

Artículo de Revisión / Review Article

Reducción, reutilización y reciclaje: Una revisión crítica del conocimiento científico sobre las pérdidas y desperdicios de alimentos en Chile

Reduce, reuse and recycle: A critical review of scientific knowledge on food loss and waste in Chile

Carolina Fredes¹. ORCID 0000-0002-2786-9078

José Luis Moya¹. ORCID 0000-0002-0405-3391

Macarena Jara². ORCID 0000-0002-4124-8964

Angélica Reyes-Jara^{3*}. ORCID 0000-0002-5354-4322

1. Departamento Ciencias de la Salud, Carrera de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

2. Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad San Sebastián, Santiago, Chile.

3. Laboratorio de Microbiología y Probióticos, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile.

*Dirigir correspondencia: Angélica Reyes-Jara
El Líbano 5524, Macul.
areyes@inta.uchile.cl

Este trabajo fue recibido el 10 de abril de 2023.
Aceptado con modificaciones: 16 de mayo de 2023.
Aceptado para ser publicado: 04 de julio de 2023.

RESUMEN

Reducir, reutilizar y reciclar, “regla de las tres R”, son estrategias que promueven una actitud responsable hacia el medioambiente y contribuyen al desarrollo sostenible. El objetivo de esta revisión fue analizar las publicaciones científicas generadas en Chile en el área de las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA), con énfase en su cuantificación y basadas en “la regla de las tres R”. Se realizó una búsqueda de literatura en tres bases de datos: Web of Science, Pubmed y Scopus. Los artículos originales seleccionados se clasificaron según tipo de acción, etapa de la cadena de suministro de alimentos, grupo de alimentos, cuantificación de PDA y tipo de estrategia (reducción, reutilización o reciclaje). Se encontraron 5 artículos de revisión y 31 artículos originales. La revalorización de subproductos agroindustriales fue la principal acción involucrada en los estudios de PDA (n= 22). El tipo de subproducto también fue analizado, y se encontró que los compuestos fenólicos provenientes de frutales son los más estudiados. Solo el 32% (12/31) de los artículos reportaron información sobre cuantificación de PDA. La revalorización de subproductos sumada a la recuperación de alimentos para producción de energía (n= 4) y de compostaje (n= 2) hacen que el reciclaje sea la estrategia más investigada. Estos antecedentes evidencian la necesidad de complementar la investigación nacional a nivel de acciones que apunten más hacia la reducción y reutilización de PDA y su cuantificación. Este conocimiento permitirá establecer líneas base y planes de monitoreo que contribuyan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Chile.

Palabras clave: Regla de las tres R; Redistribución; Revalorización; Sistemas alimentarios sostenibles; Subproductos.

ABSTRACT

Reduce, reuse, and recycle “the 3Rs rule” are strategies that promote a responsible attitude towards the environment and contribute to sustainable development. The objective of this review was to analyze the scientific publications generated in Chile in the area of food loss and waste (FLW), with a focus on its quantification and based on “the 3Rs rule”. A literature search was carried out in three databases: Web of Science, Pubmed, and Scopus. The selected original articles were classified according to the type of action, stage of the food supply chain, food group, FLW quantification, and type of strategy (reduction, reuse, or recycling). Five review articles and 31 original articles were found. The revalorization of agro-industrial by-products was the main initiative involved in the FLW studies (n= 22). The type of by-product was also analyzed, and it was found that the phenolic compounds from fruits are the most studied. Only 32% (12/31) of the articles reported information on FLW quantification. The revalorization of by-products added to food recovery for energy production (n= 4) and composting (n= 2) make recycling the most researched strategy. These antecedents show the need to complement the national research at the level of actions that point more towards reducing and reusing of FLW and its quantification. This knowledge will allow the establishment of baselines and monitoring plans that contribute to the fulfillment of the Sustainable Development Goals in Chile.

Keywords: By-products; Redistribution; Revalorization; Sustainable food systems; 3Rs rule.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se estima que cada año se pierden o desperdician alrededor de 1.300 millones de toneladas de alimentos aptos para el consumo humano¹. Esta cifra ha sido útil para crear conciencia sobre el problema que representan las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) a nivel global². Las PDA implican un uso indebido de recursos –e.g. agua, suelo, energía, fertilizante– y también impactan en un aumento en la emisión de metano y CO₂ al medioambiente debido a la descomposición natural de los alimentos³. Paradójicamente, a pesar de que se pierden o desperdician grandes cantidades de alimentos aptos para el consumo humano, más de 828 millones de personas en todo el mundo padecen subalimentación⁴. En este contexto, algunos autores señalan que la inseguridad alimentaria y nutricional a menudo resulta de un problema de acceso a los alimentos más que de su disponibilidad⁵. Por lo tanto, las PDA representan un problema ético que vale la pena estudiar para comprender su origen y razones, así como para ejecutar acciones para su prevención y/o reducción de manera responsable^{6,7}.

La distinción entre pérdida y desperdicio de alimentos propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se enfoca principalmente en la dimensión de la seguridad alimentaria del problema asociado a las PDA. Según el Informe FAO 2019², las pérdidas se consideran desde la cosecha hasta el nivel minorista, pero sin incluirlo, mientras que el desperdicio se produce en la venta al por menor y el consumo.

Los alimentos se pierden o desperdician en cualquier etapa de la cadena de suministro de alimentos, desde la producción primaria hasta el consumo doméstico^{1,8,9}. Además, las PDA aplican a todos los grupos de alimentos¹. Si bien no existen métodos de cuantificación de PDA específicos para cada etapa de la cadena de suministro de alimentos y/o grupo de alimentos, en la literatura se distinguen cuatro grupos de métodos de cuantificación de PDA: A) Balance de masas

o extrapolación de bases de datos de PDA, B) Métodos de autoreporte, registros, diarios y encuestas, C) Análisis de composición de residuos comerciales o municipales y D) Cuantificación por pesaje directo, conteo de unidades o estimación de volumen¹⁰. Cabe destacar que los métodos de cuantificación directa (C y D) del desperdicio de alimentos son más precisos que los métodos de autoreporte (B)^{10,11,12}. De hecho, el autoreporte puede dar lugar a una subestimación del desperdicio de alimentos en mediciones realizadas en la etapa de consumo^{13,14}.

Las estrategias para gestionar las PDA deben involucrar a actores públicos y privados a lo largo de la cadena de suministro para limitar los impactos ambientales, económicos y sociales^{6,15}. La “regla de las tres R” (reducir, reutilizar y reciclar) es conocida en las orientaciones para promover una actitud responsable hacia el medioambiente y contribuir al desarrollo sostenible. A nivel mundial, las jerarquías de residuos plantean estrategias de gestión de residuos usando “la regla de las tres R”, recomendando desde acciones más preferidas a menos preferidas desde el punto de vista medioambiental^{5,16,17,18}. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos¹⁸ propone una jerarquía de residuos específica para alimentos, en la cual “reducir la fuente” o “reducir el volumen excedente de comida”, seguida por “combatir el hambre de la población” o “donar la comida sobrante a bancos de alimentos, comedores comunitarios o refugios” son las acciones más preferidas. Por el contrario, “el basurero/incineración” es el destino menos preferido desde el punto de vista medioambiental¹⁸.

En el año 2015, las Naciones Unidas adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que encabezan la Agenda Global 2030¹⁹. Los ODS buscan movilizar esfuerzos globales en torno a un conjunto común de prioridades, para proteger el medioambiente y la dignidad y oportunidades de las personas. El ODS número 12 –“Producción y Consumo Responsable”– destaca la importancia de minimizar el uso de recursos naturales y la generación de residuos^{20,21}. Entre sus

metas (ODS 12.3), está “el reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha”¹⁹. Adicionalmente, la meta ODS12.5 plantea “reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización”¹⁹. Para contribuir al cumplimiento de los ODS desde el ámbito científico, los investigadores deben producir conocimiento que contribuya al diseño de intervenciones más efectivas para prevenir y reducir las PDA²². En este sentido, la investigación en PDA, en términos de estimaciones y acciones concretas en la prevención y reducción de pérdidas y desperdicios proviene principalmente de países desarrollados, siendo escasa en los países en vías de desarrollo².

El objetivo de esta revisión fue analizar las publicaciones científicas generadas en Chile en el área de las PDA, con enfoque en su cuantificación y siguiendo “la regla de las tres R”. En específico, en esta revisión se discute sobre las principales acciones involucradas en la recuperación de alimentos que incluye la revalorización de subproductos agroindustriales. Este artículo busca ser un aporte para la comunidad científica, y actores públicos y privados interesados en la evaluación de planes de acción para la recuperación de alimentos y desechos de éstos, aportando así al cumplimiento de los ODS en Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este artículo es una revisión cualitativa sobre el conocimiento científico relacionado a las PDA generado en el contexto chileno. Las preguntas de investigación fueron: ¿Cuál es el estado del arte sobre el conocimiento científico respecto a las PDA en Chile?, ¿Cuál es el enfoque de las acciones que se realizan para reducir las PDA en Chile?, ¿En qué grupos de alimentos y etapas de la cadena de suministro de alimentos se reporta cuantificación de PDA?

Producción primaria de alimentos en Chile. Con el fin de identificar los principales alimentos que se producen a nivel nacional, se realizó una búsqueda de antecedentes de producción primaria de alimentos, consultando la base de datos Balances de alimentos de la FAOSTAT²³. Se identificaron resultados a nivel nacional (Chile) o regional (América del Sur y mundial), elementos (producción-cantidad), grupos de productos (cereales, legumbres secas, cultivos oleaginosos, hortalizas, carne, huevos, leche, pescados y mariscos) y año (2020).

Estrategia de búsqueda bibliográfica relacionada a PDA en Chile. Se realizó una búsqueda de literatura publicada en inglés o español en tres bases de datos: Web of Science, Pubmed y Scopus sin restricción de fecha. La estrategia de búsqueda para la revisión de literatura fue (“Food waste” OR “Food loss”) AND (Chile). Las palabras clave fueron buscadas en el título o en el resumen, y se registraron artículos de revisión y artículos originales. La búsqueda finalizó el 22 de septiembre de 2022.

Selección de artículos. Los criterios de inclusión de artículos fueron: 1) Autores con afiliación en universidades o centros de investigación chilenos, 2) Descripción de un sitio de estudio en Chile, y 3) Uso de materias primas o alimentos producidos en Chile.

Análisis de los artículos seleccionados. Los artículos originales seleccionados se clasificaron según el tipo de acción, la etapa de la cadena de suministro de alimentos (i.e. producción y pre-procesamiento, procesamiento y manufactura, distribución y consumo) y grupo(s) de alimento(s) (i.e. cereales y semillas, tubérculos, frutas, hortalizas, legumbres, oleaginosas, carnes, huevo, leche y productos lácteos, y productos forestales no madereros). Adicionalmente, se extrajo información sobre la estimación o cuantificación de PDA reportada en el artículo, la cual pudo provenir del mismo artículo o bien ser referenciada de otros artículos.

Posteriormente, los artículos fueron revisados en extenso, y clasificados según el tipo de estrategia utilizada de acuerdo a la “regla de las tres R” (i.e. reducción, reutilización y reciclaje) en base a las definiciones propuestas por Teigiserova y col.¹⁶ y la EPA¹⁸: a) La estrategia de reducción comprendió acciones orientadas a la disminución de la fuente de excedentes alimentarios y de desperdicios evitables; es decir a la prevención de la PDA^{16,18}. b) La estrategia de reutilización comprendió acciones de redistribución de excedentes alimentarios, y su donación a bancos de alimentos, comedores sociales y refugios para la alimentación de personas necesitadas; así como también a la redistribución para la alimentación animal^{16,18}. c) La estrategia de reciclaje comprendió la utilización de desperdicios de alimentos para la obtención de energía y la utilización de residuos orgánicos para la producción de compostaje¹⁸. Las actividades de revalorización de subproductos agroindustriales para el diseño y desarrollo de nuevos alimentos, ingredientes y aditivos, también fue considerada como acción de reciclaje¹⁶.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del contexto chileno

Chile se caracteriza por ser un país productor y exportador de alimentos. Dentro de los principales grupos de alimentos producidos a nivel regional se encuentran pescados y mariscos, hortalizas y frutas, los cuales contribuyen en 27,2%, 8,47% y 8,23% respectivamente (Tabla 1).

En cuanto al Índice de Desarrollo Humano (IDH), Chile es reconocido como una economía emergente, ocupando el lugar número 42 a nivel mundial y el número 1 en América Latina y el Caribe²⁴. La producción de alimentos en Chile contribuye al desarrollo del país²⁵. La contribución relativa de la producción primaria chilena fluctuó entre un 0,03-1,58% de la producción mundial, y entre un 0,13% y 27,2% a nivel regional el año 2020²³. En cuanto a las exportaciones, el sector agroalimentario representó cerca del 26% de las exportaciones el año 2019²⁵. Si bien el sector silvoagropecuario tiene una participación promedio del 2,9%

Tabla 1. Producción primaria de alimentos (en miles de toneladas) en Chile en 2020.

Grupo de productos	Cantidad (M ton)	Porcentaje (%) de la producción regional*	Porcentaje (%) de la producción global
Frutas	6701	8,23	0,88
Pescados y mariscos	3356	27,20	1,58
Cereales	2760	1,12	0,09
Leche	2284	3,39	0,26
Hortalizas	2234	8,47	0,17
Carnes	1600	3,47	0,47
Raíces y tubérculos	1303	2,87	0,16
Oleaginosas	290	0,13	0,03
Huevos	228	3,43	0,24
Legumbres	41	0,83	0,04

Elaboración propia en base a la producción total por grupo de productos, con información de la FAOSTAT, año 2020⁽²³⁾. *América del Sur.

del Producto Interno Bruto (PIB), cubre alrededor del 9,2% de la ocupación laboral del país, debido principalmente a la dependencia de la mano de obra en el sector frutícola²⁶.

La gestión de residuos es un desafío existente en todas las etapas de la cadena de suministro de alimentos en Chile²⁷. En este ámbito, la FAO estima porcentaje de residuos para distintos grupos de alimentos, etapas de la cadena de suministro de alimentos y regiones a nivel mundial. Por ejemplo, se estima un porcentaje de PDA para frutas y hortalizas de 20% a nivel de producción agrícola, 10% por manipulación y almacenamiento de poscosecha, 20% a nivel de procesamiento y manufactura, 12% en la distribución y 10% en el consumo en Latinoamérica¹. Estas estimaciones no necesariamente representan los diferentes contextos de la cadena de suministro de alimentos en Chile. Por lo tanto, la investigación para una gestión de residuos eficiente es un desafío, que requiere de esfuerzos públicos, privados, y de la contribución de la comunidad científica.

Aportes de la comunidad científica en el contexto chileno

La búsqueda bibliográfica dio como resultado el hallazgo de 5 artículos de revisión y 31 artículos originales relacionados con la PDA. Los artículos de revisión identificados fueron publicados entre los años 2015 a 2022. A nivel nacional, la publicación de artículos originales ha tenido un crecimiento sostenido durante las últimas dos décadas; 14 artículos originales fueron publicados desde el 2011 al 2020 y 15 entre los años 2021 hasta 2022.

Los artículos de revisión involucran principalmente acciones a nivel de la etapa de procesamiento y manufactura, mientras que los grupos de alimentos incluyen mayoritariamente frutas y hortalizas^{28,29,30,31,32}. Estos artículos se enfocan en

la revalorización de subproductos agroindustriales, con aplicaciones en el desarrollo de nuevos alimentos. En particular, el trabajo de Bustamante y col.²⁸ aporta información sobre la cáscara de granada, destacando el aporte de polifenoles y elagitaninos presentes en este residuo y su potencial uso en la prevención y tratamiento de la enfermedad de hígado graso no-alcohólico. En la misma línea de investigación, Nocetti y col.²⁹ sistematizan información sobre la composición de subproductos de goldenberry (i.e. cálices, hojas, semillas y orujo) y su actividad biológica. Los autores destacan el contenido de minerales, aminoácidos, flavonoides y ácidos grasos esenciales, y la actividad biológica que incluye efectos antiinflamatorio, antioxidante, antidiabético y antiproliferativo²⁹. Por otra parte, la revisión de Medina y col.³⁰ visibiliza el potencial de reciclaje de grandes cantidades de residuos de frutas y hortalizas producidos en el sector agrícola. Es así como, este trabajo aporta información sobre nuevas tecnologías para el reciclaje de residuos, para aplicación en el suelo y remediación de suelos contaminados o erosionados. Las revisiones de Velásquez y col.³¹ y Rojas y col.³² analizaron publicaciones que incorporan agentes activos a los envases de alimentos formulados con polímeros biodegradables; como por ejemplo, el ácido poliláctico. La incorporación de antioxidantes o agentes antimicrobianos en el material puede ayudar a extender la vida útil de los alimentos y así reducir el desperdicio de éstos. Los autores evalúan los desafíos técnicos para la incorporación de estos agentes activos en el material sin que estos pierdan sus propiedades y el envase cumpla con las exigencias del mercado^{31,32}. Adicionalmente, en estas revisiones se observa que los agentes activos pueden ser subproductos de la industria de alimentos, lo cual otorga un valor agregado a los materiales utilizados en la elaboración de envases^{31,32}. Tal desarrollo releva el desafío del trabajo

en conjunto de diferentes actores en la cadena productiva que redundan en una mejora en el aprovechamiento de los recursos disponibles.

En cuanto a los artículos originales, la tabla 2 resume los aportes de la comunidad científica en el estudio de las PDA para distintas etapas de la cadena de suministro de alimentos y grupos de alimentos. Estos artículos, principalmente reportan investigaciones sobre revalorización de subproductos agroindustriales en la etapa de procesamiento y manufactura (22 artículos), que involucran mayormente a frutas y hortalizas (17 artículos). Solo 3 artículos originales fueron identificados con enfoque en el conocimiento sobre acciones de prevención y reducción de desperdicio de alimentos y recuperación de alimentos para redistribución y donaciones en el contexto chileno. Adicionalmente, se recuperó información sobre la estimación de valores de la cuantificación de PDA. En este ámbito, 12 de los 31 artículos reportan información sobre cuantificación de PDA y, de estos, sólo cuatro realizan estimaciones de acuerdo con datos generados en la investigación.

Los artículos originales seleccionados aportan información sobre la cuantificación de desperdicios usando metodologías de pesaje directo en la etapa de consumo^{33,34,35}. En este ámbito, la mayor contribución en término de desperdicios en hogares chilenos corresponde a frutas y hortalizas (42,66%), lo cual es similar a lo reportado en hogares del Reino Unido que revelan un mayor desperdicio de este grupo de alimentos (~43%)³⁶. Asimismo, otros estudios también indican un mayor desperdicio de frutas y hortalizas en hogares que van desde 30% en Holanda, a 70% en Japón^{37,38,39}. En cuanto a la cantidad desperdiciada, el estudio piloto realizado en hogares chilenos indica un desperdicio total de 138 g/día por persona³³. Es difícil efectuar comparaciones con estudios realizados en otros países ya que la literatura describe distintos métodos de cuantificación de desperdicios. Nótese que el desperdicio total de alimentos puede fluctuar entre 58 g/día por persona en hogares holandeses usando un método de encuesta y 573 g/día por persona en hogares israelitas usando análisis de composición de residuos^{40,41}. Por tanto, disponer de información sobre la cuantificación de PDA para los distintos grupos de alimentos y etapas de la cadena de suministro de alimentos es clave para estimar la factibilidad y sostenibilidad de nuevas intervenciones orientadas a la reducción de desperdicios y gestión de residuos.

La redistribución de excedentes alimentarios desde mercados mayoristas a hogares de beneficencia también conlleva la producción de desperdicios de alimentos. En este ámbito, se observa que los hogares de beneficencia que reciben donación de excedentes de frutas y hortalizas producen un mayor desperdicio de frutas en comparación con hogares de beneficencia que no reciben donación³⁴. Sin embargo, este mismo estudio evidencia que la donación de excedentes de frutas y hortalizas desde un mercado mayorista a hogares de beneficencia es una estrategia para disminuir los desperdicios a nivel de distribución. Al mismo tiempo, la donación de excedentes de frutas y hortalizas mejora el

acceso a estos alimentos de gran valor nutricional por parte de hogares de beneficencia³⁴.

Los hallazgos de artículos originales muestran que la revalorización de subproductos agroindustriales es la principal línea de investigación en cuanto a PDA en el contexto chileno. Al respecto, el mayor interés en este tipo de investigación se enfoca en el estudio en frutas para exportación (e.g granada, manzana, nuez y almendra)^{42,43,44,45,46}, e.g., ethanol percentage and process temperature, to obtain a pomegranate peel extract (PPE). Sin embargo, se observa también interés por frutas de importancia local, como lúcuma, papaya y chirimoya^{47,48,49}. En cuanto a la cuantificación de PDA, sólo uno de estos estudios reporta la cuantificación de subproductos a nivel de laboratorio⁴². Esta investigación destaca que la granada tiene una fracción comestible (i.e. arilos), y una fracción no comestible (mesocarpio de granada más epicarpio de granada) que conlleva un porcentaje de desperdicio inevitable (intensidad de desperdicio inevitable, $57,4 \pm 6,7\%$)⁴². Por lo tanto, se observa que la fracción no comestible de la fruta puede ser revalorizada por su composición química y nutricional. Esto es de especial relevancia en el caso de frutas y hortalizas que tienen una fracción no comestible que siempre se descarta, lo que depende del tipo de fruta u hortaliza y de las preferencias culturales de consumo (e.g. consumir la fruta con o sin cáscara)^{5,50}. Esta fracción no comestible se utiliza para calcular la intensidad de desperdicio inevitable⁵⁰. Por ejemplo, De Laurentiis y col.⁵⁰ han estimado una intensidad de desperdicio inevitable de frutas promedio de 17% y una intensidad de desperdicio inevitable de hortalizas promedio de 16%. Esta fracción no comestible de frutas y hortalizas puede descartarse a nivel de procesamiento o manufactura, distribución o consumo. Por lo tanto, las acciones para la recuperación de esta fracción no comestible y su potencial reutilización o reciclaje dependerán de la etapa de la cadena de suministro donde es descartada.

Algunos estudios de revalorización de subproductos hacen referencia a la estimación de subproductos^{43,44,45,51,52,53,54,55}. Si bien estas estimaciones no fueron realizadas en el contexto del mismo estudio, aportan antecedentes que justifican una investigación sobre revalorización de subproductos. Es así como, por ejemplo el estudio de Hernandez y col.⁵¹ indica que en la elaboración de aceite de oliva el 80% corresponde a residuos, principalmente alperujo y orujo. En este ámbito, la estimación de pérdida en las etapas de poscosecha y procesamiento y manufactura puede aportar información sobre la cantidad de subproductos que pueden ser recuperados. Estos datos son necesarios para justificar nuevos trabajos en investigación aplicada y proyectos de innovación sobre revalorización de subproductos agroindustriales.

En esta revisión, se identificaron cuatro artículos sobre recuperación para producción de energía y dos artículos sobre recuperación para producción de compostaje. Solo un artículo referencia antecedentes sobre la estimación de residuos de trigo. En este sentido, en la producción y pre-procesamiento del trigo se producen 1.000 millones de toneladas que pueden ser recuperadas para la producción de compostaje⁵⁶.

Tabla 2. Artículos originales vinculados con acciones involucradas en estudios de PDA en el contexto chileno.

Acción involucrada	Etapa de la cadena de suministro de alimentos	Grupo de alimentos	Cuantificación PDA	Autores
Prevención del desperdicio de alimentos	Consumo	Todos	*Por pesaje directo. En hogares, el desperdicio total fue 54,7 kg/semana, siendo los productos vegetales responsables del 80,9% del total. El valor calórico fue 1.141 kcal por persona y el costo económico fue \$83.444 (US\$ 102.02).	Cáceres y col. ³⁵
	Consumo	Todos	*Por pesaje directo. El desperdicio fue 521 g/día por hogar y 138 g/día por persona; siendo las frutas y verduras frescas la categoría de alimentos que los consumidores más recordaron desperdiciar.	Cáceres Rodríguez y col. ³³
Recuperación de alimentos para redistribución y donaciones	Consumo	Frutas y hortalizas	*Por pesaje directo. Comparación de hogares de beneficencia con donación de excedentes (HS+DON) y sin donación (HS) en invierno y primavera. Para hortalizas, no se encontraron diferencia de desperdicio de HS+DON vs. HS. HS no tuvo desperdicio de frutas, por lo tanto, el desperdicio de fruta fue mayor en HS+DON en ambas estaciones (invierno: 74 g/día por persona, primavera: 13 g/día por persona).	Fredes y col. ³⁴
Revalorización de subproductos	Procesamiento y manufactura	Cereales y semillas	*** *Por pesaje directo a nivel de laboratorio. El	Zúñiga-López y col. ⁶²
	Procesamiento y manufactura	Frutas	desperdicio inevitable de la fruta de granada es de un 57.4 ± 6.7%.	García y col. ⁴²
	Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Cea y col. ⁵⁷
	Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Díaz-Galindo y col. ⁶⁰
	Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Escobar-Avello y col. ⁶¹
	Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Guerrero-Castillo y col. ⁴⁷
	Procesamiento y manufactura	Frutas	** En el proceso de extracción del aceite de oliva, se obtiene 20% de aceite de oliva, mientras que alrededor del 80% corresponde a residuos, principalmente alperujo y orujo.	Hernández y col. ⁵¹
	Procesamiento y manufactura	Frutas	**A nivel mundial, se producen 75.100 millones de toneladas de uvas anualmente. Se destinan principalmente a la producción de vino o al consumo natural, lo que resulta en aproximadamente 13 millones de toneladas de residuos.	Herrera-Bravo y col. ⁵²
	Procesamiento y manufactura	Frutas	**Los desechos generados por la industria son equivalente aproximadamente al 20% de la producción total de nueces.	Soto-Madrid y col. ⁴³
Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Vallejo-Castillo y col. ⁴⁸	
Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Galarce-Bustos y col. ⁴⁹	

...continuación tabla 2.

Acción involucrada	Etapas de la cadena de suministro de alimentos	Grupo de alimentos	Cuantificación PDA	Autores
Revalorización de subproductos	Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Uribe y col. ⁵⁸
	Procesamiento y manufactura	Frutas	**En Chile, la producción de manzanas alcanza 1,3 millones de toneladas y se estima que aproximadamente 9000 toneladas de cáscaras se generan anualmente, como resultado del procesamiento de la manzana.	Henríquez y col. ⁴⁴
	Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Dueik y Bouchon ⁵⁹
	Procesamiento y manufactura	Frutas	**El rendimiento de jugo es solo el 40% del peso de la fruta. El resto corresponde a subproductos, como cáscara, semillas y mesocarpio.	Sanhueza y col. ⁴⁵
	Procesamiento y manufactura	Frutas	***	Rubilar y col. ⁴⁶
	Procesamiento y manufactura	Hortalizas	***	Nile y col. ⁶³
	Procesamiento y manufactura	Hortalizas	***	Sanzana y col. ⁶⁶
	Procesamiento y manufactura	Huevos	**La producción mundial de huevos es de aproximadamente 65 millones de toneladas anuales y el desecho correspondiente a cáscara de huevo es de 6,5 millones de toneladas.	Kessi y Arias ⁵³
	Procesamiento y manufactura	Oleaginosas	**La cáscara del lupino que se elimina, corresponde al 30% del peso de la semilla.	Burgos-Díaz y col. ⁵⁴
	Procesamiento y manufactura	Pescados y mariscos	** La captura mundial de calamares en 2018 se estimó en 2,8 millones toneladas. La cantidad de residuos oscila entre el 50 y el 70% del peso del calamar.	Cabrera-Barjas y col. ⁵⁵
	Procesamiento y manufactura	PFNM	***	Flores y col. ⁶⁴
Recuperación para producción energía	Producción/ Pre-procesamiento	Lácteos	***	Flores-Morales y col. ⁶⁸
	Procesamiento y manufactura/Consumo	Todos	***	Donoso-Bravo y col. ⁶⁹
	Consumo	Todos	***	Muñoz y col. ⁷⁰
	Consumo	Todos	***	Munoz ⁷¹
Recuperación para producción de compostaje	Producción/ Pre-procesamiento	Cereales y semillas	**La producción mundial de trigo fue de 760,1 millones de toneladas para 2016/2017 y alrededor de 1.000 millones de toneladas de residuos de trigo están disponibles para su uso posterior	Calabi-Floody y col. ⁵⁶
	Distribución	Frutas y hortalizas	***	Crutchik y col. ⁷²

*En el artículo se cuantifica PDA; **El artículo reporta referencia de cuantificación de PDA; ***El artículo no aporta cuantificación de PDA; PFNM: Productos forestales no madereros.

Como se mencionó anteriormente, los artículos originales de PDA en el contexto chileno estudian mayormente subproductos provenientes de frutas; sin embargo, se observa el análisis de subproductos que provienen de distintos tipos de alimentos (Tabla 3). Nótese que los estudios además contemplan subproductos de frutales que son usados como materia prima para la elaboración de aceite de oliva^{51,57,58,59} y vino^{52,60,61}. La descripción de los subproductos es variada, obedeciendo a términos técnicos (e.g. cáscara y piel) y morfológicos (e.g. epicarpio, pericarpio). La figura 1 muestra fotografías de algunos ejemplos de alimentos y sus partes estudiadas como subproductos, como también su asociación con la morfología de frutos. La estructura de los frutos puede ser de importancia en la comprensión de la composición de los subproductos y en la cuantificación de subproductos a lo largo de la cadena de suministro de alimentos. Por ejemplo, frutos de una misma morfología tienen una fracción no comestible similar⁵⁰, que puede traducirse en un desperdicio inevitable o cantidad de subproductos similar.

En cuanto a la composición de los subproductos, las investigaciones describen el estudio de diferentes tipos de compuestos bioactivos (Tabla 3). Se observa especial interés en la identificación y cuantificación de polifenoles^{42,43,44,45,46,47,48,49,52,57,59,60,61,62,63} commonly known as chia. At present, only chia seeds, which are a natural source of omega-3 and omega-6, fiber, proteins, and natural antioxidants, are commercialized. Although some studies reveal the presence of several bioactive compounds, such as polyphenols (e.g., vitexin, orientin, and some hydroxycinnamic acids. Cabe mencionar, que sólo seis investigaciones analizan la composición química proximal de los subproductos. Esto puede ser de especial interés ya que el análisis químico proximal aporta información básica sobre la fracción de carbohidratos, lípidos y proteínas de subproductos que podrían ser revalorizados para nuevos usos alimentarios. Por ejemplo, el epicarpio de los frutos de granada, nuez, manzana, así como, el orujo y alperujo de aceite de oliva -que contienen el epicarpio de la drupa de la oliva- destacan por la fracción de carbohidratos y fibra^{42,43,44,51,58}. Por otra parte, los residuos de lupino, linaza y camelina destacan además, por su fracción de proteínas⁵⁴. Un gran número de estudios describen métodos de extracción de compuestos bioactivos usando técnicas convencionales (e.g. extracción sólido-líquido)^{45,47,60,61,62,63,64} y emergentes (e.g. extracción por líquido presurizado, ultrasonido y/o fluido supercrítico)^{42,48,49,57,59}. Es importante mencionar que a partir de esta extracción de compuestos bioactivos se generan nuevos residuos que pueden ser revalorizados. Así también es importante destacar que técnicas emergentes de extracción de compuestos bioactivos conllevan un uso menor de solventes; es decir, durante el proceso de extracción se desecha una menor cantidad de residuos al medioambiente. Por ejemplo, la extracción por líquido presurizado logra una extracción

rápida, eficiente y selectiva con una amplia gama de polaridades de compuestos, ofreciendo menos tiempo de extracción y consumo de solvente que la extracción sólido-líquido convencional⁶⁵. Por otra parte, en la extracción de compuestos bioactivos se observa el uso de solventes “verdes” (e.g. agua y CO₂) como alternativa de reemplazo a solventes orgánicos convencionales, usando técnicas emergentes^{42,48,49,57,59}. De esta manera, se vislumbra que la combinación del uso de solventes “verdes” y técnicas emergentes puede ser una alternativa de extracción de compuestos bioactivos de subproductos agroindustriales más limpia y respetuosa con el medioambiente.

La gran mayoría de los artículos originales relacionados con PDA incluyen el estudio de la funcionalidad de los compuestos bioactivos presentes en subproductos agroindustriales. Algunas investigaciones comprenden el estudio de la actividad biológica (e.g. capacidad antioxidante, antimicrobiana, gastroprotector, antiplaquetario) de extractos^{42,43,47,49,52,60,62,63,66}, y el uso de tecnologías de microencapsulación para la protección de compuestos bioactivos presentes en extractos obtenidos a partir de subproductos^{45,48,61}. De manera más reciente, destacan dos estudios sobre la incorporación de extractos de subproductos agroindustriales a films y el desarrollo de films a partir de materias primas que corresponden a subproductos agroindustriales^{55,60}. De esta manera, la proyección de los estudios sobre revalorización de subproductos agroindustriales se orienta hacia la formulación de alimentos funcionales, aditivos y nuevos envases para la conservación de alimentos.

Principales estrategias involucradas en la recuperación de alimentos

Las principales acciones involucradas en la recuperación de alimentos en los artículos originales analizados apuntan al reciclaje (28 artículos). La figura 2 resume las principales acciones involucradas en la recuperación de alimentos en Chile, siguiendo “la regla de las tres R” basado en el modelo de las jerarquías de manejo de residuos¹⁷ y de recuperación de alimentos¹⁸. Asimismo, la figura 2 propone desafíos que pueden ser abordados en nuevas investigaciones. La prevención de la PDA, es decir la reducción de excedentes alimentarios y desperdicios evitables se describe como la mejor estrategia para reducir la PDA, desde el punto de vista medioambiental^{16,17,18}. Sin embargo, en esta revisión no se identificaron artículos originales en el contexto chileno que apunten hacia esta estrategia. En este ámbito, surgen desafíos (Figura 2) que pudieran ser abordados en futuras investigaciones. Cabe destacar que la identificación de actores relevantes de las primeras etapas de la cadena de suministro de alimentos es necesaria para la cuantificación de excedentes y de la pérdida de alimentos. En este sentido, la pérdida de alimentos se asocia al comportamiento de productores y procesadores de alimentos² quienes podrían ser involucrados en futuras investigaciones.

Tabla 3. Subproductos, nutrientes y compuestos bioactivos estudiados en la revalorización de subproductos y aportes en su funcionalidad.

Tipo de subproducto	Nutrientes y compuestos bioactivos	Funcionalidad	Referencia
Hojas de chia (<i>Salvia hispanica</i>)	Polifenoles de extractos (etanólico, etilacetato, diclorometano y hexano) de chia blanca y negra.	Dentro de los extractos etanólicos, la chia negra tuvo una mayor capacidad antioxidante que la chia blanca.	Zúñiga-López y col. ⁶²
Cáscara de granada (<i>Punica granatum</i>)	La composición de un polvo liofilizado de cáscara de granada fue: 3% humedad; 3,5% proteínas; 2,7% cenizas; 0,2% lípidos y 60% carbohidratos disponibles. El contenido de fibra dietética fue 30%, (14% fibra soluble y 16% fibra insoluble). Polifenoles y punicalagina de extracto presurizado (etanol/agua) de cáscara de granada.	El extracto presurizado de cáscara de granada tiene actividad antimicrobiana <i>in vitro</i> contra <i>Staphylococcus aureus</i> .	García y col. ⁴²
Orujo de aceite de oliva (<i>Olea europaea</i>) extra virgen	Polifenoles (secoiridoides) de extracto presurizado (etanol/agua) y de extracto convencional de orujo de aceite de oliva.	****	Cea y col. ⁵⁷
Escobajo de uva vinífera (<i>Vitis vinifera</i>)	Estilbenos de extracto etanólico de escobajo de uva vinífera.	La adición del extracto a un material termoplástico a base de almidón mostró actividad antifúngica frente a <i>Botrytis cinerea</i> y actividad antimicrobiana frente a <i>Staphylococcus aureus</i> .	Díaz-Galindo y col. ⁶⁰
Escobajo de uva vinífera	Compuestos fenólicos de extracto etanólico de escobajo de uva vinífera.	La microencapsulación por secado por atomización mejora la estabilidad, solubilidad y biodisponibilidad en aplicaciones hidrosolubles.	Escobar-Avello y col. ⁶¹
Semillas de lúcuma (<i>Pouteria lucuma</i>)	Compuestos fenólicos y flavonoides de extracto metanólico de semillas de lúcuma.	Alto poder antioxidante y gastroprotector en modelos <i>in vitro</i> .	Guerrero-Castillo y col. ⁴⁷

...continuación tabla 3.

Tipo de subproducto	Nutrientes y compuestos bioactivos	Funcionalidad	Referencia
Orujo y alperujo de aceite de oliva	La composición del alperujo y orujo fue: 58,3 67,2% humedad; 8,7 y 7,7% proteína cruda; 1,8 y 2,5% cenizas; 86,7 y 79,1% fibra cruda; 8,7 y 7,6% lípidos (peso seco).	****	Hernández y col. ⁵¹
Orujo de vid vinífera (cv. Pinot Noir)	Compuestos fenólicos identificados en orujo de uva vinífera fueron: ácidos hidroxibenzoicos (ácidos gálico y protocatequico); catequina; ácido ferúlico; flavonoles (quercetina-3-galactósido, quercetina-3-rutinósido, kaempferol-3-glucósido, quercetina-3-glucósido y quercetina); antocianinas glicosiladas (malvidina-3-glucósido, peonidina-3-glucósido, petunidina-3-glucósido, cianidina-3-glucósido y delphinina-3-glucósido). El ácido gálico fue el componente más abundante.	Efecto protector a la citotoxicidad generada por hidrocarburos aromáticos policíclicos.	Herrera-Bravo y col. ⁵²
Cáscara verde de la nuez (<i>Juglans regia</i>)	La composición del epicarpio de nuez maduro e inmaduro fue: 11,7 y 14,1% humedad; 4,7 y 4,5% proteína cruda; 18,6 y 17,5% cenizas; 44,7 y 44,8% fibra cruda; 1,4 y 1,6% lípidos (peso seco). Compuestos fenólicos identificados en el epicarpio de nuez fueron: ácido gálico, ácido protocatequico, catequina, ácido cafeico (sólo maduro), ácido ferúlico, politadina (sólo maduro), quercetina, canferol, heperidina.	Capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana contra <i>Escherichia coli</i> que dependen del estado de madurez de la cáscara verde de la nuez.	Soto-Madrid y col. ⁴³
Exocarpo de papaya (<i>Carica papaya</i>)	Polifenoles de extracto acuoso obtenido por ultrasonido.	La microencapsulación por extrusión (alginato-pectina) protege los polifenoles en un modelo gastrointestinal simulado.	Vallejo-Castillo y col. ⁴⁸
Hojas y piel (epicarpio de chirimoya) (<i>Annona cherimola</i>)	Alcaloides de extracto obtenido por fluido supercrítico.	Capacidad antioxidante y actividad inhibidora de la α -glucosidasa y acetilcolinesterasa en modelos <i>in vitro</i> .	Galarce-Bustos y col. ⁴⁹

...continuación tabla 3.

Tipo de subproducto	Nutrientes y compuestos bioactivos	Funcionalidad	Referencia
Torta de aceite de oliva	La composición de la torta de aceite de oliva fue: 6,5% proteínas; 5,2% cenizas; 34,1% fibra cruda; 8,7% lípidos; 12,1% carbohidratos (materia seca).	****	Uribe y col. ⁵⁸
Cáscara de manzana (<i>Malus domestica</i>)	La composición de la cáscara de manzana fresca y deshidratada fue: 86,2 y 2,2% humedad; 2,7 y 2,3% proteínas; 2,4 y 2,3% cenizas; 19,6 y 18,6% fibra cruda; 2,7 y 2,1% lípidos; 47,8 y 39,7% fibra dietética total; 28,3 y 38,6 mg EAG/g (peso seco).	****	Henríquez y col. ⁴⁴
Hojas de olivo	Polifenoles de extracto obtenido por fluido (agua) subcrítico.	Retención de polifenoles en matrices alimentaras fritas y biodisponibilidad en modelo de digestión simulado.	Dueik y Bouchon ⁵⁹
Cáscara de granada	Punicalagina de extracto etanólico de cáscara de granada.	La encapsulación por doble emulsión es estrategia tecnológica para la protección de punicalagina.	Sanhueza y col. ⁴⁵
Cáscara de almendra (<i>Prunus dulcis</i>) y pomaza de uva blanca y roja	Compuestos fenólicos identificados en extractos crudos de cáscara de almendra y pomaza de uva fueron: ácido hidroxibenzoico, ácido cinámico y derivados, flavan-3-ol, ácido hidroxibenzoico y derivados, metoxihesperetina/quercetina ramnósido, flavonol/flavanon/flavon glicosilado, ramnetina glicosilada.	****	Rubilar y col. ⁴⁶
Piel de cebolla (<i>Allium cepa</i>)	Espireósido (flavonoides) de extractos acuosos, metanólicos y etanólicos de piel de cebolla roja.	El extracto de piel de cebolla inhibió la expresión del gen inductor de muerte relacionado con la molécula mu-2 (molécula involucrada en apoptosis) en modelo <i>in vitro</i> .	Nile y col. ⁶³

...continuación tabla 3.

Tipo de subproducto	Nutrientes y compuestos bioactivos	Funcionalidad	Referencia
Semillas de zapallo (Cucurbita maxima)	La composición de las semillas de zapallo fue: 5,5% humedad; 33,3% proteína cruda; 4,1% cenizas; 0,7% fibra cruda; 25,7% lípidos; 30,7% carbohidratos (peso fresco).	Las semillas de zapallo tienen un efecto antiplaquetario en condiciones <i>in vitro</i> asociado con alto contenido de ácidos grasos y proteínas.	Sanzana y col. ⁶⁶
Membrana de cáscara de huevo	No se identifica.	La membrana de la cáscara de huevo tuvo la capacidad de inmovilización de la enzima β -galactosidasa de <i>E. coli</i> en condiciones <i>in vitro</i> .	Kessi y Arias ⁵³
Cáscara de lupino, torta prensada de canola, subproducto de lupino, torta prensada de camelina, cáscara de linaza y torta prensada de linaza	El contenido de proteínas y fibra dietética de los subproductos fluctuó entre 46,71–17,90 g/100 g y 67,10–38,58 g/100 g, respectivamente. La torta prensada de canola y de camelina, y la cáscara de linaza exhibieron las concentraciones más altas de polifenoles: 2891, 2549 y 1672 mg GAE/100 g, respectivamente.	Las emulsiones estabilizadas por la torta prensada de camelina, la cáscara de lupino y los subproductos de lupino ($\geq 3,5\%$, p/p) fueron muy estables frente a cremación durante 45 días de almacenamiento.	Burgos-Díaz y col. ⁵⁴
Residuos de plumas de calamar	β -quitina extraída de plumas de calamar.	La incorporación de un film de β -quitina con adición de extracto de elderberry a un pescado fresco envasado permite el monitoreo de la frescura durante el período de almacenamiento de 7 días.	Cabrera-Barjas y col. ⁵⁵
Hojas de maqui (<i>Aristotelia chilensis</i>)	Polifenoles de extractos metanólico y etil-eter de hojas de maqui.	La incorporación de un extracto metanólico de hojas de maqui aumentó la estabilidad termo-oxidativa del aceite de oliva.	Flores y col. ⁶⁴

EAG: equivalentes de ácido gálico. **** No involucra información sobre funcionalidad de subproductos.

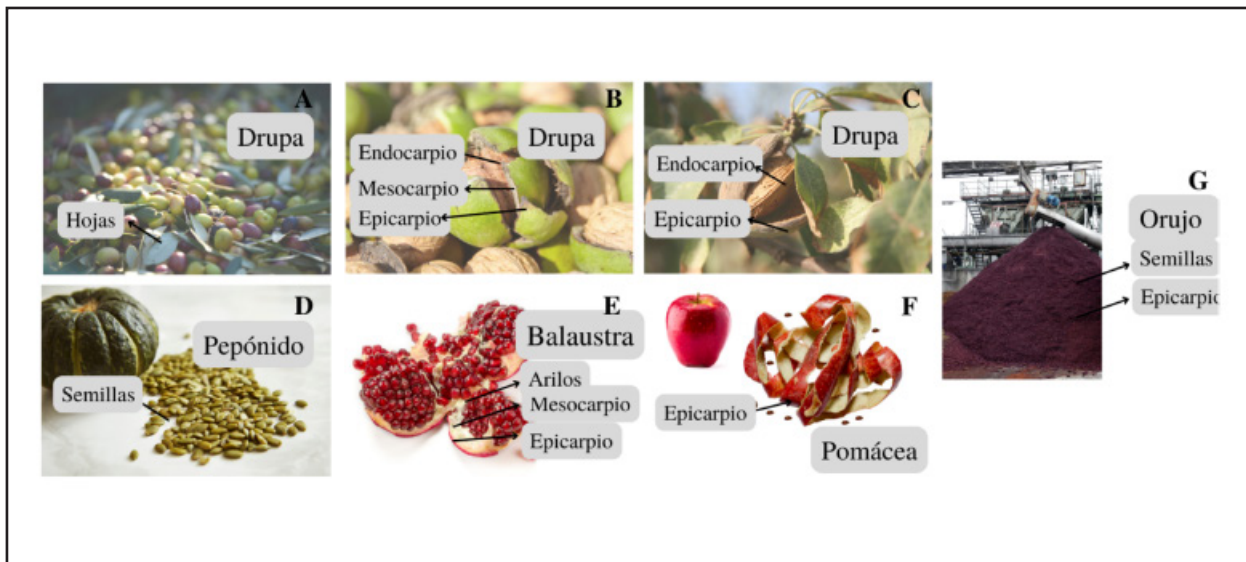


Figura 1: Ejemplos de alimentos y sus partes estudiadas como subproductos. (A) Hojas de olivo, (B) Epicarpio de nuez, (C) Cáscara de almendra, (D) Semillas de calabaza, (E) Cáscara de granada, (F) Cáscara de manzana, (G) Orujo de vid vinífera.

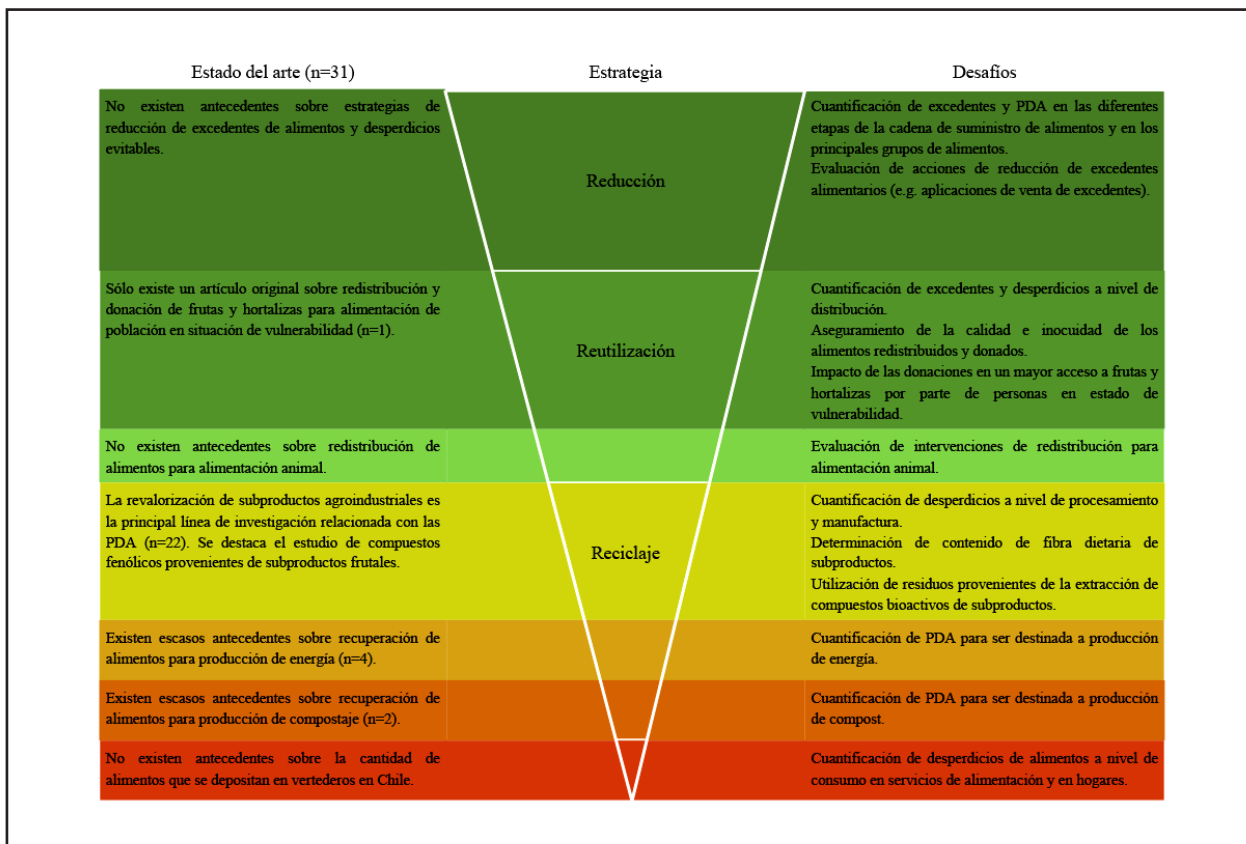


Figura 2: Estrategias de reducción, reutilización y reciclaje en la recuperación de alimentos en Chile y potenciales desafíos.

La reutilización se describe como la segunda mejor estrategia para reducir la PDA desde el punto de vista medioambiental^{16,17,18}. Sin embargo, en esta revisión sólo se observó una investigación sobre redistribución de alimentos y donación que apunta hacia la estrategia de reutilización. Por lo tanto, surgen desafíos sobre cuantificación de PDA y diseño de estrategias a nivel de distribución mayorista, minorista o retail. En especial, considerando por ejemplo, la amplia cobertura que tienen las ferias libres a lo largo del territorio nacional⁶⁷. En este sentido, los desperdicios de alimentos se asocian principalmente al comportamiento de distribuidores (e.g. vendedores)² quienes podrían ser involucrados en futuras investigaciones de redistribución y donaciones de alimentos. Preservar la calidad e inocuidad de los alimentos donados también constituye un desafío a nivel del diseño de estrategias; por ejemplo, la optimización en el manejo de tiempos y temperaturas de almacenamiento, como la innovación de envases que permitan preservar condiciones básicas de los alimentos.

La revalorización de subproductos agroindustriales (n= 22) sumada a la recuperación de alimentos para producción de energía (n= 4) y de compostaje (n= 2) hacen que el reciclaje sea la estrategia más investigada en Chile. La revalorización de subproductos, y la recuperación de alimentos para la producción de energía y de compostaje son acciones de preferencia intermedia desde el punto de vista medioambiental^{16,17,18}. Frente a esto, se hace necesario avanzar hacia la investigación de acciones que apunten más hacia la reducción y reutilización que al reciclaje. Sin embargo, la revalorización de partes no comestibles de alimentos es una oportunidad para la extracción de compuestos bioactivos para el desarrollo de nuevos productos; cuando éstas no pueden ser redistribuidas para alimentación animal. Las frutas y hortalizas tienen una fracción no comestible, que puede alcanzar el 60% de su peso⁵⁰. Esto implica que en la distribución y consumo de frutas y hortalizas siempre se producirá una cierta cantidad de “desperdicio inevitable”; independiente de la eficiencia en las prácticas para reducir o reutilizar los alimentos¹³. Si bien el foco en la reducción de desperdicios debe estar en aquellos desperdicios “evitables”. Al investigar sobre desperdicios, se debe distinguir desperdicios evitables, de los inevitables y de los excedentes^{5,16}. De esta manera, se puede dimensionar el potencial de recuperación de alimentos que de manera progresiva será reducir, reutilizar y reciclar.

CONCLUSIONES

La investigación en el área de PDA en el contexto chileno se observa desde el año 2007, con un aumento sostenido de publicaciones en las últimas dos décadas. La revalorización de subproductos agroindustriales es el principal tipo de acción investigada con especial énfasis en subproductos de frutales. La cuantificación de PDA es escasa pero necesaria para establecer líneas base que faciliten el monitoreo de intervenciones orientadas a prevenir y/o reducir la PDA, así como el cumplimiento de los ODS en el país La

revalorización de subproductos agroindustriales (n= 22) sumada a la recuperación de alimentos para producción de energía (n= 4) y de compostaje (n= 2) hacen que el reciclaje sea la estrategia más investigada. Frente a esto, se hace necesario avanzar hacia la investigación de acciones que apunten más hacia la reducción y reutilización. Para esto se requiere de esfuerzos de equipos interdisciplinarios que permitan abordar desafíos para la investigación en reducción y reutilización.

Agradecimientos. Al profesor Miguel Gómez de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica por sus consejos en cuanto a morfología de frutos. La Figura 1 fue elaborada usando fotografías obtenidas por licencia Canva.

REFERENCIAS

1. Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Otterdijk V, Meybeck A. *Global food losses and food waste*. Rome; 2011. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf>
2. FAO. *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. The State of the World series of the Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome; 2019.
3. Adhikari BK, Barrington S, Martinez J. Predicted growth of world urban food waste and methane production. *Waste Manag Res*. 2006; 24(5): 421-433.
4. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022*. Rome: FAO; 2022. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213858722002200>
5. Papargyropoulou E, Lozano R, K. Steinberger J, Wright N, Ujang Z Bin. The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *J Clean Prod*. 2014; 76: 106-115.
6. Adamashvili N, Chiara F, Fiore M. Food Loss and Waste, a global responsibility?! *Econ Agro-alimentare*. 2020; 21(3): 825-846.
7. Roe BE, Qi D, Bender KE. Some issues in the ethics of food waste. *Physiol Behav* 2020; 219: 112860.
8. Smil V. Improving efficiency and reducing waste in our food system. *Environ Sci*. 2004; 1(1): 17-26.
9. Hodges RJ, Buzby JC, Bennett B. Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: Opportunities to improve resource use. *J Agric Sci*. 2011; 149(S1): 37-45.
10. CEC. *Technical report: Quantifying food loss and waste and its impacts*. Montreal (Quebec); 2019. Available from: <http://www3.cec.org/islandora/en/item/11813-technical-report-quantifying-food-loss-and-waste-and-its-impacts-en.pdf>
11. Jörissen J, Priefer C, Bräutigam KR. Food waste generation at household level: Results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany. *Sustain*. 2015; 7(3): 2695-2715.
12. Hoj SB. *Metrics and measurement methods for the monitoring and evaluation of household food waste prevention interventions*. University of South Australia; 2011.
13. Simunek J, Derflerova-Brazdova Z, Vitu K. Food wasting: A study among Central European four-member families. *Int Food Res J*. 2015; 22(6): 2679-2683.
14. Claudia G, Simone P, Matteo B, Luca F. Are questionnaires a reliable method to measure food waste? A pilot study on

- Italian households. *Br Food J.* 2018; 120(12): 2885-2897.
15. Garrone P, Melacini M, Perego A. Opening the black box of food waste reduction. *Food Policy.* 2014; 46: 129-139.
 16. Teigiserova DA, Hamelin L, Thomsen M. Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: Clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy. *Sci Total Environ.* 2020; 706: 136033.
 17. European Court of Auditors. Combating food waste: An opportunity for the EU to improve the resource-efficiency of the food supply chain. European Union - European Court of Auditors. Luxembourg; 2016. Available from: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR16_34/SR_FOOD_WASTE_EN.pdf
 18. United States Environmental Protection Agency. Food Recovery Hierarchy. 2019. Available from: <https://www.epa.gov/sustainable-management-food/food-recovery-hierarchy>
 19. Nations U. Sustainable Development Goals. 2015. Available from: <https://sdgs.un.org/goals>
 20. Hanson C. Guidance on interpreting sustainable development goal target 12.3. Washington, DC; 2017. Available from: <https://www.flwprotocol.org/wp-content/uploads/2017/08/Champions-12.3-Guidance-on-Interpreting-SDG-Target-12.3.pdf>
 21. Fabi C, English A. SDG 12.3.1: Global Food Loss Index. Rome; 2018. Available from: <http://www.fao.org/3/CA2640EN/ca2640en.pdf>
 22. Stöckli S, Niklaus E, Dorn M. Call for testing interventions to prevent consumer food waste. *Resour Conserv Recycl.* 2018; 136: 445-462.
 23. FAO. FAOSTAT. Food balances (2010-). 2022. Available from: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/FBS>
 24. Naciones Unidas. Uncertain times, unstable lives: Shaping our future in a changing world. United Nations Human Development Program 2022. Available from: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-09/IDH_2022_0.pdf
 25. ODEPA. Opportunities for Chilean agriculture in Southeast Asian markets 2020. Available from: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/70233/Articulo-Oportunidades-agricultura-chilena-Sudeste-Asiatico.pdf>
 26. ODEPA. Chilean Agriculture Overview. Odepa. 2019. Available from: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/09/panorama2019Final.pdf>
 27. Eguillor P, Acuña D. Food loss and waste in the agricultural sector: Advances and challenges. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2019. Available from: https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/02/articulo-perdida_desperdicios.pdf
 28. Bustamante A, García-Díaz D, Jiménez P, Valenzuela R, Pando ME, Echeverría F. Potential therapeutic effect for liver steatosis of polyphenols obtained from pomegranate peel *Rev Chil Nutr.* 2022; 49(1): 89-99.
 29. Nocetti D, Núñez H, Puente L, Espinosa A, Romero F. Composition and biological effects of goldenberry byproducts: an overview. *J Sci Food Agric.* 2020; 100(12): 4335-4346.
 30. Medina J, Monreal C, Barea JM, Arriagada C, Borie F, Cornejo P. Crop residue stabilization and application to agricultural and degraded soils: A review. *Waste Manag.* 2015; 42(9): 41-54.
 31. Velásquez E, Patiño Vidal C, Rojas A, Guarda A, Galotto MJ, López de Dicastillo C. Natural antimicrobials and antioxidants added to polylactic acid packaging films. Part I: Polymer processing techniques. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021; 20(4): 3388-3403.
 32. Rojas A, Velásquez E, Patiño Vidal C, Guarda A, Galotto MJ, López de Dicastillo C. Active PLA packaging films: Effect of processing and the addition of natural antimicrobials and antioxidants on physical properties, release kinetics, and compostability. *Antioxidants.* 2021; 10(12): 1976.
 33. Cáceres-Rodríguez P, Morales-Zúñiga M, Jara-Nercasseau M, Huentel-Sanhueza C, Jara-Vargas C, Solís-Bastías Y. Survey on family behavior with regard to food waste and determination of its nutritional cost, in a sample of households in Chile: Results of a pilot study. *Rev Española Nutr Humana y Dietética.* 2021; 25(3): 279-293.
 34. Fredes C, García F, Pérez MI, Fernández-Verdejo R. Exploring fruit and vegetable waste in homeless shelters that receive surplus donation from a wholesale market in Chile. *Sustainability.* 2020; 12(21): 8835.
 35. Cáceres P, Strasburg VJ, Morales M, Huentel C, Jara C, Solís Y. Determination of eco-efficiency in food waste generated at the household level: Pilot case in Chile. *Rev Ciencias Ambient.* 2021; 55(2): 295-310.
 36. Ventour L. The food we waste. Vol. 2, Food Waste Report v2. Banbury, Oxon; 2008. Available from: <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1944512>
 37. Elimelech E, Ert E, Ayalon O. Bridging the gap between self-assessments and measured household food waste: A hybrid valuation approach. *Waste Manag.* 2019; 95: 259-270.
 38. Blanke M. Challenges of reducing fresh produce waste in Europe-From farm to fork. *Agriculture.* 2015; 5(3): 389-399.
 39. Zan F, Dai J, Hong Y, Wong M, Jiang F, Chen G. The characteristics of household food waste in Hong Kong and their implications for sewage quality and energy recovery. *Waste Manag.* 2018; 74: 63-73.
 40. Van Dooren C, Janmaat O, Snoek J, Schrijnen M. Measuring food waste in Dutch households: A synthesis of three studies. *Waste Manag.* 2019; 94: 153-164.
 41. Elimelech E, Ayalon O, Ert E. What gets measured gets managed: A new method of measuring household food waste. *Waste Manag.* 2018; 76: 68-81.
 42. García P, Fredes C, Cea I, Lozano-Sánchez J, Leyva-Jiménez FJ, Robert P, et al. Recovery of bioactive compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel using pressurized liquid extraction. *Foods.* 2021; 10(2): 203.
 43. Soto-Madrid D, Gutiérrez-Cutiño M, Pozo-Martínez J, Zúñiga-López MC, Olea-Azar C, Maticcevič S. Dependence of the ripeness stage on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts from industrial by-products. *Molecules.* 2021; 26(10): 2878.
 44. Henríquez C, Speisky H, Chiffelle I, Valenzuela T, Araya M, Simpson R, et al. Development of an ingredient containing apple peel, as a source of polyphenols and dietary fiber. *J Food Sci.* 2010; 75(6): H172-H181.
 45. Sanhueza L, García P, Giménez B, Benito JM, Matos M, Gutiérrez G. Encapsulation of pomegranate peel extract (*Punica granatum* L.) by double emulsions: Effect of the encapsulation method and oil phase. *Foods.* 2022; 11(3): 310.
 46. Rubilar M, Pinelo M, Shene C, Sineiro J, Nuñez MJ. Separation and HPLC-MS identification of phenolic antioxidants from agricultural residues: almond hulls and grape pomace. *J Agric Food Chem.* 2007; 55(25): 10101-10109.
 47. Guerrero-Castillo P, Reyes S, Robles J, Simirgiotis MJ, Sepulveda B, Fernandez-Burgos R, et al. Biological activity and chemical characterization of *Pouteria lucuma* seeds: A possible use of an agricultural waste. *Waste Manag.* 2019; 88: 319-327.

48. Vallejo-Castillo V, Rodríguez-Stouvenel A, Martínez R, Bernal C. Development of alginate-pectin microcapsules by the extrusion for encapsulation and controlled release of polyphenols from papaya (*Carica papaya* L.). *J Food Biochem*. 2020; 44(9): 1-17.
49. Galarce-Bustos O, Fernández-Ponce MT, Montes A, Pereyra C, Casas L, Mantell C, Aranda M. Usage of supercritical fluid techniques to obtain bioactive alkaloid-rich extracts from cherimoya peel and leaves: Extract profiles and their correlation with antioxidant properties and acetylcholinesterase and α -glucosidase inhibitory activities. *Food Funct*. 2020; 11(5): 4224-4235.
50. De Laurentiis V, Corrado S, Sala S. Quantifying household waste of fresh fruit and vegetables in the EU. *Waste Manag*. 2018; 77: 238-251.
51. Hernández D, Astudillo CA, Fernández-Palacios E, Cataldo F, Tenreiro C, Gabriel D. Evolution of physical-chemical parameters, microbial diversity and VOC emissions of olive oil mill waste exposed to ambient conditions in open reservoirs. *Waste Manag*. 2018; 79: 501-509.
52. Herrera-Bravo J, Beltrán-Lissabet JF, Saavedra K, Saavedra N, Hevia M, Alvear M, et al. Protective effect of Pinot noir pomace extract against the cytotoxicity induced by polycyclic aromatic hydrocarbons on endothelial cells. *Food Chem Toxicol*. 2021; 148: 111947.
53. Kessi E, Arias JL. Using natural waste material as a matrix for the immobilization of enzymes: Chicken eggshell membrane powder for β -galactosidase immobilization. *Appl Biochem Biotechnol*. 2019; 187(1): 101-115.
54. Burgos-Díaz C, Mosi-Roa Y, Opazo-Navarrete M, Bustamante M, Garrido-Miranda K. Comparative study of food-grade pickering stabilizers obtained from agri-food byproducts: Chemical characterization and emulsifying capacity. *Foods*. 2022; 11: 2514.
55. Cabrera-Barjas G, Radovanović N, Arrepol GB, de la Torre AF, Valdés O, Nešić A. Valorization of food waste to produce intelligent nanofibrous β -chitin films. *Int J Biol Macromol*. 2021; 186: 92-99.
56. Calabi-Floody M, Medina J, Suazo J, Ordiqueo M, Aponte H, Mora M de LL, et al. Optimization of wheat straw co-composting for carrier material development. *Waste Manag*. 2019; 98: 37-49.
57. Cea Pavez I, Lozano-Sánchez J, Borrás-Linares I, Nuñez H, Robert P, Segura-Carretero A. Obtaining an extract rich in phenolic compounds from olive pomace by pressurized liquid extraction. *Molecules*. 2019; 24(17): 3108.
58. Uribe E, Lemus-Mondaca R, Vega-Gálvez A, Zamorano M, Quispe-Fuentes I, Pasten A, et al. Influence of process temperature on drying kinetics, physicochemical properties and antioxidant capacity of the olive-waste cake. *Food Chem*. 2014; 147: 170-176.
59. Dueik V, Bouchon P. Development of polyphenol-enriched vacuum and atmospheric fried matrices: Evaluation of quality parameters and in vitro bioavailability of polyphenols. *Food Res Int*. 2016; 88(Pt A): 166-172.
60. Díaz-Galindo EP, Nesic A, Cabrera-Barjas G, Mardones C, von Baer D, Bautista-Baños S, et al. Physical-chemical evaluation of active food packaging material based on thermoplastic starch loaded with grape cane extract. *Molecules*. 2020; 25(6): 1306.
61. Escobar-Avello D, Avendaño-Godoy J, Santos J, Lozano-Castellón J, Mardones C, von Baer D, et al. Encapsulation of phenolic compounds from a grape cane pilot-plant extract in hydroxypropyl beta-cyclodextrin and maltodextrin by spray drying. *Antioxidants*. 2021; 10(7): 1130.
62. Zúñiga-López MC, Maturana G, Campmajó G, Saurina J, Núñez O. Determination of bioactive compounds in sequential extracts of chia leaf (*Salvia hispanica* L.) using UHPLC-HRMS (Q-Orbitrap) and a global evaluation of antioxidant in vitro capacity. *Antioxidants*. 2021; 10(7): 1151.
63. Nile A, Nile SH, Cespedes-Acuña CL, Oh J-W. Spiraeoside extracted from red onion skin ameliorates apoptosis and exerts potent antitumor, antioxidant and enzyme inhibitory effects. *Food Chem Toxicol*. 2021; 154: 112327.
64. Flores M, Reyes-García L, Ortiz-Viedma J, Romero N, Vilcanqui Y, Rogel C, et al. Thermal behavior improvement of fortified commercial avocado (*Persea americana* Mill.) oil with maqui (*Aristotelia chilensis*) leaf extracts. *Antioxidants*. 2021; 10(5): 664.
65. Fierascu RC, Fierascu I, Avramescu SM, Sieniawska E. Recovery of natural antioxidants from agro-industrial side streams through advanced extraction techniques. *Molecules*. 2019; 24(23): 4212.
66. Sanzana S, Rodríguez L, Barraza Barrionuevo H, Albornoz Poblete C, Maróstica Junior MR, Fuentes E, et al. Antiplatelet activity of *Cucurbita maxima*. *J Med Food*. 2021; 24(11): 1197-1205.
67. SERCOTEC. National Registry of Fresh Food Markets. Sercotec Communications Management. Santiago, Chile; 2016. Available from: <https://www.catastroferiaslibres.cl/>
68. Flores-Morales G, Díaz M, Arancibia-Avila P, Muñoz-Carrasco M, Jara-Zapata P, Toledo-Montiel F, Vega-Román E. Removal of nutrients from organic liquid agricultural waste using filamentous algae. *Braz J Biol*. 2021; 81(3): 544-550.
69. Donoso-Bravo A, Toledo-Alarcón J, Ortega V, Barría V, Lesty Y, Fontana J, et al. New findings on the anaerobic co-digestion of thermally pretreated sludge and food waste: Laboratory and pilot-scale studies. *Water Sci Technol*. 2021; 84(9): 2530-2540.
70. Muñoz P, Cordero C, Tapia X, Muñoz L, Candia O. Assessment of anaerobic digestion of food waste at psychrophilic conditions and effluent post-treatment by microalgae cultivation. *Clean Technol Environ Policy*. 2020; 22(3): 725-733.
71. Muñoz P. Assessment of batch and semi-continuous anaerobic digestion of food waste at psychrophilic range at different food waste to inoculum ratios and organic loading rates. *Waste Biomass Valor*. 2019; 10(8): 2119-2128.
72. Crutchik D, Rodríguez-Valdecantos G, Bustos G, Bravo J, González B, Pabón-Pereira C. Vermiproductivity, maturation and microbiological changes derived from the use of liquid anaerobic digestate during the vermicomposting of market waste. *Water Sci Technol*. 2020; 82(9): 1781-1794.