	Semillas de arándano	Elevado contenido de polifenoles (antocianinas y proantocianidinas) y ácidos grasos esenciales (linoleico y α -linolénico) ⁽³⁾ .
	Cáscaras	Predominio de antocianinas de malvidina/delfinidina/petunidina y quercetina-3-glicósidos, responsables de su mayor capacidad antioxidante respecto de la pulpa ⁽³⁾ .
Frambuesa	Aceite de semilla de frambuesa	Aceite extraído mediante prensado en frío; rico en ácidos grasos esenciales, vitamina E y antioxidantes ⁽⁴⁾ .
	Pulpa agotada	Contiene antocianinas, elagitaninos y flavonoides, ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido caféico, ácido ferúlico.) ⁽⁵⁾ .
Castaño	Cáscaras (int. y ext.)	Contienen polifenoles, taninos y ácidos fenólicos ⁽⁶⁾ .
	Hojas	Contienen compuestos polifenólicos, taninos y flavonoides ⁽⁷⁾ .
Cerezo	Pulpa agotada y piel	Con antocianinas (cianidina-3-glucosilrutinosido) y ácidos fenólicos (ác. neoclorogénico); semillas con aceite insaturado, β -sitosterol, escualeno y δ -tocoferol. ⁽⁸⁾
	Tallos, hojas y flores	Ricos en ácidos hidroxicinámicos (clorogénico, neoclorogénico) y flavonoides (quercetina-3-rutinosido, catequina). ⁽⁹⁾

Tabla 5. Subproductos de los cultivos más representativos de la Región de Ñuble (continuación).

Espárrago	Tallos, Turiones no comercializables	Ricos en fibra lignocelulósica, saponinas esteroideas y flavonoides (quercetina, kaempferol, isoramnetina). Contienen también fructanos (polisacáridos prebióticos) ⁽¹⁰⁾ .
	Raíces y rizomas	Contienen saponinas esteroideas y fructanos, asociados a propiedades antioxidantes, hipoglucemiantes y antifúngicas ⁽¹⁰⁾ .
Maíz	Mazorcas sin grano / coronta	60 % fibra insoluble. Rico en ácido ferúlico y p-cumárico (fracción insoluble), además de β -caroteno, luteína y zeaxantina. ⁽¹¹⁾ .
	Barbas de choclo (corn silk)	Rico en flavonoides (como la maysina, una flavona C-glicosilada) y en ácidos cafeoilquínicos. ⁽¹²⁾ .
Arveja Verde	Vainas (Cáscaras externas)	Ricas en flavonoides (catequina, galocatequina, quercetina, kaempferol, apigenina), ácidos fenólicos (protocatequico, cafeico, p-hidroxibenzoico) y taninos prodelphinidínicos. ⁽¹³⁾ .
Uva	Orujo de uva	Contiene polifenoles (catequina, epicatequina, proantocianidinas, ácidos fenólicos), resveratrol, antocianinas en pieles y flavonoles (quercetina, miricetina). Alta en fibra dietética con capacidad antioxidante ⁽¹⁴⁾ .
	Semillas de uva	Ricas en flavan-3-oles (catequina, epicatequina, galocatequina), proantocianidinas, ácido gálico y derivados fenólicos, junto con ácidos grasos insaturados, vitamina E, carotenoides y fitoesteroles. Fracción con la mayor actividad antioxidante del fruto ⁽¹⁵⁾ .

Fuente: ⁽¹⁾ Di Michele *et al.* (2021); ⁽²⁾ Ivanović *et al.* (2020); ⁽³⁾ Baenas *et al.* (2020); ⁽⁴⁾ Ćirić *et al.* (2024); ⁽⁵⁾ Saad *et al.* (2019); ⁽⁶⁾ Pinto *et al.* (2021); ⁽⁷⁾ Rodrigues *et al.* (2023); ⁽⁸⁾ Chatzimitakos *et al.* (2023); ⁽⁹⁾ Nunes *et al.* (2022); ⁽¹⁰⁾ Alcaide *et al.* (2020); ⁽¹¹⁾ Lau *et al.* (2019); ⁽¹²⁾ Santana y Meireles (2023); ⁽¹³⁾ Guo *et al.* (2019); ⁽¹⁴⁾ Beres *et al.* (2017); ⁽¹⁵⁾ Lucarini *et al.* (2018).

Los subproductos listados en la Tabla 5 evidencian la diversidad de residuos agroindustriales generados por los cultivos predominantes en la Región de Ñuble, caracterizados por un alto contenido de compuestos bioactivos de interés. En el caso del avellano europeo, destacan sus cáscaras y pieles, con propiedades antioxidantes y antimicrobianas asociadas a flavonoides y lípidos insaturados (Ivanović *et al.*, 2020). Por su volumen y expansión regional, el arándano americano y la frambuesa generan tortas prensadas, harinas y semillas ricas en antocianinas, proantocianidinas y ácidos grasos esenciales (Baenas *et al.*, 2020; Ćirić *et al.*,

2024).

El espárrago, aunque menos estudiado, produce tallos, frondas y raíces con un perfil bioquímico que incluye saponinas esteroideas y fructanos con propiedades bioactivas (Viera-Alcaide *et al.*, 2020).

Finalmente, la uva origina orujos y semillas con elevada concentración de polifenoles y fibra dietética, constituyéndose en uno de los residuos más relevantes para estrategias de valorización (Beres *et al.*, 2017; Lucarini *et al.*, 2018).

Composición fenólica y actividad antioxidante de los residuos. La Tabla 6 sintetiza de manera comparativa el contenido fenólico total (TPC) y la capacidad antioxidante, a través de los ensayos DPPH (radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ABTS (ácido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) de los subproductos analizados. En uva, por ejemplo, la cáscara concentra aproximadamente un 15 % más de fenoles totales que la pulpa (Lasota *et al.*, 2024). Investigaciones específicas por especie respaldan esta tendencia, mostrando que tanto la cáscara como la semilla presentan consistentemente mayores concentraciones fenólicas y una respuesta antioxidante superior en comparación con la pulpa (Kupe *et al.*, 2021).

En este marco, en la Tabla 6, la piel tostada de avellana lidera (TPC \approx 307–438 mg GAE g⁻¹; ABTS \approx 2.670–3.380 μ mol TE g⁻¹), seguida por semillas de uva (ricas en proantocianidinas), con ABTS \approx 2.200 μ mol TE g⁻¹ y DPPH \approx 580 μ mol TE g⁻¹. En un segundo lugar, cáscaras/*press-cake* de arándano combinan TPC intermedio (\approx 35–55 mg GAE g⁻¹) con respuestas DPPH 70–350 y ABTS 100–300 μ mol TE g⁻¹. Por contraste, raíces de espárrago (TPC \approx 11,4 mg GAE g⁻¹; DPPH \approx 60,6 μ mol TE g⁻¹) y turiones no comercializables (TPC \approx 4,03 mg GAE g⁻¹; DPPH \approx 59,4; ABTS \approx 46,4 μ mol TE g⁻¹) muestran valores menores, aunque con perfiles fenólicos (ácidos cafeico/ferúlico, flavonoles) de interés funcional. En suma, pieles y semillas aparecen como dianas prioritarias para extracción compuestos antioxidantes, mientras que pulpas y raíces podrían orientarse como ingredientes de fibra con actividad antioxidante moderada. Se han descrito fracciones de fibra dietaria antioxidante obtenidas de cáscaras y pulpas agotadas (*press-cake*), en las que los polifenoles asociados a la matriz fibrosa mantienen actividad antioxidante medible (p. ej., DPPH/ABTS), al mismo tiempo que conservan funciones clásicas de la fibra,

como la viscosidad y la fermentabilidad colónica (Angulo-López *et al.*, 2022).

Tabla 6. Compuestos bioactivos, capacidad antioxidante de subproductos agroindustriales hortofrutícolas en la Región de Ñuble.

Especie	Residuo	Capacidad antioxidantes		
		TPC (mg GAE g ⁻¹ ps)	DPPH (μmol TE g ⁻¹)	ABTS (μmol TE g ⁻¹)
<i>Corylus avellana</i>	Cascaras ⁽¹⁾	4,66	17,46	44,95
	Piel tostada de avellana ⁽²⁾	307–438	N/D	2.670–3.380
<i>Vaccinium corymbosum</i>	Pulpa agotada ⁽³⁾	35–41	919,71	122,56
	Cáscaras ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	51,7–55,4 ⁽⁵⁾	70–350 ⁽⁴⁾	100–300 ⁽⁴⁾
<i>Rubus idaeus</i>	Pulpa agotada ⁽⁶⁾	19,74 ± 0,055	241	180
	Semillas ⁽⁷⁾⁽⁸⁾	16–17 ⁽⁷⁾	330–360 ⁽⁸⁾	430 ⁽⁸⁾
<i>Asparagus officinalis</i>	Raíces ⁽⁹⁾	11,4	60,6	N/D
	Turiones no comercializables ⁽¹⁰⁾	4,03	59,4	46,4
<i>Vitis vinifera</i>	Orujo ⁽¹¹⁾	35 ± 1	27,8	N/D
	Semillas ⁽¹²⁾	79–111	580	2.200

Fuente: ⁽¹⁾Di Michele *et al.* (2021); ⁽²⁾Kacmaz y Altıok (2024); ⁽³⁾Tamkutė *et al.* (2020); ⁽⁴⁾Baenas *et al.* (2020); ⁽⁵⁾Li *et al.* (2023); ⁽⁶⁾Rózyło *et al.* (2023); ⁽⁷⁾Bauza-Kaszewska *et al.* (2021); ⁽⁸⁾Marić *et al.* (2023); ⁽⁹⁾Ngo *et al.* (2024); ⁽¹⁰⁾Chileh Chelh *et al.* (2023); ⁽¹¹⁾Peixoto *et al.* (2018); ⁽¹²⁾Chengolova *et al.* (2023)

Nota: TPC: fenoles totales expresados como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco (mg GAE g⁻¹ PS). DPPH, ABTS: capacidad antioxidante expresada como μmol equivalentes de Trolox por gramo de peso seco (μmol TE g⁻¹ PS). TE = equivalentes de Trolox; PS = peso seco; GAE = equivalentes de ácido gálico.

Datos obtenidos de estudios con protocolos comparables y extractos obtenidos por métodos estándar (Gonzalez-Pastor *et al.*, 2023).

Esta estrategia es consistente con una revisión que señala que pieles, semillas y pulpas concentran fibra y polifenoles con actividad antioxidante, lo que las hace adecuadas para la formulación de ingredientes funcionales en alimentos (Nirmal *et al.*, 2023).

Actividad antimicrobiana de los residuos. En la Tabla 7 se presentan los halos de inhibición (difusión en agar) y las concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) medidas por microdilución, reportadas para extractos de subproductos hortofrutícolas representativos de la Región de Ñuble. Se incluyeron únicamente estudios con protocolos comparables y extractos obtenidos por métodos estándar.

Para garantizar la comparabilidad de resultados, se recomienda reportar los aspectos clave del protocolo de extracción, la concentración utilizada y los

parámetros de evaluación de la actividad antimicrobiana, junto con el uso de métodos estandarizados procedentes de organismos internacionales como EUCAST (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing) o CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute), que establecen criterios de referencia ampliamente reconocidos para la evaluación de susceptibilidad antimicrobiana (Bhaskaracharya *et al.*, 2023).

Tabla 7. Capacidad antimicrobiana de subproductos agroindustriales hortofrutícolas en la Región de Ñuble.

Especie	Residuo	Patógeno	Halo de inhibición (mm)	CMI (mg mL ⁻¹)
<i>Corylus avellana</i>	Cáscaras (shell) ⁽¹⁾	<i>Staphylococcus aureus</i>	9	N/D
		<i>Staphylococcus epidermidis</i>	11–14	N/D
		<i>Bacillus subtilis</i>	8–17	N/D
		<i>Bacillus cereus</i>	8–9	N/D
	Fracción taninos en piel ⁽²⁾	<i>Listeria monocytogenes</i>	N/D	0,125
<i>Vaccinium corymbosum</i>	Pulpa agotada ⁽³⁾	<i>Staphylococcus aureus</i>	9,2	5
		<i>Escherichia coli</i>	8,62	10
		<i>Salmonella spp.</i>	8,32	20
	Cascaras ⁽⁴⁾	<i>Serratia marcescens</i>	12–13	0,39
		<i>Escherichia coli</i>	12–13	N/D
<i>Rubus idaeus</i>	Pulpa agotada ⁽⁵⁾	<i>Listeria monocytogenes</i>	20,0 ± 4,24	1,563
	Semillas ⁽⁶⁾	<i>Escherichia coli</i>	≤ 15	N/D
		<i>Staphylococcus aureus</i>	≤ 15	N/D
<i>Asparagus officinalis</i>	Raíces ⁽⁷⁾	<i>Staphylococcus aureus</i>	34-35	N/D
		<i>Escherichia coli</i>	34-35	N/D
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	35	N/D
	Hojas ⁽⁸⁾	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	40	1
		<i>Staphylococcus aureus</i>	26	N/D
		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	29	N/D
		<i>Enterococcus faecalis</i>	11	N/D
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	14	1
		<i>Bacillus subtilis</i>	N/D	0,125
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	N/D	0,125		

Tabla 7. Capacidad antimicrobiana de subproductos agroindustriales hortofrutícolas en la Región de Ñuble (continuación).

<i>Vitis vinifera</i>	Cascaras ⁽⁹⁾	<i>Enterobacter cloacae</i>	10,39–31,91	62,5
	Escobajo ⁽⁹⁾	<i>P. aeruginosa</i>	11,67–26,80	125
	Orujo fraccionado ⁽⁹⁾	<i>P. aeruginosa</i>	17,15–45,20	62,5
	Semillas ⁽¹⁰⁾	<i>Staphylococcus aureus</i>	8-14	0,12–0,50
		<i>Bacillus cereus</i>	7-10	0,25 – 5,0
		<i>Escherichia coli</i>	0-8	0,50–1,00

Fuente: ⁽¹⁾ Di Michele (2021); ⁽²⁾ Bottone et al. (2019); ⁽³⁾ Liu et al. (2015); ⁽⁴⁾ Santos y de Aquino Santana (2019); ⁽⁵⁾ Sójka et al. (2025); ⁽⁶⁾ Marić et al. (2023); ⁽⁷⁾ Abbas y Al-Subaihawi (2022); ⁽⁸⁾ Mahmood et al. (2023); ⁽⁹⁾ Chávez Aly & Labra Toledo (2024); ⁽¹⁰⁾ Chengolova et al. (2023).

Nota: Halos medidos por difusión en agar (mm); mayor diámetro = mayor actividad antimicrobiana. CMI (Concentración Mínima Inhibitoria): medida por microdilución en caldo o dilución en agar; menor CMI = mayor potencia. N/D = Parámetro no informado

Ambos métodos están descritos como los más comunes y comparables en revisiones recientes sobre métodos de evaluación de extractos naturales (Gonzalez-Pastor *et al.*, 2023).

Los residuos con mayor potencial antimicrobiano (Tabla 7):

Avellano (cáscara/piel): halos \approx 8–17 mm frente a *B. subtilis* y *S. aureus* (Di Michele 2021); fracción de piel rica en taninos con CMI = 0,125 mg mL⁻¹ frente a *L. monocytogenes* (Bottone *et al.*, 2019); Frambuesa (pulpa agotada): halo \approx 20 mm frente a *L. monocytogenes* y CMI = 1,563 mg mL⁻¹ para la misma especie (Sójka *et al.*, 2025); Uva (semillas): CMI = 0,12–0,50 mg mL⁻¹ contra *S. aureus* y 0,50–1,00 mg mL⁻¹ frente a *E. coli*, en extractos ricos en proantocianidinas (Chengolova *et al.*, 2023); Espárrago: raíces con halos \approx 25–35 mm frente a *S. aureus* y *E. coli* (extractos acuosos concentrados) (Abbas y Al-Subaihawi, 2022); hojas con halos de aproximadamente 40 mm frente a *S. aureus* y de 11 mm frente a *P. aeruginosa*. Las CMI oscilaron entre 0,125 y 1 mg mL⁻¹ según el patógeno evaluado (*B. subtilis* y *Staphylococcus saprophyticus*) y el tipo de extracto (Mahmood *et al.*, 2023) (Tabla 7).

En el conjunto analizado, las bacterias Gram-positivas (*S. aureus*, *L. monocytogenes*) muestran halos más amplios y CMI más bajas que las Gram-negativas (*E. coli*, *P. aeruginosa*) (Tabla 7). Este comportamiento puede deberse a diferencias estructurales: la falta de membrana externa en Gram-positivas facilita la

acción de compuestos fenólicos, mientras que en Gram-negativas dicha membrana actúa como una barrera adicional, limitando su efecto antimicrobiano véase Lobiuc *et al.* (2023).

La variación de la capacidad antimicrobiana en residuos alimenticios se debe a factores, tales como:

Solvente de extracción: Muchos compuestos fenólicos presentan mayor solubilidad en solventes orgánicos o en mezclas alcohol-agua que en agua pura, lo que aumenta la eficiencia de extracción y, por ende, la potencia antimicrobiana de los extractos (Plaskova *et al.*, 2023); **Parte del residuo:** Los tejidos de barrera como piel, testa o semilla suelen exhibir mayor actividad antimicrobiana. Esto se explica en parte porque concentran más compuestos fenólicos que los tejidos parenquimáticos, como la pulpa (Lachowicz-Wiśniewska *et al.*, 2021); **Tipo de bacteria y condiciones de ensayo:** como se expone más arriba, las Gram-negativas requieren concentraciones mayores para alcanzar la misma eficacia que en Gram-positivas (Lobiuc *et al.* 2023).

Residuos con CMI $\leq 1 \text{ mg mL}^{-1}$ o halos $\geq 15\text{--}20 \text{ mm}$ frente a patógenos relevantes son candidatos prioritarios para evaluación en matrices modelo —como recubrimientos o soluciones buffer— y alimentos reales, donde la incorporación de polifenoles en películas y recubrimientos comestibles ha demostrado mejorar su capacidad antioxidante y antimicrobiana (Kumar *et al.*, 2023).

Relevancia para la valorización de residuos en la Región de Ñuble. Con base en los perfiles cuantitativos y cualitativos compilados (TPC; DPPH, ABTS; y actividad antimicrobiana), se priorizan para valorización en la Región de Ñuble piel de avellana, semilla y orujo de uva, pulpa agotada/cáscara de arándano y pulpa agotada de frambuesa (Tablas 6–7). Estos residuos concentran flavanoles, antocianinas y elagitaninos con potencial no solo para obtener extractos bioactivos, sino también para incorporarse como fase activa en recubrimientos y films comestibles con propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Singh *et al.*, 2022).

En residuos vínicos, la extracción acuosa supercrítica permite recuperar polifenoles usando solo agua, lo cual se clasifica como estrategia “verde” (Ferreira *et al.*, 2023). Películas poliméricas con extractos de piel y semilla de uva han

mostrado actividad antimicrobiana y antioxidante en contacto con alimentos (Ivanov & Godjevargova, 2024). La microencapsulación por *spray-drying* con matrices proteína-polisacárido mejora significativamente la estabilidad frente a oxidación y luz, además de incrementar la bioaccesibilidad intestinal de los polifenoles del orujo, habilitando su uso como ingrediente funcional (Martinović *et al.*, 2025).

En piel de avellana, la extracción asistida por ultrasonido (UAE) hidroalcohólica optimizada supera a la maceración en TPC y capacidad antioxidante, reduciendo tiempo y energía (Özdemir & Torun, 2024). La estandarización en resinas Amberlite XAD permite concentrar hasta cinco veces la fracción fenólica, obteniendo extractos más puros y con mayor reproducibilidad en términos de TPC y actividad antioxidante (Seif Zadeh & Zeppa, 2022). Como ingrediente, su incorporación en galletas elevó la capacidad antioxidante con buena aceptabilidad al 5 % (Costantini *et al.*, 2023). Como fase activa de envase, el perispermo de avellana aportó actividad DPPH y propiedades tecnológicas compatibles (Scarfato *et al.*, 2022).

En berries, la UAE agua-etanol maximiza extracción de antocianinas desde pulpa agotada/cáscara de arándano. La microencapsulación proteína-pectina preserva antocianinas y funcionalidad en polvo (Pan *et al.*, 2022). En pulpa agotada de frambuesa, la UAE combinada con PGSS (Partículas obtenidas de Soluciones Saturadas con Gas, CO₂ supercrítico) concentra antocianinas y fenoles con perfil químico definido (Nastić *et al.*, 2023). Fracciones ricas en taninos de frambuesa han mostrado actividad antilisteria *in vitro* (Sójka *et al.*, 2025).

En espárrago (raíces/hojas), extracciones acuosas industria-factibles recuperan perfiles fenólicos definidos, y films bilayer con extracto exhiben actividad antioxidante y antibacteriana (Acuña-Pacheco *et al.*, 2024). A diferencia de los turiones, las raíces y hojas de espárrago concentran flavonoles (rutin, quercetina, kaempferol) y saponinas en niveles superiores, lo que se asocia con una bioactividad más marcada y mayor interés para aplicaciones funcionales (Olas, 2024).

Estos métodos materializan la bioeconomía al transformar subproductos de alto volumen en ingredientes de mayor valor (extractos fenólicos e insumos para películas/recubrimientos activos), situándose en la jerarquía de gestión por sobre la

simple disposición/compostaje. Se alinean con la Hoja de Ruta Chile Circular 2040, la Ley REP (N.º 20.920) y la ENRO (meta de valorizar 66 % de orgánicos al 2040), cerrando ciclos en cadenas de producción vitivinícolas y de berries/avellano. En la Región de Ñuble, su implementación puede apalancarse en capacidades científico-tecnológicas y en la infraestructura agroindustrial regional, habilitando escalamiento (extracción, estandarización en resinas, microencapsulación) y validación en alimentos reales.

CONCLUSIONES

1. A través de esta investigación se estima que en la Región de Ñuble se generan 54.797 t año⁻¹ de residuos hortofrutícolas de nueve cultivos con potencial de ser valorizado.
2. La piel tostada de avellana tiene mayor capacidad antioxidante, seguida por semillas de uva; arándano intermedio y espárrago menor.
3. Subproductos con actividad antimicrobiana son taninos de piel de avellana, semillas de uva, pulpa agotada de frambuesa y espárrago.
4. Se observa una mayor sensibilidad de Gram-positivas (*S. aureus*, *L. monocytogenes*) frente a extractos fenólicos respecto de Gram-negativas.
5. La valorización de subproductos agroindustriales en la Región de Ñuble, como piel de avellana, semillas y orujo de uva, pulpa de arándano y frambuesa, constituye una alternativa sustentable para generar extractos bioactivos y recubrimientos funcionales mediante tecnologías verdes en concordancia con la Ley REP y la Hoja de Ruta Chile Circular 2040.

REFERENCIAS

1. Abbas, R.J., R.A.A. Al-Subaihawi. 2022. The effect of aqueous and alcoholic extract of *Asparagus officinalis* L. roots on the inhibition of some bacteria and fungi. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 35(2), 119-131.
2. Acuña-Pacheco, L.V., A.L. Moreno-Robles, M. Plascencia-Jatomea, C.L. Del Toro-Sánchez, J.F. Ayala-Zavala, J.A. Tapia-Hernández, M.J. Moreno-Vásquez, A.Z. Graciano-Verdugo. 2024. The preparation and characterization of an alginate–chitosan-active bilayer film incorporated

- with asparagus (*Asparagus officinalis* L.) residue extract. *Coatings* 14(10): 1232.
3. Angulo-López, J.E., A.C. Flores-Gallegos, J.A. Ascacio-Valdes, J.C. Contreras Esquivel, C. Torres-León, X. Rúelas-Chácon, C.N. Aguilar. 2023. Antioxidant dietary fiber sourced from agroindustrial byproducts and its applications. *Foods* 12(1): 159.
 4. Baenas, N., J. Ruales, D.A. Moreno, D.A. Barrio, C.M. Stinco, G. Martínez-Cifuentes, A.J. Meléndez-Martínez, A. García-Ruiz. 2020. Characterization of Andean blueberry in bioactive compounds, evaluation of biological properties, and in vitro bioaccessibility. *Foods* 9(10): 1483.
 5. Bauza-Kaszewska, J., E. Kowalczyk, B. Waszkiewicz-Robak, D. Zielińska, A. Rynkowska, K. Jakubczyk. 2021. Synergistic antimicrobial effect of raspberry (*Rubus idaeus* L.) preparations. *Journal of Plant Diseases and Protection* 128: 132–142.
 6. Beres, C., G.N.S. Costa, I. Cabezudo, N.K. da Silva-James, A.S.C. Teles, A.P.G. Cruz, C. Mellinger-Silva, R.V. Tonon, L.M.C. Cabral, S.P. Freitas. 2017. Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. *Waste Management* 68: 581–594.
 7. Bhaskaracharya, R.K., A. Bhaskaracharya, C. Stathopoulos. 2023. A systematic review of antibacterial activity of polyphenolic extract from date palm (*Phoenix dactylifera* L.) kernel. *Frontiers in Pharmacology* 13: 1043548.
 8. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2016. Ley N.º 20.920, Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Santiago, Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
 9. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2023. Región de Ñuble. Santiago, Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
 10. Bottone, A., A. Cerulli, G. D'Urso, M. Masullo, P. Montoro, A. Napolitano, S. Piacente. 2019. Plant specialized metabolites in hazelnut (*Corylus avellana*) kernel and byproducts: An update on chemistry, biological activity, and analytical aspects. *Planta Medica* 85(11–12): 840–855.
 11. Castromonte, M., J. Wacyk, C. Valenzuela. 2020. Encapsulación de extractos antioxidantes desde subproductos agroindustriales: una revisión. *Revista Chilena de Nutrición* 47(5): 836–847.
 12. Chatzimitakos, T., V. Athanasiadis, D. Kalompatsios, K. Kotsou, M.

- Mantiniotou, E. Bozinou, S.I. Lalas. 2024. Sustainable valorization of sour cherry (*Prunus cerasus*) by-products: Extraction of antioxidant compounds.
13. Chávez, K.G., Y.N. Labra. 2024. Determinación de compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y efecto antibacteriano de desechos de orujo de uva variedad Negra Criolla, Arequipa – 2024. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. *Repositorio Institucional UCSM*.
 14. Chegere, M. J. 2018. Post-harvest losses reduction by small-scale maize farmers: The role of handling practices. *Food Policy* 77: 103–115.
 15. Chengolova, A., P. Petrova, I. Ivanov, A. Dobрева. 2023. Antibacterial activity of grape seed extracts: Zonas de inhibición y MIC por cultivar. *Microorganisms* 11: 395.
 16. Chileh, T., M.A. Rincon-Cervera, F. Gomez-Mercado, R. Lopez-Ruiz, M. Gallon-Bedoya, M. Ezzaitouni, J.L. Guil-Guerrero. 2023. Wild asparagus shoots constitute a healthy source of bioactive compounds. *Molecules* 28: 5786.
 17. Ćirić, I., D. Dabić Zagorac, M. Sredojević, M. Fotirić Akšić, B. Rabrenović, S. Blagojević, M. Natić. 2024. Valorisation of raspberry seeds in cosmetic industry—Green solutions. *Pharmaceutics* 16(5): 606.
 18. Costantini, L., M.T. Frangipane, R. Molinari, S. Garzoli, R. Massantini, N. Merendino. 2023. Hazelnut skin waste as a functional ingredient to nutritionally improve a classic shortbread cookie recipe. *Foods* 12(14): 2774.
 19. Di Michele, A., C. Pagano, A. Allegrini, F. Blasi, L. Cossignani, E. Di Raimo, M. Faieta, E. Oliva, P. Pittia, S. Primavilla, M. Sergi, C. Vicino, M. Ricci, B. Schirone, L. Periolì. 2021. Hazelnut shells as source of active ingredients: Extracts preparation and characterization. *Molecules* 26(21): 6607.
 20. Ferreira, C., M.M. Moreira, C. Delerue-Matos, M. Sarraguça. 2023. Subcritical water extraction to valorize grape biomass—A step closer to circular economy. *Molecules* 28(22): 7538.
 21. Gonzalez-Pastor, R., S.E. Carrera, J. Zúñiga, C. Rodríguez, A. Mayorga, L.P. Guamán, C. Barba. 2023. Current landscape of methods to evaluate antimicrobial activity of natural extracts. *Molecules* 28(3): 1068.
 22. Gobierno Regional de Ñuble (GORE Ñuble). 2023. Estrategia Regional de Desarrollo Ñuble 2020–2028. Chillán, Chile. [en línea]. <<https://goredenuble.cl/wp-content/uploads/2023/06/ERD-NUBLE-2020->

2028-.pdf > [Consulta: 15 mayo 2025].

23. Guo, F., H. Xiong, X. Wang, L. Jiang, N. Yu, Z. Hu, Y. Sun, R. Tsao. 2019. Phenolics of green pea (*Pisum sativum* L.) hulls, their plasma and urinary metabolites, bioavailability, and in vivo antioxidant activities in a rat model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 67(43): 11955–11968.
24. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). 2023. Ficha técnica productiva: Arveja verde, temporada 2023-2024. Santiago, Chile. [en línea]. < https://www.indap.gob.cl/sites/default/files/2023-06/arveja-verde_5.xlsx > [Consulta: 24 abril 2025].
25. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2024. INIA dio inicio a innovador proyecto que impulsa la fruticultura sostenible y resiliente en Ñuble. Santiago, Chile: INIA. [en línea]. < <https://www.inia.cl/2024/12/17/inia-dio-inicio-a-innovador-proyecto-que-impulsa-la-fruticultura-sostenible-y-resiliente-en-nuble/> > [Consulta: 5 de abril 2025].
26. Instituto Nacional de Estadística (INE). 2023. *Superficie sembrada o plantada 2023*. [Archivo de Excel]. [en línea]. < https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/hortalizas/cuadros-estadisticos/resultados/superficie-sembrada-o-plantada-2023.xlsx?sfvrsn=a2f95f9_4 > [Consulta: 12 diciembre 2024].
27. Ivanov, Y., T. Godjevargova. 2024. Antimicrobial polymer films with grape seed and skin extracts for food packaging. *Microorganisms* 12(7): 1378.
28. Ivanović, S., N. Avramović, B. Dojčinović, S. Trifunović, M. Novaković, V. Tešević, B. Mandić. 2020. Chemical composition, total phenols and flavonoids contents and antioxidant activity as nutritive potential of roasted hazelnut skins (*Corylus avellana* L.). *Foods* 9(4): 430.
29. Kacmaz, S., E. Altıok. 2024. Chemical profile and antioxidant activity of Giresun quality hazelnut skin. *Black Sea Journal of Sciences* 14(3): 1431–1443.
30. Kryževičiūtė, N., P. Kraujalis, P.R. Venskutonis. 2016. Optimisation of high-pressure extraction of raspberry pomace. *Journal of Supercritical Fluids* 108: 61–68.
31. Kumar, N., Pratibha, J. Prasad, A. Yadav, A. Upadhyay, Neeraj, S. Shukla, A. T. Petkoska, Heena, S. Suri, M. Gniewosz, M. Kieliszek. 2023. Recent trends in edible packaging for food applications—Perspective for the future. *Food Engineering Reviews* 15: 718–747.
32. Kupe, M., N. Karataş, M.S. Ünal, S. Ercisli, M. Baron, J. Sochor. 2021.

- Phenolic composition and antioxidant activity of peel, pulp and seed extracts of different clones of the Turkish grape cultivar 'Karaerik'. *Plants* 10(10): 2154.
33. Lachowicz, S., I. Kapusta, C.M. Stinco, A.J. Meléndez, A. Bieniek, I. Ochmian, Z. Gil. 2021. Distribution of polyphenolic and isoprenoid compounds and biological activity differences between fruit skin + pulp, seeds, and leaves of new biotypes of *Elaeagnus multiflora* Thunb. *Antioxidants* 10(6): 849.
34. Lasota, M., P. Lechwar, W. Kukula-Koch, M. Czop, K. Czech, K. Gaweł-Bęben. 2024. Pulp or peel? Comparative analysis of the phytochemical content and selected cosmetic-related properties of *Annona cherimola* L., *Diospyros kaki* Thumb., *Cydonia oblonga* Mill. and *Fortunella margarita* Swingle pulp and peel extracts. *Molecules* 29(5): 1133.
35. Lau, T., N. Harbourne, M.J. Oruña-Concha. 2019. Valorisation of sweet corn cob by extraction of valuable compounds. *International Journal of Food Science and Technology* 54(4): 1240–1246.
36. Li, X., Q. Liu, Y. Tang, J. Liu, M. Zhang, Y. Wang, L. Liu, X. He, R. Zhang. 2023. Comparative analysis of bioactive compounds and antioxidant activity in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) skins and pulps. *Food Chemistry* 405: 134894.
37. Liu, C., A. Liu, Y. Ma, K. Huang, Y. Li, H. Zhang. 2015. Study on antibacterial activity of anthocyanins from blueberry wine pomace. En: *Proceedings of the International Power, Electronics and Materials Engineering Conference (IPEMEC 2015)*, 1080–1084. Paris, Francia: Atlantis Press.
38. Lobiuc, A., N.E. Pavăl, I.I. Mangalagiu, R. Gheorghită, G.C. Teliban, D. Amăriucăi, V. Stoleru. 2023. Future antimicrobials: Natural and functionalized phenolics. *Molecules* 28(3): 1114.
39. Lucarini, M., A. Durazzo, A. Romani, M. Campo, G. Lombardi-Boccia, F. Cecchini. 2018. Bio-based compounds from grape seeds: A biorefinery approach. *Molecules* 23(8): 1888.
40. Mahmood, A., M. Ajaz, W. Rasool, L. Khan, N. Naeem, A. Hassan. 2023. A comprehensive study on *Asparagus officinalis*: Its antimicrobial, antioxidant and phytochemical characteristics. *Pakistan BioMedical Journal* 6(3): 1–10.
41. Marić, B., B. Abramović, N. Ilić, M. Bodroža-Solarov, B. Pavlić, M. Oczkowski, J. Wilczak, D. Četojević-Simin, Lj. Šarić, N. Teslić. 2023. UHPLC-Triple-TOF-MS characterization, antioxidant, antimicrobial and

- antiproliferative activity of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed extracts. *Foods* 12(1): 161.
42. Martinović, J., R. Ambrus, M. Planinić, G. Perković, G. Šelo, A.-M. Klarić, A. Bučić-Kojić. 2025. Spray-drying microencapsulation of grape pomace extracts with alginate-based coatings and bioaccessibility of phenolic compounds. *Gels* 11(2): 130.
43. Matiacevich, S., D. Soto, M. Gutiérrez. 2023. Economía circular: obtención y encapsulación de compuestos polifenólicos provenientes de residuos agroindustriales. *RIVAR* 10(28).
44. Ministerio de Agricultura. 2025. Ñuble impulsa la sostenibilidad: Universidad y sector público colaboran para transformar residuos vitivinícolas en oportunidades productivas. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura. [en línea]. < <https://minagri.gob.cl/noticia/nuble-impulsa-la-sostenibilidad-universidad-y-sector-publico-colaboran-para-transformar-residuos-vitivinolicas-en-oportunidades-productivas/> > [Consulta: 4 junio 2025].
45. Ministerio de Desarrollo Social y Familia. 2023. Ñuble: Pobreza multidimensional cae 9,2 puntos según Encuesta CASEN 2022. [en línea]. < <https://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/noticias/nuble-pobreza-multidimensional-cae-92-puntos-segun-encuesta-casen-2022> > [Consulta: 20 enero 2025].
46. Ministerio del Medio Ambiente. 2021a. Estrategia nacional de residuos orgánicos (ENRO). Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente.
47. Ministerio del Medio Ambiente. 2021b. Hoja de ruta para un Chile circular al 2040. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente.
48. Ministerio del Medio Ambiente. 2024. En el Día del Reciclaje destacan avances y desafíos en Ñuble. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente. [en línea]. < <https://mma.gob.cl/en-el-dia-del-reciclaje-destacan-avances-y-desafios-en-nuble/> > [Consulta: 2 julio 2025].
49. Montalba, R., L. Vieli, F. Spirito, E. Muñoz. 2019. Environmental performance of different blueberry production regimes. *Scientia Horticulturae* 253: 133–140.
50. Morana, A., G. Squillaci, S.M. Paixão, L. Alves, F. La Cara. 2017. Development of an energy biorefinery model for chestnut (*Castanea sativa* Mill.) shells. *Energies* 10(10): 1504.
51. Muhlack, R.A., R. Potumarthi, D.W. Jeffery. 2018. Sustainable wineries through waste valorisation: A review of grape marc utilisation for value added products. *Waste Management* 72: 99–118.

52. Nastić, N., Z. Mutavski, J. Živković, R. Ambrus, N. Fernández, N. Menković, S. Vidović. 2023. Green processing of black raspberry pomace: Application of sonotrode-based extraction technique and particles from gas-saturated solutions (PGSS) technology. *Foods* 12(20): 3867.
53. Ngo, T.T., H.D. Nguyen, Q.N. Tran. 2024. Valorisation of asparagus basal stems: phenolic profile and antioxidant capacity. *LWT – Food Science and Technology* 196: 114595.
54. Nirmal, N.P., A.C. Khanashyam, A.S. Mundanat, K. Shah, K. Babu, P. Thorakkattu, F. Al-Asmari, R. Pandiselvam. 2023. Valorization of fruit waste for bioactive compounds and their applications in the food industry. *Foods* 12(3): 556.
55. Nunes, A.R., J.D. Flores-Félix, A.C. Gonçalves, A. Falcão, G. Alves, L.R. Silva. 2022. Anti-inflammatory and antimicrobial activities of Portuguese *Prunus avium* L. (Sweet Cherry) by-products extracts. *Nutrients* 14(21): 4576.
56. ODEPA. 2020a. Ficha de costo choclo Región Metropolitana 2019–2020. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.
57. ODEPA. 2020b. Ficha de costo espárrago Ñuble 2019–2020. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.
58. ODEPA. 2022. Ficha de costo vid País (media) Ñuble 2021–2022. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.
59. ODEPA & CIREN. 2022. Catastro frutícola Región de Ñuble 2022. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias & Centro de Información de Recursos Naturales.
60. Olas, B. 2024. A review of the pro-health activity of *Asparagus officinalis* L. and its components. *Foods* 13(2): 288.
61. Osorio, C., P. Méndez. 2023. Arvejas: variedades, ecotipos locales, aporte nutricional y agregación de valor (Informativo INIA Carillanca N° 187). Temuco, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
62. Özdemir, M., M. Torun. 2024. Ultrasound-assisted extraction of natural antioxidants from the hazelnut skin: Optimization and comparison with conventional method. *Gıda – The Journal of Food* 49(2): 326–341.
63. Pan, L.-H., L.-P. Chen, C.-L. Wu, J.-F. Wang, S.-Z. Luo, J.-P. Luo, Z. Zheng. 2022. Microencapsulation of blueberry anthocyanins by spray drying with soy protein isolates/high methyl pectin combination: Physicochemical properties, release behavior in vitro and storage stability. *Food Chemistry*

395: 133626.

64. Pegiou, E., J.W. Siccama, N.M. Eijkelboom, L. Zhang, R. Mumm, M.A.I. Schutyser, R.D. Hall. 2021. Asparagus waste streams to aroma-rich vegetable flavourings. *Proceedings of the 16th Weurman Flavour Research Symposium*: 295–298.
65. Peixoto, C.M., M.I. Dias, M.J. Alves, R.C. Calhelha, L. Barros, S.P. Pinho, I.C.F.R. Ferreira. 2018. Grape pomace as a source of phenolic compounds. *Food Chemistry* 253: 132–138.
66. Pinto, D., M.L. Cádiz-Gurrea, A. Vallverdú-Queralt, C. Delerue-Matos, F. Rodrigues. 2021. *Castanea sativa* shells: A review on phytochemical composition, bioactivity and waste management approaches for industrial valorization. *Food Research International* 144: 110364.
67. Plaskova, A., B. Dzyuba, A. Kolesarova, J. Vaskova, L. Vasko, V. Dzyuba, M. Capcarova. 2023. Phenolic compounds: Methods of extraction and antioxidant activity—A review. *Frontiers in Nutrition* 10: 1118761.
68. Pollard, Z.A., J.L. Goldfarb. 2021. Valorisation of cherry pits to mediate Great Lakes water quality. *Environmental Pollution* 270: 116073.
69. Reinoso, Y., E. Herrera, J. Ortiz, F. Echeverría, A. Bustamante. 2024. Revalorización de residuos de arándano: extracción polifenólica con tecnologías emergentes. *RIVAR* 11(31): 194–211.
70. Rodrigues, D.B., L. Veríssimo, T. Finimundy, J. Rodrigues, I. Oliveira, J. Gonçalves, I.P. Fernandes, L. Barros, S.A. Heleno, R.C. Calhelha. 2023. Chemical and bioactive screening of green polyphenol-rich extracts from chestnut by-products: An approach to guide the sustainable production of high-added value ingredients. *Foods* 12(13): 2596.
71. Rózyło, R., B. Gładyszewska, M. Gawłowska, A. Oniszczyk, M. Combrzyński, J. Szponar. 2023. Micronized powder of raspberry pomace as a source of bioactive compounds. *Foods* 12(12): 2380.
72. Sagar, N.A., S. Pareek, S. Sharma, E.M. Yahia, M.G. Lobo. 2018. Fruit-and-vegetable waste: bioactive compounds, extraction and utilisation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(3): 512–535.
73. Saad, N., F. Louvet, S. Tarrade, E. Meudec, K. Grenier, C. Landolt, T.S. Ouk, P. Bressollier. 2019. Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from raspberry (*Rubus idaeus* L.) pomace. *Journal of Food Science* 84(6): 1371–1381.

74. Santana, Á.L., M.A.A. Meireles. 2023. Valorization of cereal byproducts with supercritical technology: The case of corn. *Processes* 11(1): 289.
75. Santos, T.R.J., L.C.L. de Aquino Santana. 2019. Antimicrobial potential of exotic fruits residues. *South African Journal of Botany* 124: 338–344.
76. Scarfato, P., M.L. Graziano, A. Pietrosanto, L. Di Maio, L. Incarnato. 2022. Use of hazelnut perisperm as an antioxidant for production of sustainable biodegradable active films. *Polymers* 14(19): 4156.
77. Seif Zadeh, N., G. Zeppa. 2022. Recovery and concentration of polyphenols from roasted hazelnut skin extract using macroporous resins. *Foods* 11(13): 1969.
78. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2023. *Informe Catastro Vitícola 2022*. [Archivo de Excel]. [en línea]. <
<https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/informe%20catastro%20vit%C3%ADcola%202022.xlsx> > [Consulta: 15 diciembre 2024].
79. Singh, A.K., J.Y. Kim, Y.S. Lee. 2022. Phenolic compounds in active packaging and edible films/coatings: Natural bioactive molecules and novel packaging ingredients. *Molecules* 27(21): 7513.
80. Sójka, M., A. Hejduk, L. Piekarska-Radzik, S. Ścieszka, K. Grzelak-Błaszczak, E. Klewicka. 2025. Antilisterial activity of tannin-rich preparations isolated from raspberry (*Rubus idaeus* L.) and strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit. *Scientific Reports* 15: 10196.
81. Tamkutė, L., R. Liepuoniūtė, M. Pukalskienė, P.R. Venskutonis. 2020. Recovery of lipophilic and polyphenolic fractions from cranberry pomace. *Journal of Supercritical Fluids* 159: 104755.
82. Viera-Alcaide, I., A. Hamdi, R. Rodríguez-Arcos, R. Guillén-Bejarano, A. Jiménez-Araujo. 2020. Asparagus cultivation co-products: From waste to chance. *Journal of Food Science and Nutrition* 6(1): 57.