



IV CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

VIDA ÚTIL – INOCUIDAD – MEDIO AMBIENTE: *trade-offs* del mínimo procesamiento de frutas y hortalizas

Dra. Sofía Barrios

Tecnologías Aplicadas a Procesos Alimentarios (TAPA)

Instituto de Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

Organiza:



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Estructura de la presentación

Introducción

¿Qué queremos los consumidores?

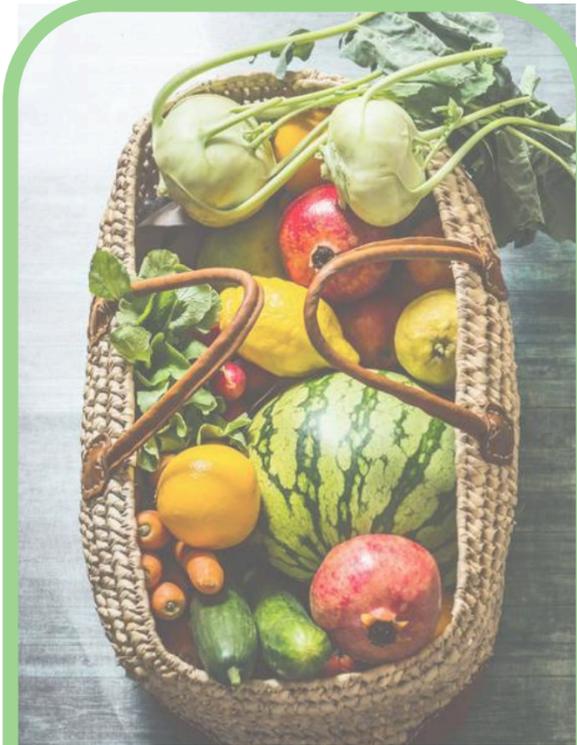
Trade-offs

Ejemplo 1: Inocuidad – vida útil – ambiente
Lavado y desinfección

Ejemplo 2: Inocuidad – vida útil – ambiente
Residuos de plaguicidas

Ejemplo 3: Vida útil – Ambiente
Envases

Ejemplo 4: Vida útil – Ambiente
Consumo energético



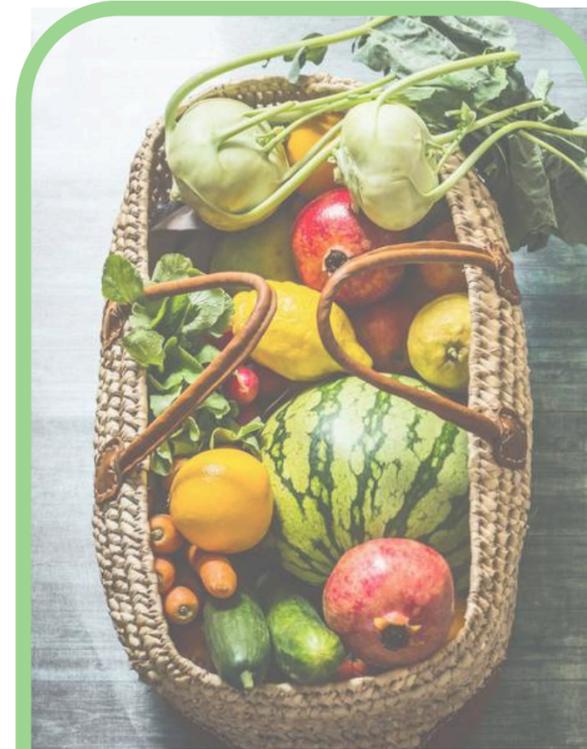
FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS (FyHMP)

Frutas y hortalizas que han sido sometidas a alguna operación como lavado, desinfección, pelado, cortado, con el fin extender su vida útil o lograr un producto pronto para consumir

Sector en expansión

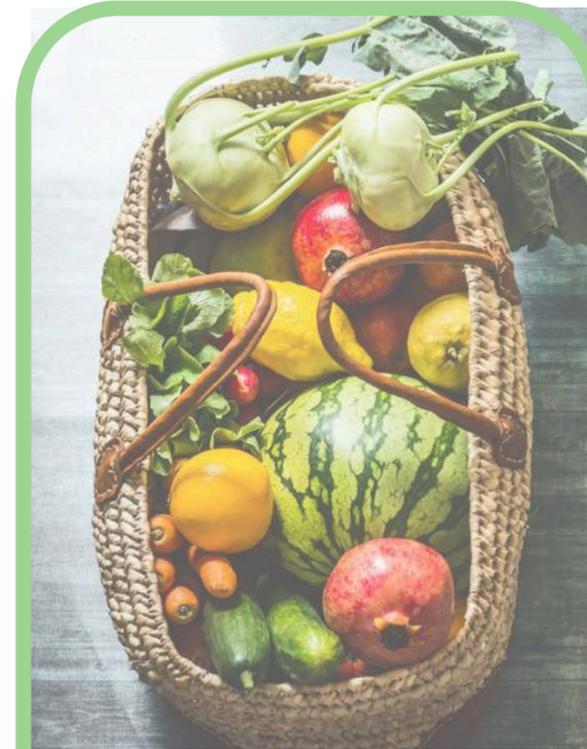
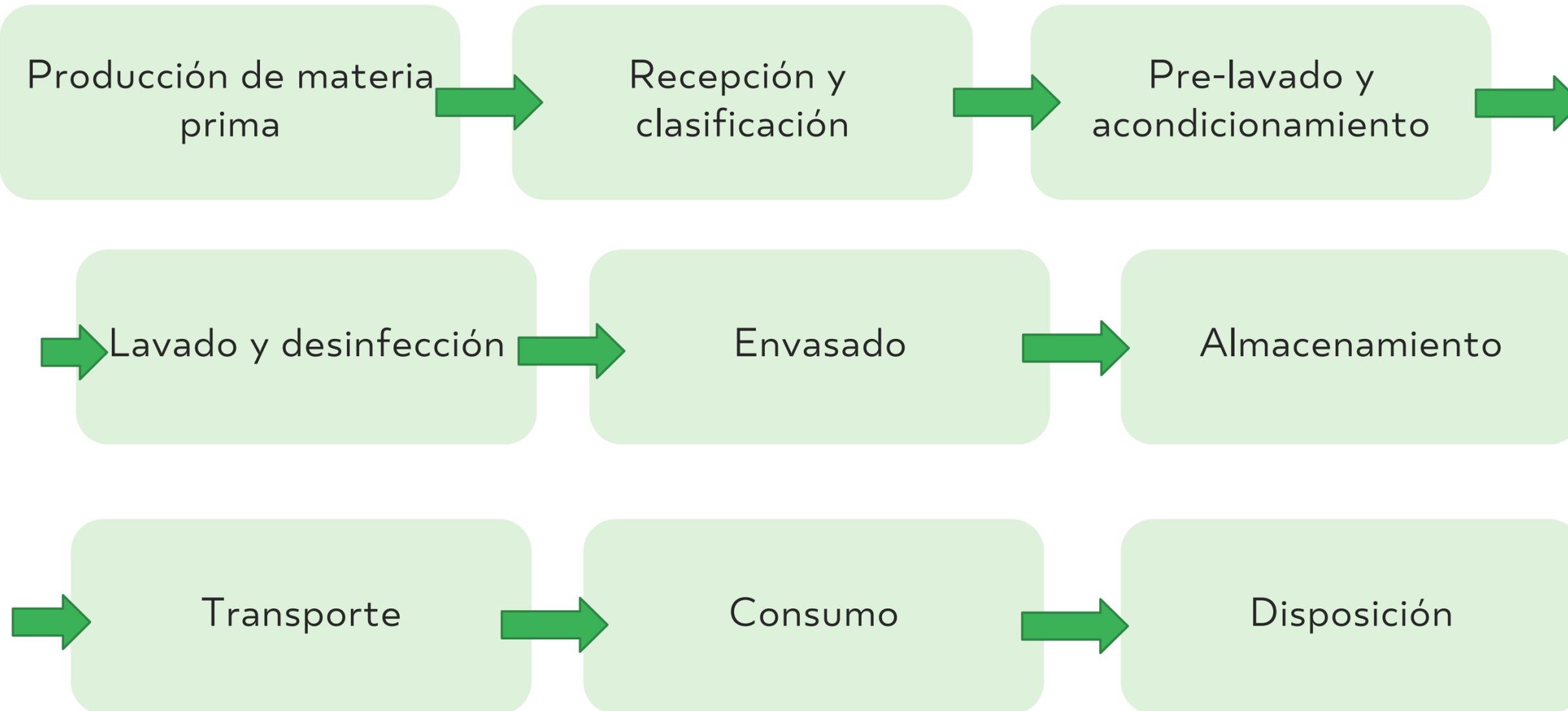
Principalmente ensaladas prontas para consumir (50 – 70%) y frutas cortadas prontas para consumir

Contribución a incrementar el consumo de F&V y transición a dietas basadas en plantas



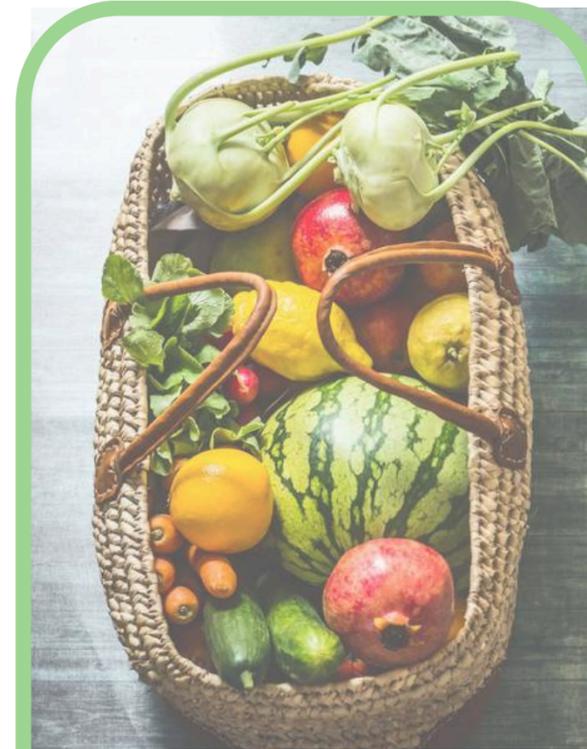
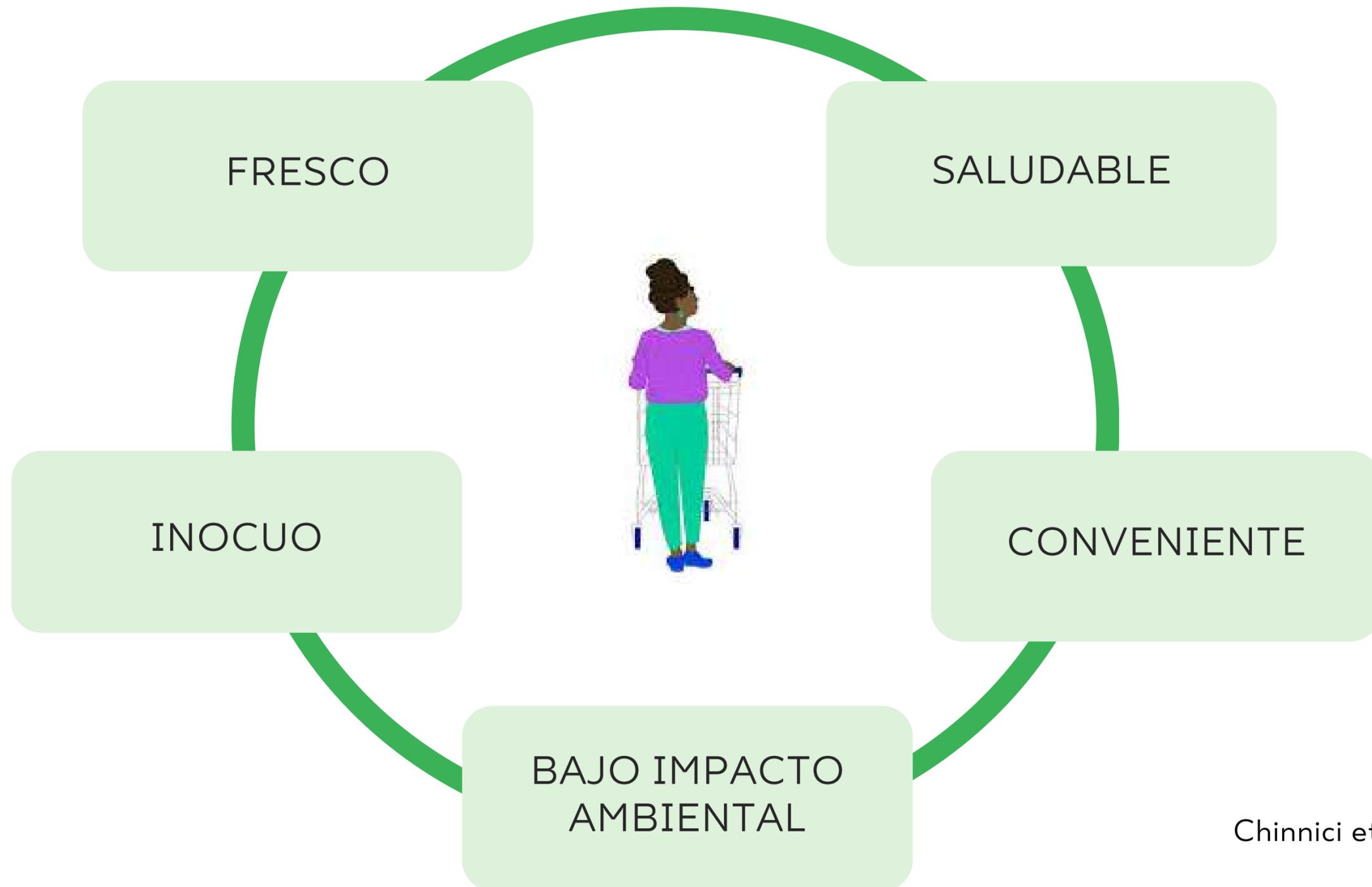
FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Proceso de producción



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

¿Qué queremos los consumidores?



Chinnici et al. (2019)

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

¿Qué queremos los consumidores?

FRESCO

Calidad lo más similar posible al producto original

SALUDABLE

Conserva su calidad nutricional
Sin aditivos

INOCUO

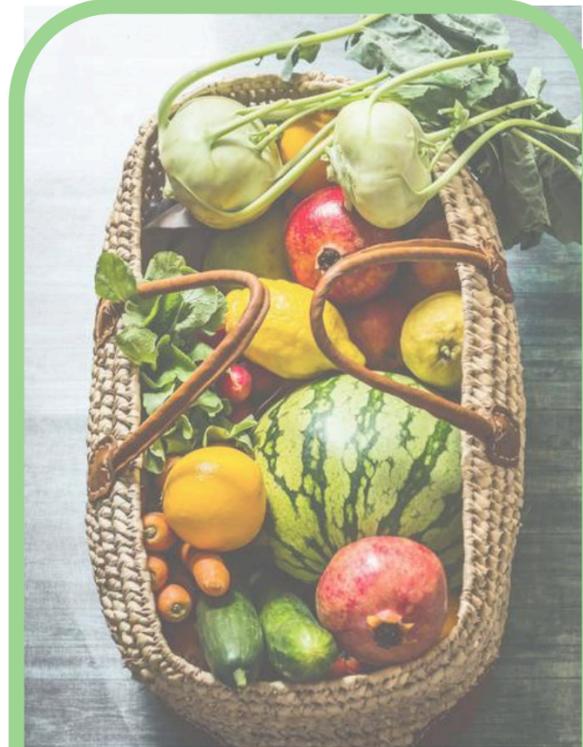
Ausencia de patógenos
Sin residuos químicos

CONVENIENTE

Pronto para consumir
Envasado

BAJO IMPACTO AMBIENTAL

Bioenvases
Baja huella de carbono y huella hídrica

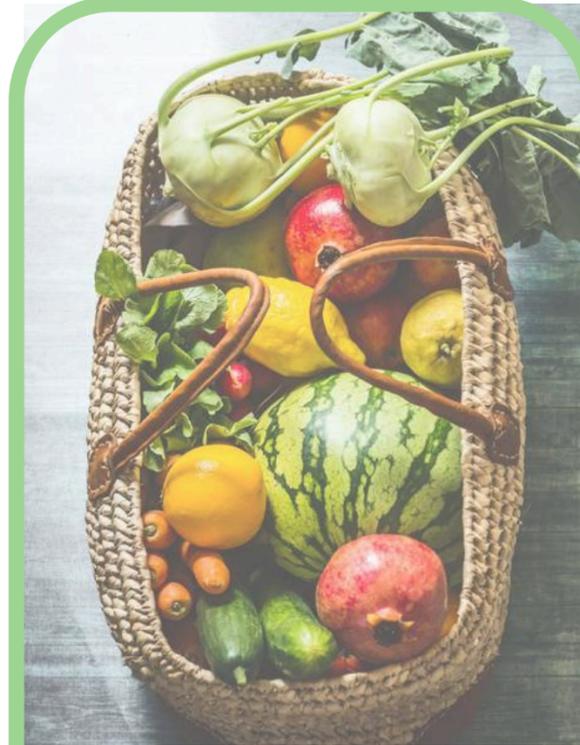
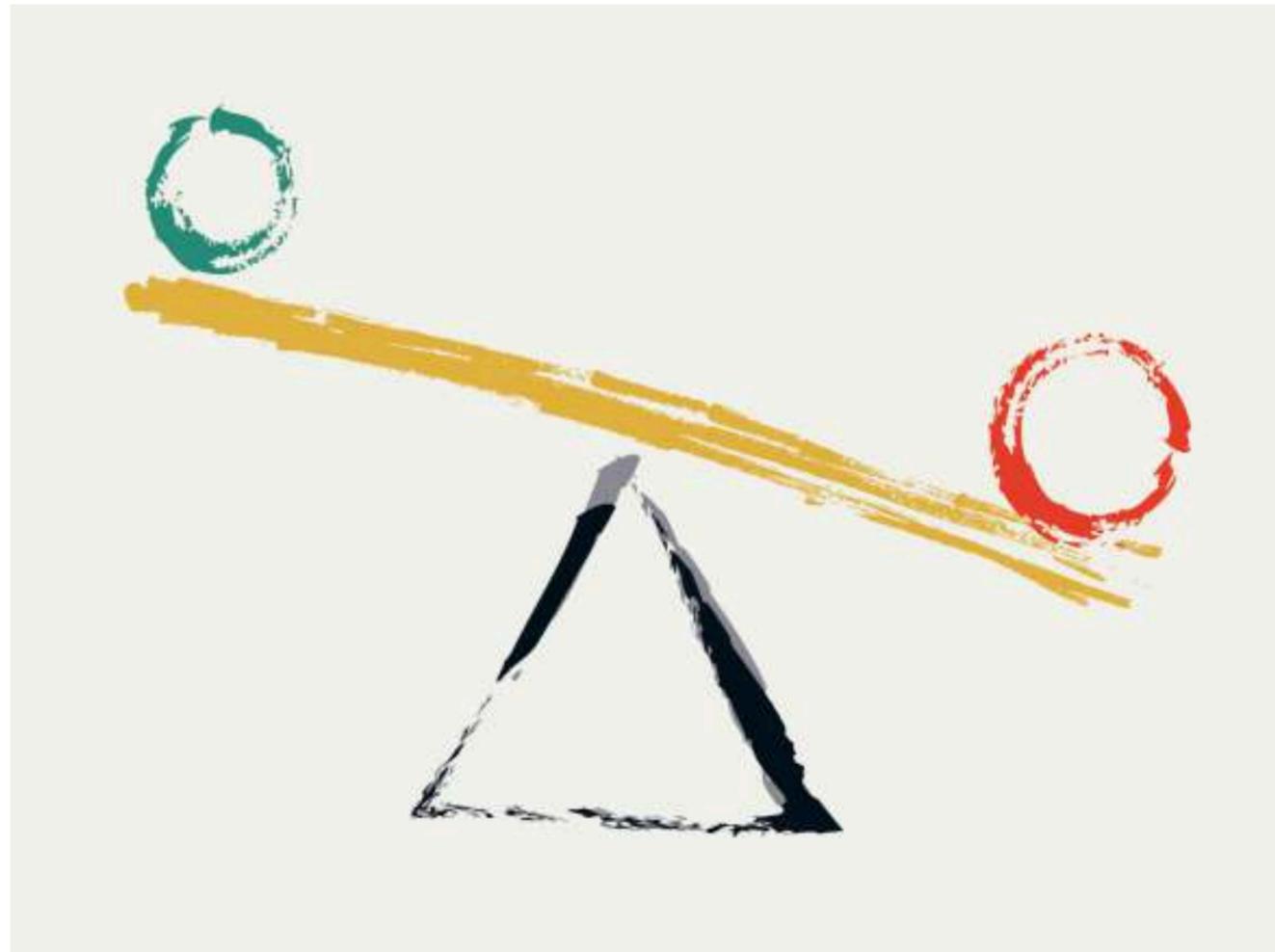


FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

¿Es todo esto posible a la misma vez?

TRADE-OFF
Situación en la que la resolución de un aspecto de un problema, requiere el sacrificio de otro aspecto



EJEMPLO #1

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

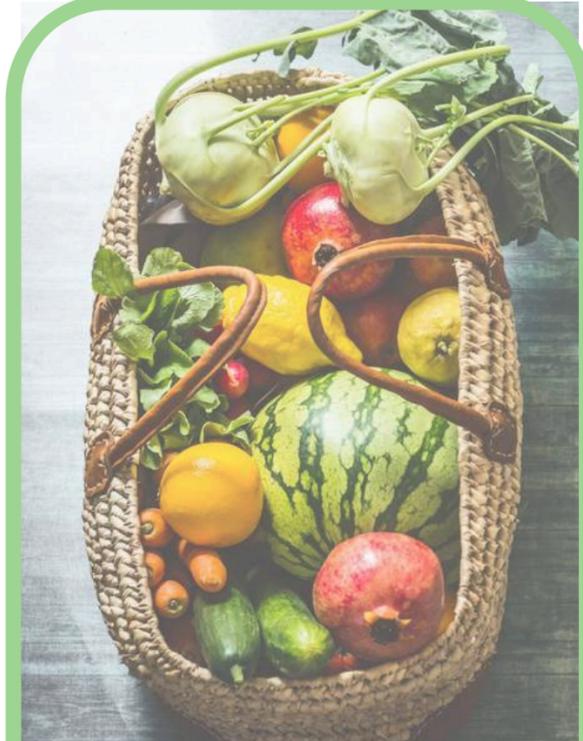


Garantizar la inocuidad y extender la vida útil de las FyHMP requiere LAVADO y DESINFECCIÓN aplicando agentes desinfectantes

Generación de subproductos potencialmente tóxicos

Generación de efluentes de alta carga orgánica

Raffo & Paoletti (2022)

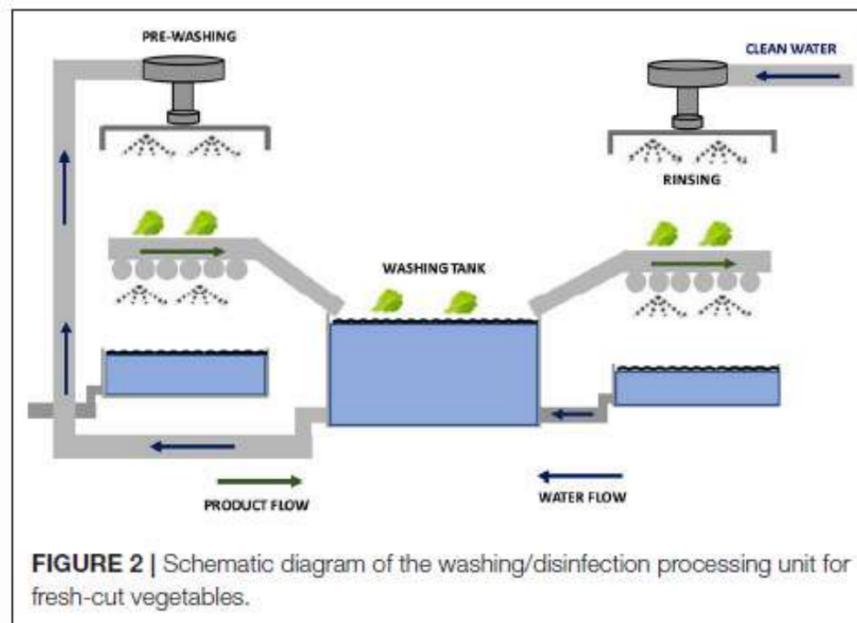


FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

LAVADO Y DESINFECCIÓN

Etapa clave en el procesamiento, cuyo objetivo es evitar la contaminación del agua de lavado



Raffo & Paoletti (2022)

A pesar de eso, la cantidad de agua utilizada en los procesos de lavado es enorme (90% del consumo total de una planta) – 2 a 11 m³/tonelada de producto

La aplicación del desinfectante permite alcanzar una calidad microbiológica satisfactoria en el producto, con un menor consumo de agua en el proceso

CLORO
(NaClO y ClO₂)

Generación de efluentes con alta carga orgánica (DQO) y concentración de subproductos de la desinfección (DBP)



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

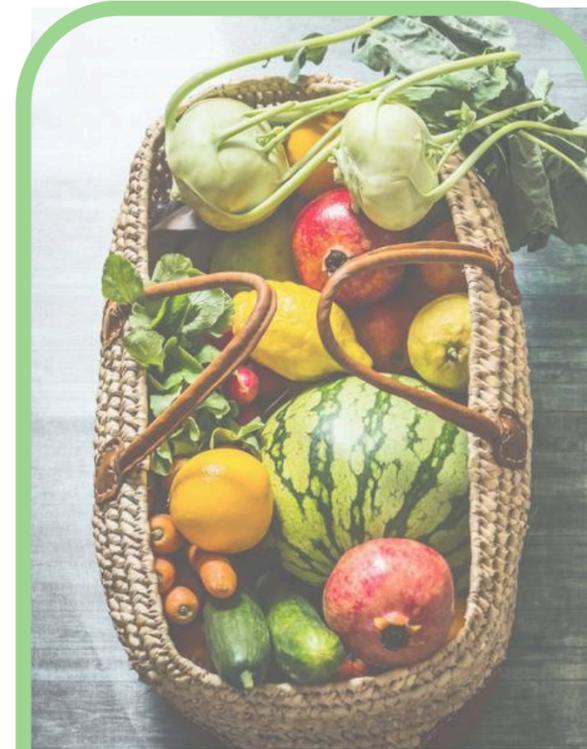
Subproductos de la desinfección (DBP)

- Resultan de la reacción de cloro con materia orgánica (ejemplo: THM, HAA)
- Están regulados sus niveles en agua de beber (aún no en alimentos)
- Resultan de la aplicación de NaClO (clorato ClO_3^-)
- Está regulado su nivel en alimentos

Nota: la aplicación de cloro está prohibida en Bélgica, Dinamarca, Alemania, Países Bajos y Suiza

Carga orgánica

- Resulta de la suciedad que acompaña a la materia prima y a los exudados que desprenden los productos luego del procesamiento
- Reduce la efectividad del cloro en la desinfección
- Representa un problema para las aguas residuales (alta DQO)

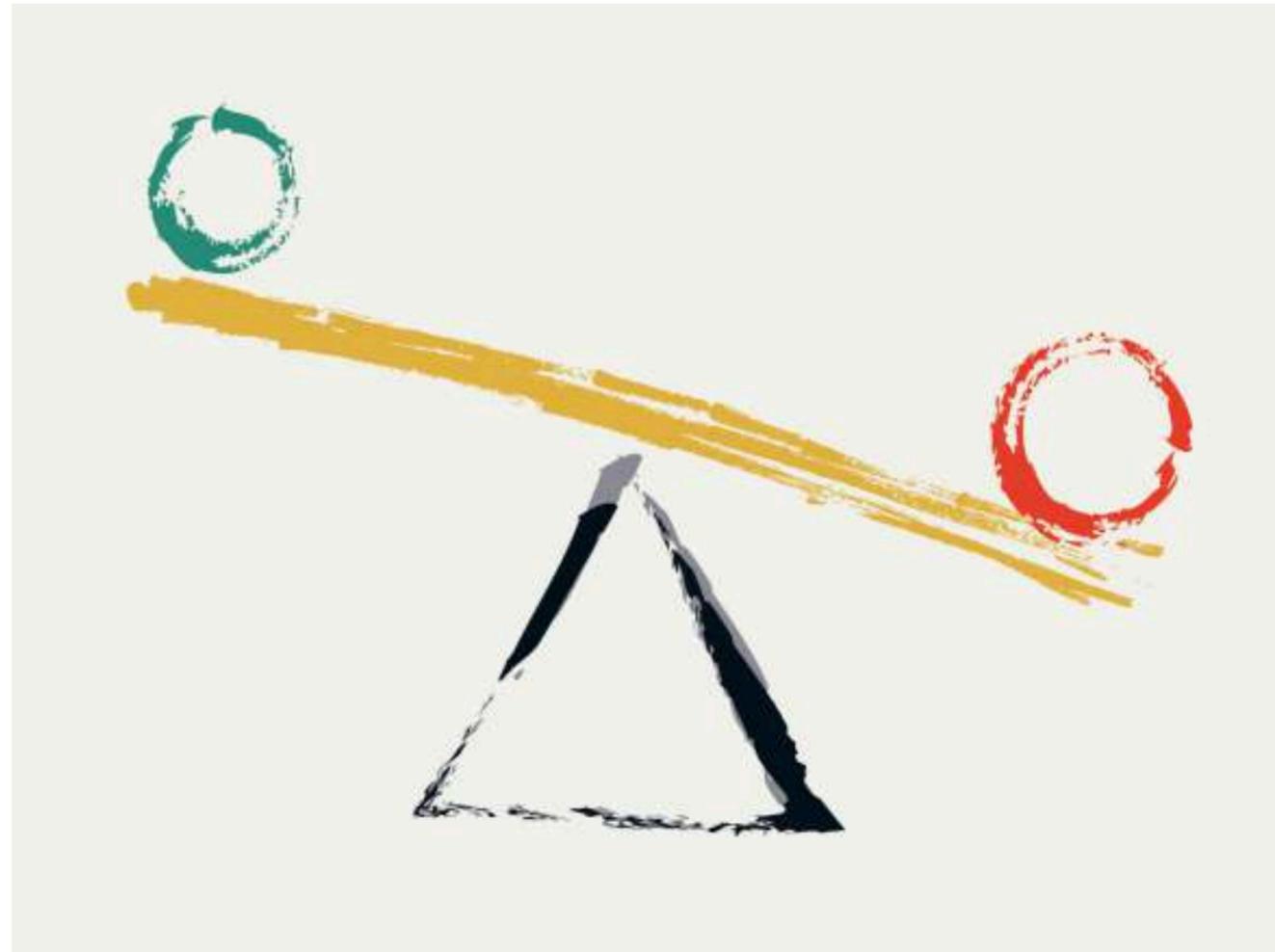


FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

INOCUIDAD MICROBIOLÓGICA

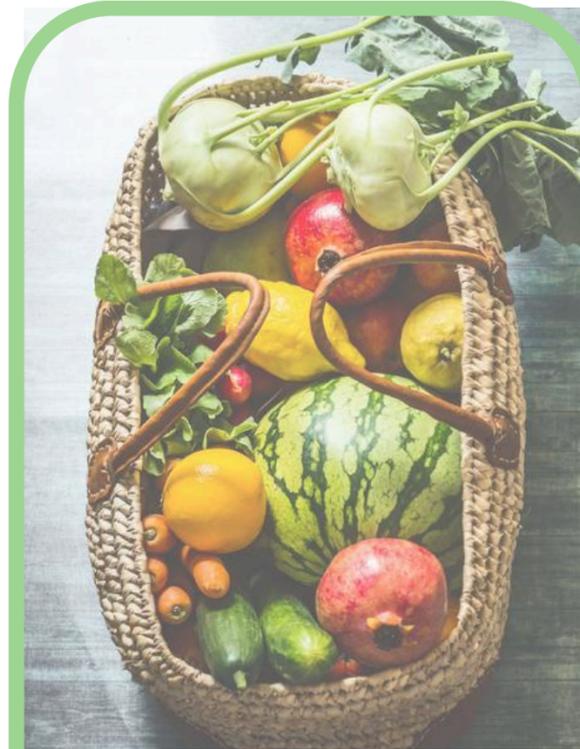
VIDA ÚTIL



INOCUIDAD QUÍMICA

MEDIO AMBIENTE

La necesidad de garantizar la inocuidad microbiológica entra en conflicto con la necesidad de minimizar el riesgo químico asociado a la formación de DBP y el impacto ambiental relacionado con el consumo de agua y la generación de efluentes



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

Optimización del proceso de lavado

(Tudela et al., 2019; López-Gálvez, Allende & Gil, 2022)

Determinar mínimo nivel de cloro necesario para lograr una calidad microbiológica satisfactoria reduciendo al mínimo la formación de DBPs.
(7 = 30 mg/L para NaClO; 3 mg/L ClO₂)

Alternativas al uso de Cloro

Desinfectantes químicos: ácido peracético, ozono, agua electrolizada, peróxido de hidrógeno

Métodos físicos: UV, ultrasonido

Métodos biológicos: bacteriocinas, enzimas

Combinación de métodos (2022)

Raffo & Paoletti (2022)



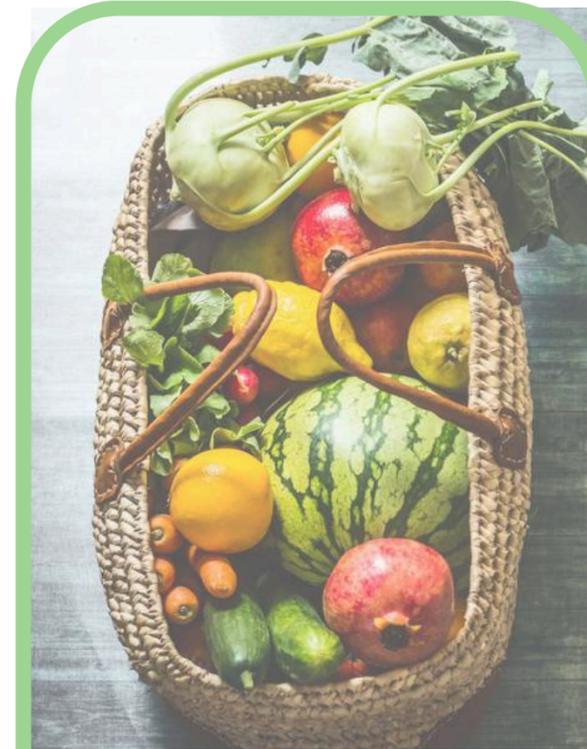
Chlorination management in commercial fresh produce processing lines

Juan A. Tudela, Francisco López-Gálvez, Ana Allende, María I. Gil*



Operational limits of sodium hypochlorite for different fresh produce wash water based on microbial inactivation and disinfection by-products (DBPs)

Juan A. Tudela, Francisco López-Gálvez, Ana Allende, Natalia Hernández, Silvia Andújar, Alicia Marín, Yolanda Garrido, María I. Gil*

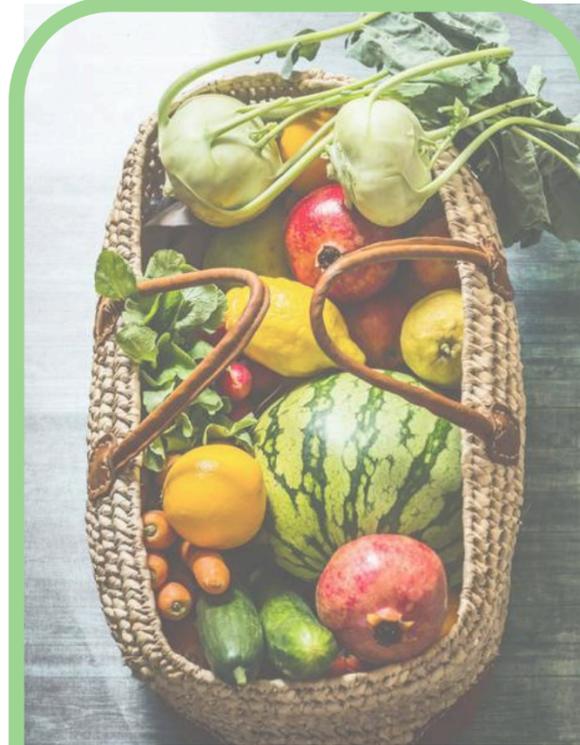


FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

Necesidad de un abordaje multidisciplinario de este *trade-off* y generación de más evidencia que permita

1. Priorizar los riesgos que presentan las FyHMP
2. Cuantificar de manera confiable el impacto ambiental
3. Aplicar herramientas de optimización multi-objetivo



frontiers
in Sustainable Food Systems

REVIEW
published: 14 January 2022
doi: 10.3389/fsufs.2021.681459



**Fresh-Cut Vegetables Processing:
Environmental Sustainability and
Food Safety Issues in a
Comprehensive Perspective**

Antonio Raffo* and Flavio Paoletti

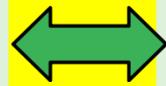
Raffo & Paoletti
(2022)

EJEMPLO #2

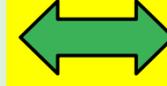
FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

INOCUIDAD



VIDA ÚTIL

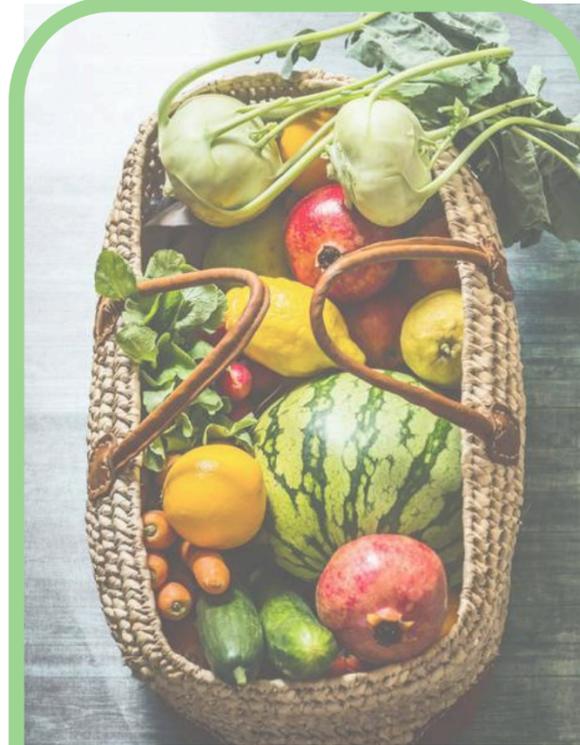


AMBIENTE

Lograr la inocuidad y calidad de las
FyHMP implica utilización de
agroquímicos

Exposición a residuos de
plaguicidas

Jankowska et al. (2019)



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

Science of the Total Environment 652 (2019) 1156–1167

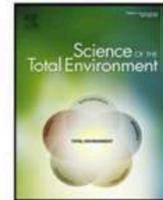


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



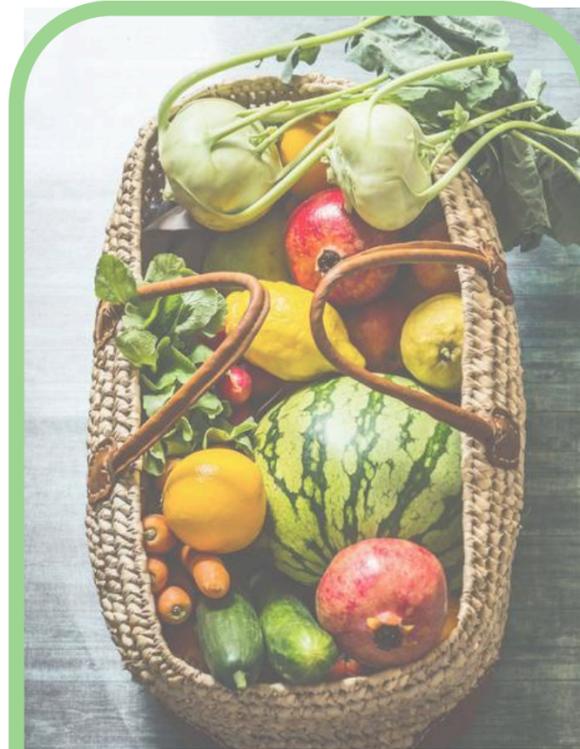
Comprehensive toxicological study over 160 processing factors of pesticides in selected fruit and vegetables after water, mechanical and thermal processing treatments and their application to human health risk assessment

Magdalena Jankowska *, Bożena Łozowicka, Piotr Kaczyński

Institute of Plant Protection National Research Institute, Laboratory of Food and Feed Safety, Chelmońskiego 22, Postal code: 15-195 Białystok, Poland

- Plaguicidas se aplican durante producción de F&V para lograr objetivos de calidad y rendimiento
- Se reportan residuos de plaguicidas de diferente naturaleza en diferentes F&V
- El efecto del procesamiento tiene que ver con las características fisicoquímicas del plaguicida y su modo de acción

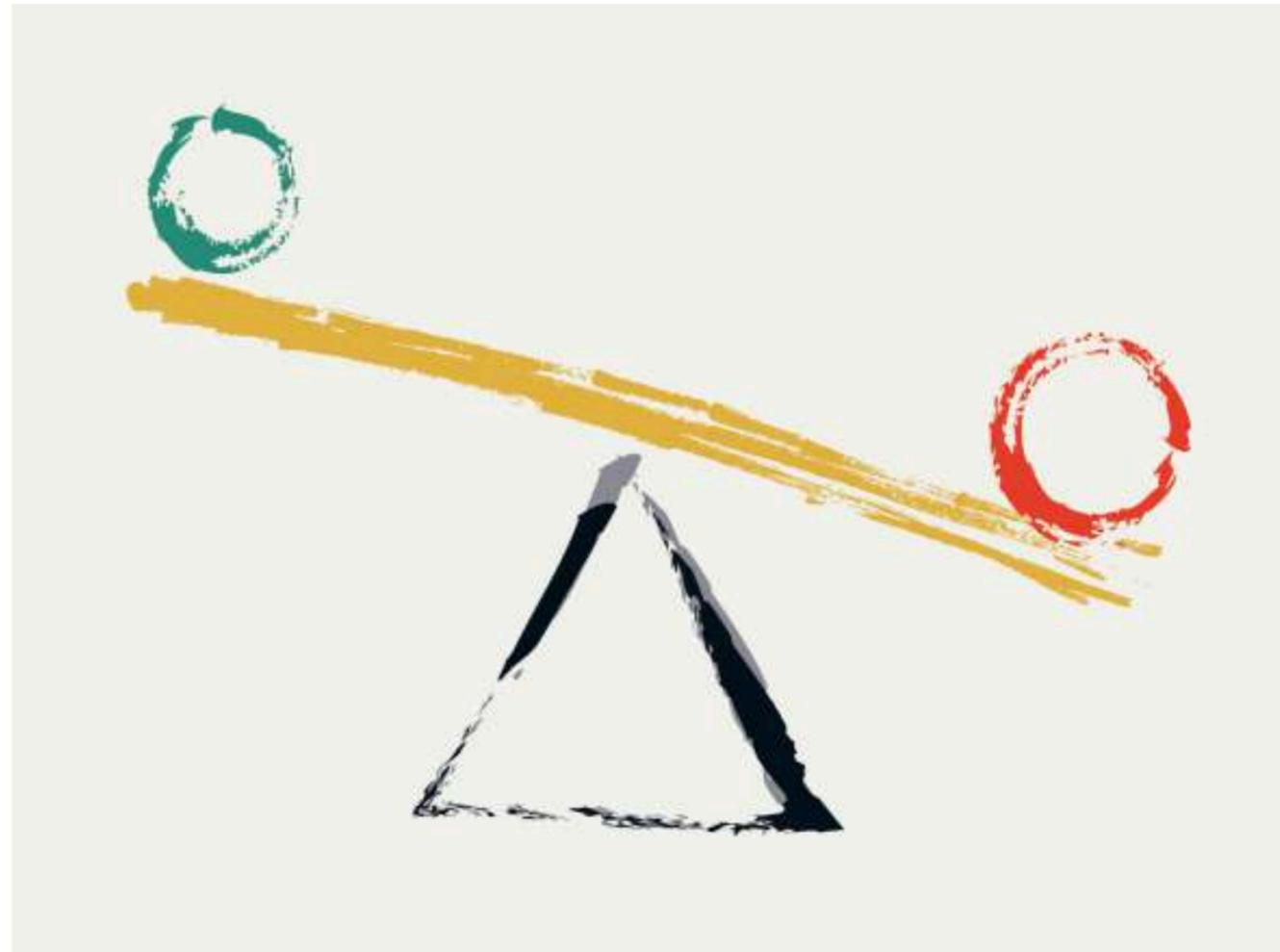
Tecnologías de procesamiento como lavado, operaciones mecánicas y tratamiento térmico pueden ayudar a reducir los niveles de residuos de plaguicidas



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

CALIDAD
INOCUIDAD
MICROBIOLÓGICA

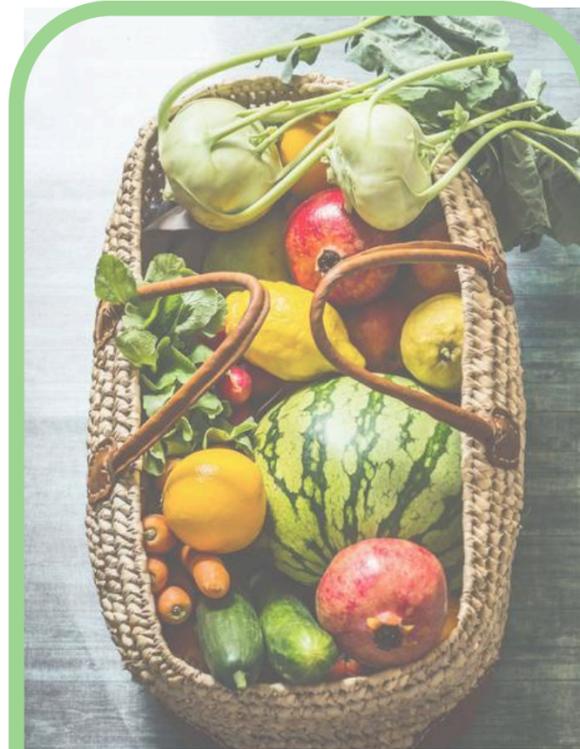


INOCUIDAD
QUÍMICA

MEDIO AMBIENTE

VIDA ÚTIL

Tecnologías de procesamiento mínimo pueden tener un impacto positivo en exposición a residuos de plaguicidas pero a expensas de calidad y vida útil (e impacto ambiental)



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

ACS
FOOD
SCIENCE & TECHNOLOGY

pubs.acs.org/acsfoodscitech

Article

Food Safety and Shelf Life Improvement of Minimally Processed Strawberries

Fiamma Pequeño, Natalia Besil, Mariana Sirio, Sofía Barrios, Patricia Lema, Horacio Heinzen, and María Verónica Cesio*

 Cite This: <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00193>

 Read Online



Operaciones mecánicas en el procesado mínimo

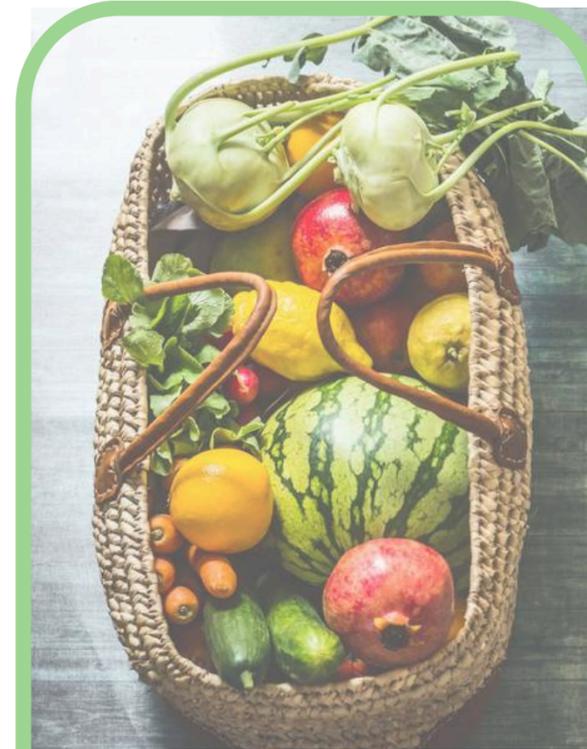
Oxígeno y microorganismos pueden causar degradación de pesticidas durante el envasado



¿Cómo influye en procesamiento mínimo y el Envasado en Atmósfera Modificada en el contenido de residuos de plaguicidas en frutillas?

Pequeño et al. (2023)

Tesis doctoral de Fiamma Pequeño: “Aseguramiento de la inocuidad alimentaria en alimentos mínimamente procesados”



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

Table 2. Processing Factors ($n = 3$) for Each Treatment Applied Calculated for Each Pesticide^a

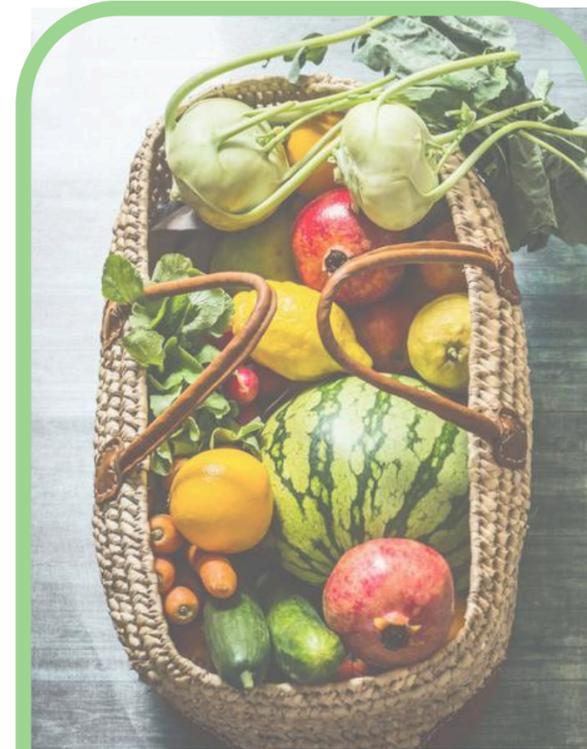
treatment	azoxystrobin	carbendazim	difenoconazole	propamocarb	spinosad
washing	0.62 A	0.64 A	0.88 A	0.83 A	0.79 A
calyx removal	0.45 B	0.45 B	0.31 B	0.41 B	0.55 B
disinfection with peracetic acid	0.92 C	0.80 C	0.86 B	0.97 B	<0.67 ^b
disinfection with NaClO	0.89 C	0.66 B	0.85 B	1.00 B	<0.50 ^b
cumulative processing factors	0.23	0.15	0.20	0.33	0.14

^aThe same capital letters between treatments for the same pesticide indicate no significant differences according to Tukey's test ($p > 0.05$).

^bPesticide concentration after disinfection treatment for Spinosad was lower than LOQ.

- Las etapas con mayor impacto en los residuos de plaguicidas fueron el lavado y la remoción del cáliz
- El lavado debería realizarse luego de extraer el cáliz
- La etapa de EAM y almacenamiento refrigerado no tuvo efecto sobre los residuos de plaguicidas

El procesamiento mínimo permitió alcanzar una remoción de entre 60 y 80% de los niveles iniciales de residuos de plaguicidas, además de extender la vida útil del producto

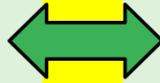


EJEMPLO #3

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

VIDA ÚTIL



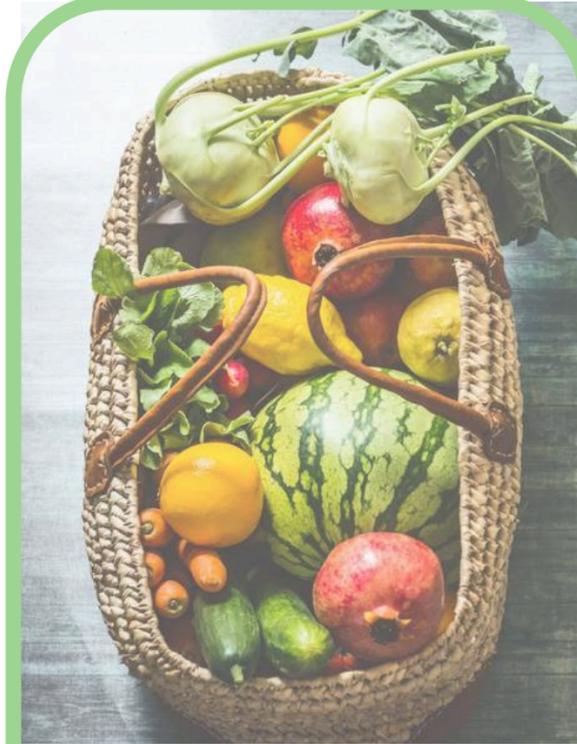
AMBIENTE

Las operaciones necesarias para producir FyHMP acelera los procesos de deterioro

En envasado es necesario para preservar integridad, inocuidad y para la extensión de vida útil



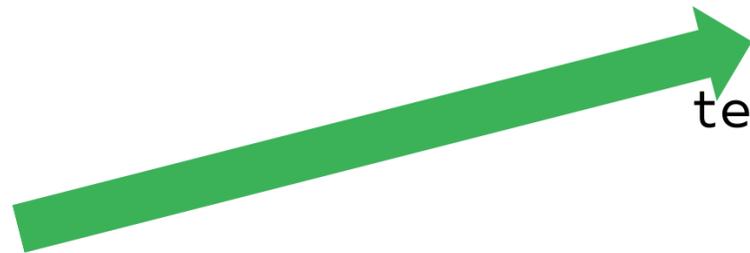
Utilización de envases plásticos con impacto directo e indirecto en el ambiente



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

Producción de plástico a nivel mundial

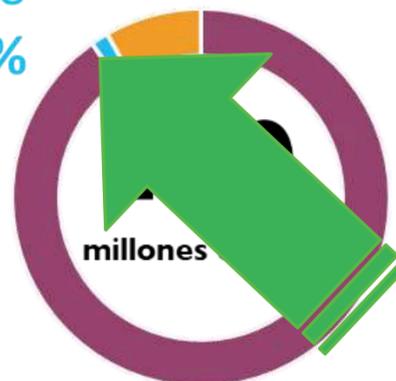


85%

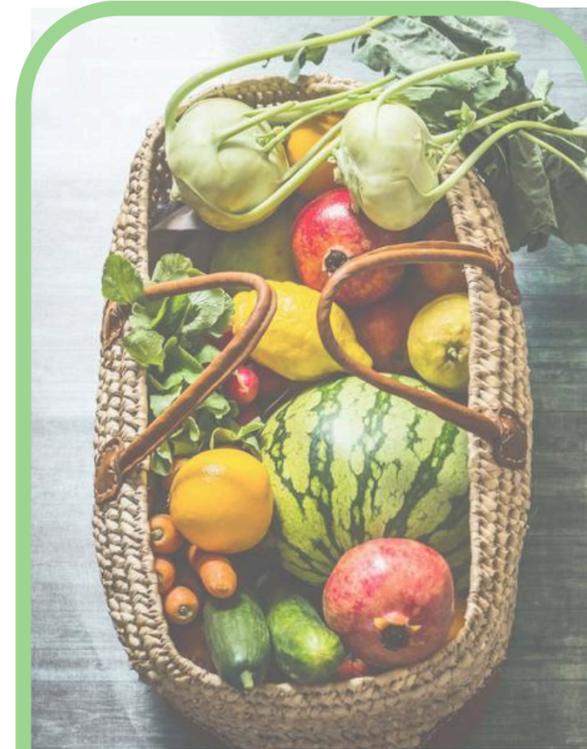
termina en vertederos o como residuos no regulados



Bioplástico
1.5%



Origen fósil
90.2%



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

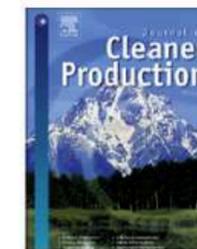
Journal of Cleaner Production 261 (2020) 121158



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro



Review

Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastic: A review

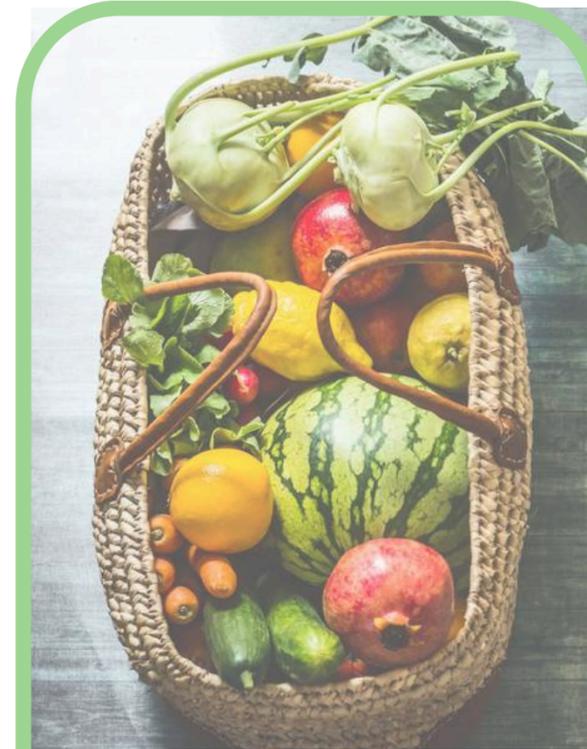
S. Walker^{a, b, *}, R. Rothman^{a, b}



^a Department of Chemical and Biological Engineering, University of Sheffield, S1 3JD, Sheffield, UK

^b Grantham Centre for Sustainable Futures, University of Sheffield, S3 7RD, Sheffield, UK

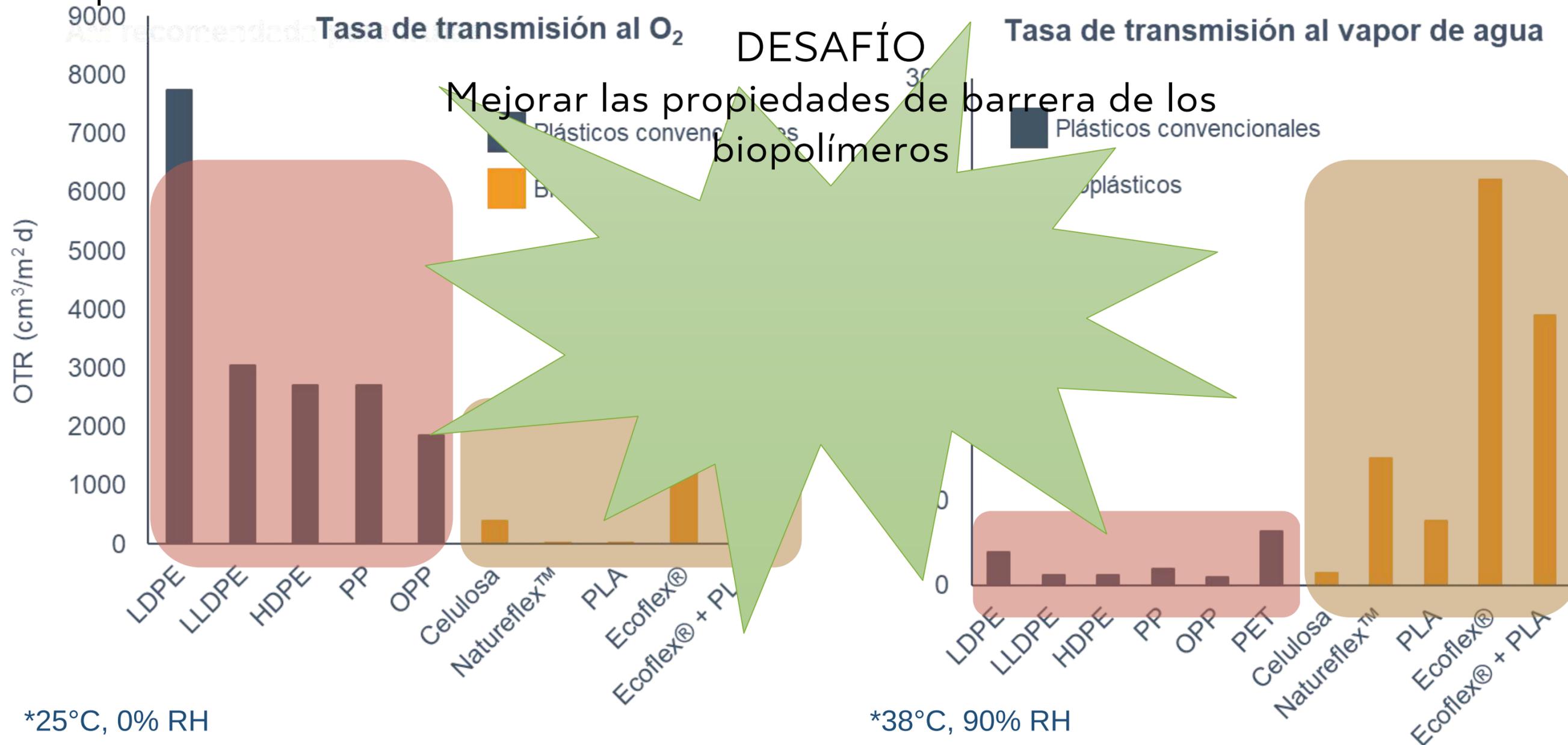
No existe evidencia suficiente para asegurar que el impacto ambiental de los bioplásticos es inferior a los plásticos tradicionales



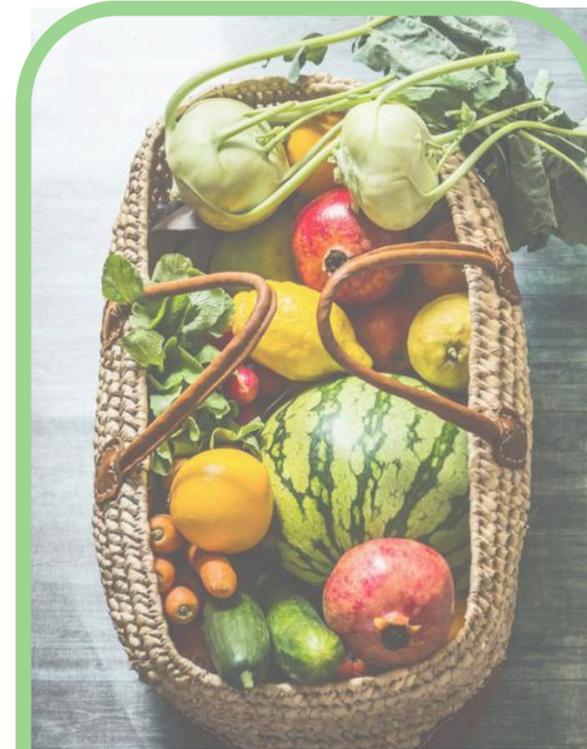
FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

Plásticos convencionales vs. Bioplásticos



Shaikh et al., 2021



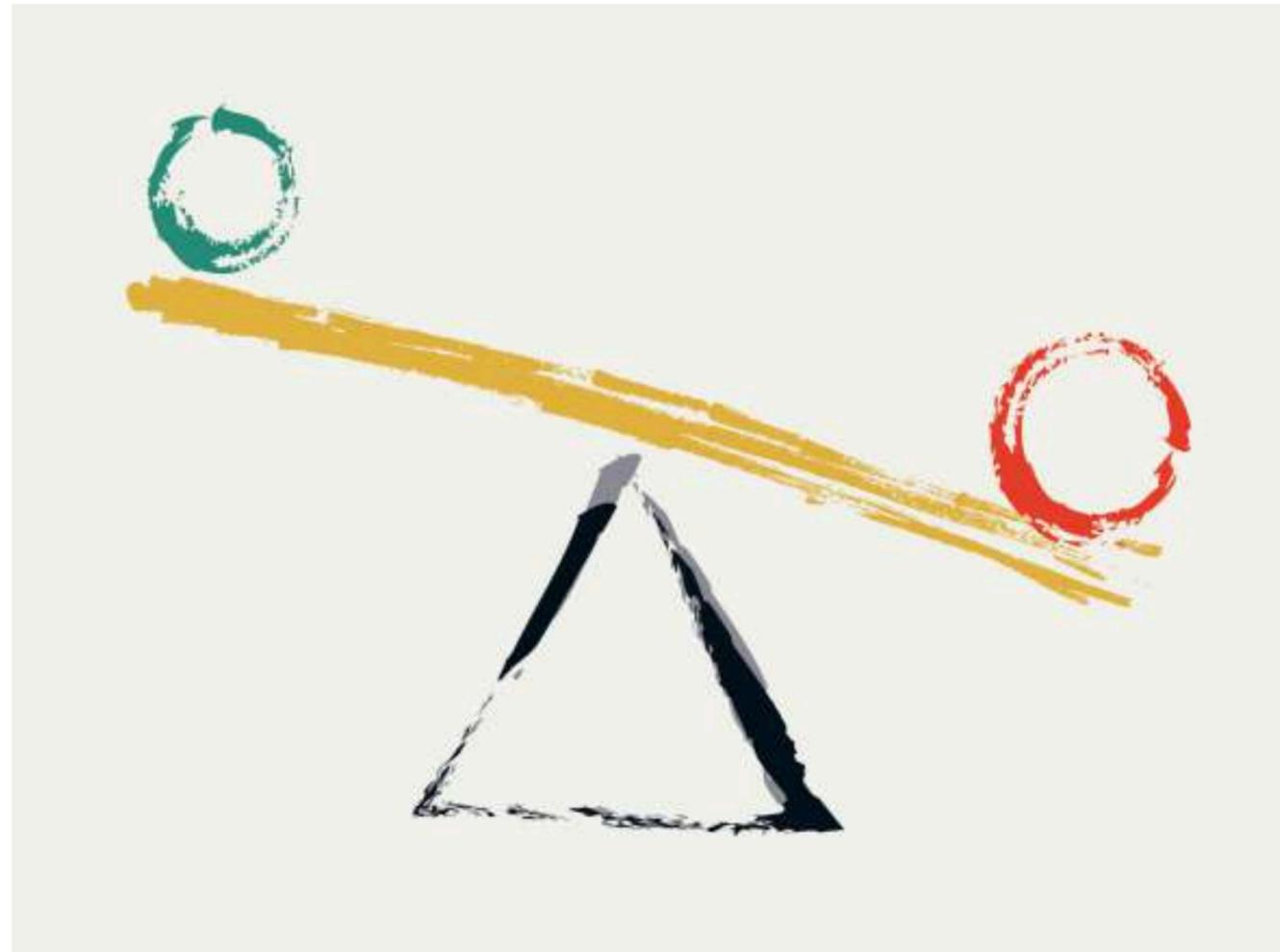
FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

VIDA ÚTIL

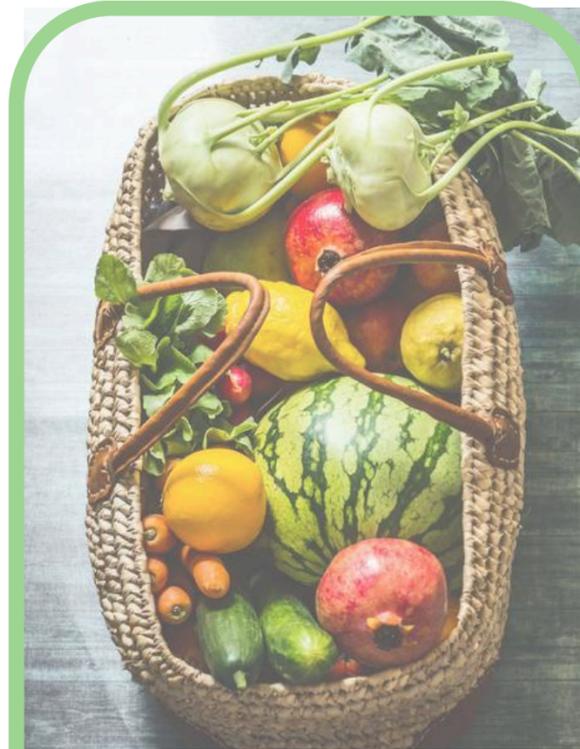
INOCUIDAD

PDA - AMBIENTE



MEDIO AMBIENTE

La producción de FyHMP contribuye a extender la vida útil, pero los envases utilizados tienen un significativo impacto ambiental, tanto por su producción como por su disposición



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs



Benefit of modified atmosphere packaging on the overall environmental impact of packed strawberries

Céline Matar^a, Thibault Salou^{b,c}, Arnaud Hélias^{b,c}, Caroline Pénicaud^d, Sébastien Gaucel^a, Nathalie Gontard^a, Stéphane Guilbert^a, Valérie Guillard^{a,*}

^a IATE, Agro polymers Engineering & Emerging Technology, Univ Montpellier, INRAE, Institut Agro, Montpellier & CIRAD, 2 place Pierre Viala, Bat 31, 34060, Montpellier cedex 01, France

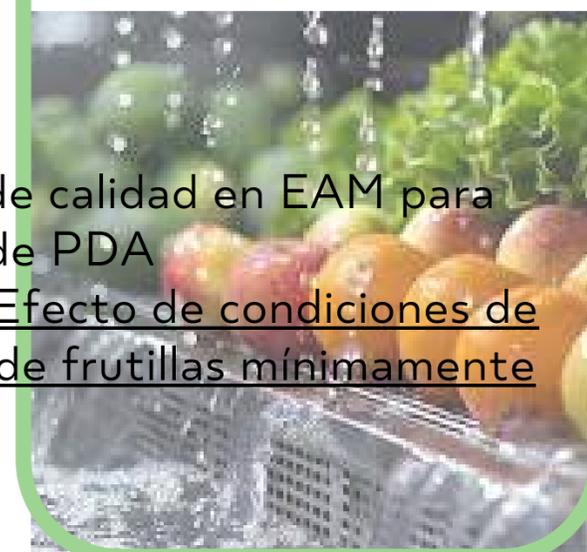
^b ITAP, Univ Montpellier, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

^c Elsa, Research group for Environmental Life cycle and Sustainability Assessment, Montpellier, France

^d Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 78850, Thiverval-Grignon, France



- LCA tienen en cuenta solamente el impacto negativo de la producción y disposición final de los envases utilizados para las FyHMP
- Pocos datos reportados de las pérdidas y desperdicios (PDA) de FyHMP que se evitan gracias a tecnologías adecuadas de envasado
- Matar et al. (2020) reportan hasta un 40% de reducción en las PDA cuando se aplica correctamente la tecnología de EAM



Controversia respecto a cuál problema contribuye más significativamente al impacto ambiental de las FyHMP

Los envases que efectivamente contribuyen a reducir las PDA pueden resultar una herramienta importante para reducir el impacto ambiental del procesamiento mínimo, aún si hubiera un aumento en el impacto directo del envase

Importancia de modelos predictivos de calidad en EAM para generación de datos de PDA
Tesis doctoral de Magdalena Irazoqui “Efecto de condiciones de envasado sobre parámetros de calidad de frutillas mínimamente procesadas”

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 **Postharvest Biology and Technology**

journal homepage: www.elsevier.com/locate/postharvbio

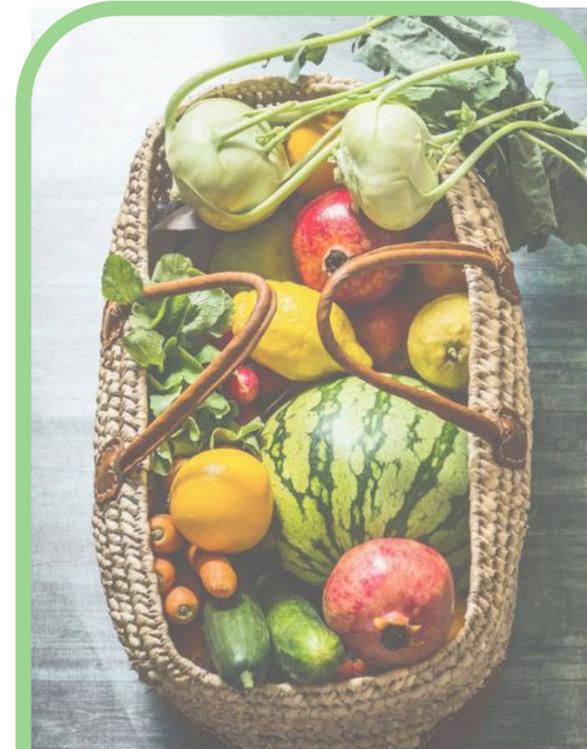




Benefit of modified atmosphere packaging on the overall environmental impact of packed strawberries

Céline Matar^a, Thibault Salou^{b,c}, Arnaud Hélias^{b,c}, Caroline Pénicaud^d, Sébastien Gaucel^a, Nathalie Gontard^a, Stéphane Guilbert^a, Valérie Guillard^{a,*}

^a IATE, Agro polymers Engineering & Emerging Technology, Univ Montpellier, INRAE, Institut Agro, Montpellier & CIRAD, 2 place Pierre Viala, Bat 31, 34060, Montpellier cedex 01, France
^b ITAP, Univ Montpellier, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France
^c Elsa, Research group for Environmental Life cycle and Sustainability Assessment, Montpellier, France
^d Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 78850, Thiverval-Grignon, France



Matar et al. (2021):

- Para productos altamente perecederos, el impacto directo del envasado es limitado.
- Para períodos cortos de almacenamiento (1 d), EAM a Tamb ofrece una alternativa más sostenible que alternativas refrigeradas
- Para períodos mayores de almacenamiento (3 d), EAM a Tamb no resulta más sostenible que el almacenamiento refrigerado
- Los resultados del LCA son altamente sensibles a los valores de PDA a nivel de *retail*

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

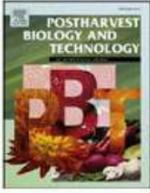
Trade-offs

Postharvest Biology and Technology 217 (2024) 113092

Contents lists available at ScienceDirect

Postharvest Biology and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/postharvbio



Modified atmosphere packaging using cellulose-based film (NatureFlex™) preserved quality and bioactive compounds of fresh-cut broccolis

Erika Paulsen^{a,*}, Diego A. Moreno^b, Patricia Lema^a

^a Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Julio Herrera y Reissig 565, Montevideo, Uruguay

^b Laboratorio de Fitoquímica y Alimentos Saludables (LabFAS), CEBAS, CSIC, Campus Universitario de Espinardo - 25, Espinardo E-30100, Spain

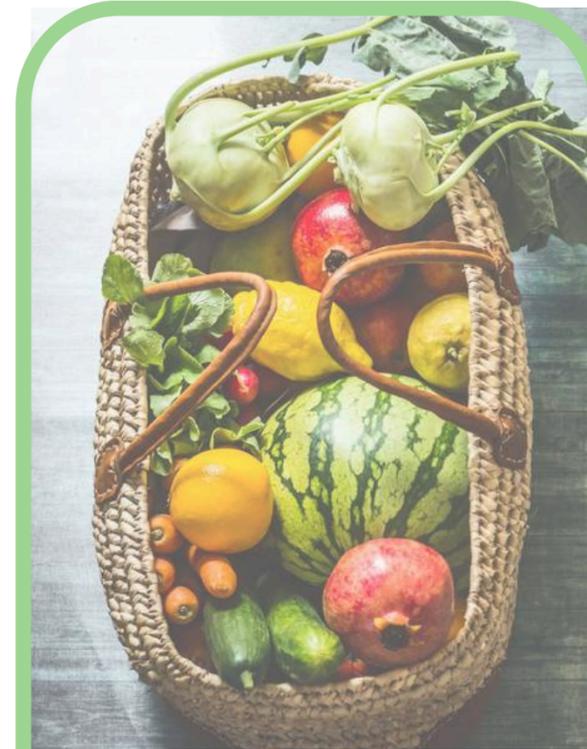


Paulsen, Moreno – Fernández & Lema (2024):

- Envasado de floretes de brócoli en films de celulosa perforados lograron una adecuada preservación de la calidad por 21 d a 4 °C
- Los films de celulosa tienen alta permeabilidad al vapor de agua, propiciando la pérdida de masa en el producto
- Está reportado que los bioenvases deberían mejorar sus propiedades de interacción con la humedad

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs



Article

Environmental Consequences of Shelf Life Extension: Conventional versus Active Packaging for Fresh-Cut Salads

Raquel Villanova-Estors¹, Diana Alexandra Murcia-Velasco^{2,3}, Adriana Correa-Guimarães^{1,2,*}, Gracia López-Carballo¹, Pilar Hernández-Muñoz¹, Rafael Gavara¹ and Luis Manuel Navas-Gracia^{2,*}

Villanova – Estors et al. (2023):

- Analizaron impactos de envases tradicionales vs. envase tradicional con aceite esencial de orégano
- Envasado activo permite una extensión de vida útil que reduciría al 30% la producción de hortalizas necesarias

Article

Sustainability Analysis of Active Packaging for the Fresh Cut Vegetable Industry by Means of Attributional & Consequential Life Cycle Assessment

Miguel Vigil^{*}, Maria Pedrosa-Laza, JV Alvarez Cabal and Francisco Ortega-Fernández

Vigil et al. (2020):

- Compararon envases tradicionales y bioenvases adicionados de nanopartículas antimicrobianas (envases activos)
- Concluyen que la reducción de PDA dada por la extensión de vida útil hacen del envasado activo una alternativa más sostenible tanto para bioenvases como para envases tradicionales



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

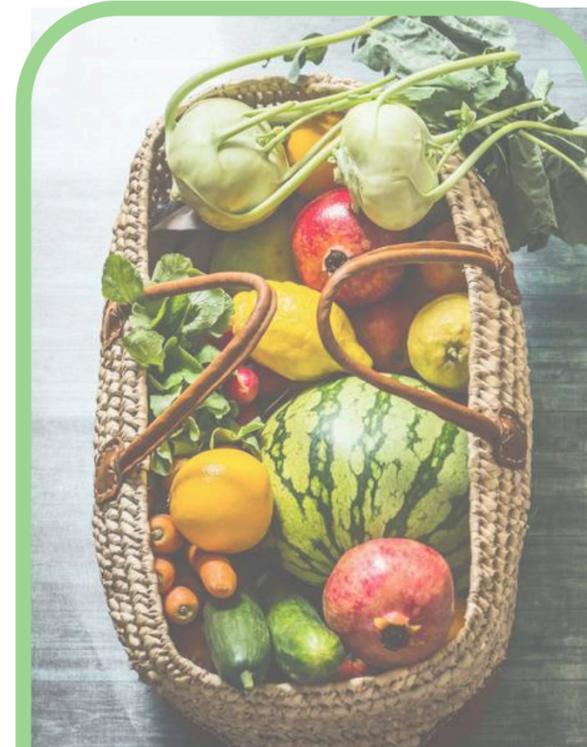
Trade-offs



Article

Reusable Plastic Crates (RPCs) for Fresh Produce (Case Study on Cauliflowers): Sustainable Packaging but Potential *Salmonella* Survival and Risk of Cross-Contamination

Francisco López-Gálvez ^{1,2}, Laura Rasines ^{1,2}, Encarnación Conesa ³, Perla A. Gómez ² , Francisco Artés-Hernández ^{1,2}  and Encarna Aguayo ^{1,2,*} 



López – Gálvez et al. (2021):

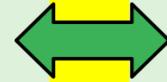
- Cajones plásticos reutilizables tienen un menor impacto ambiental comparado con cajas de cartón y madera de un solo uso
- Existe un mayor riesgo de contaminación cruzada de los productos cuando se utilizan materiales plásticos

EJEMPLO #4

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

VIDA ÚTIL



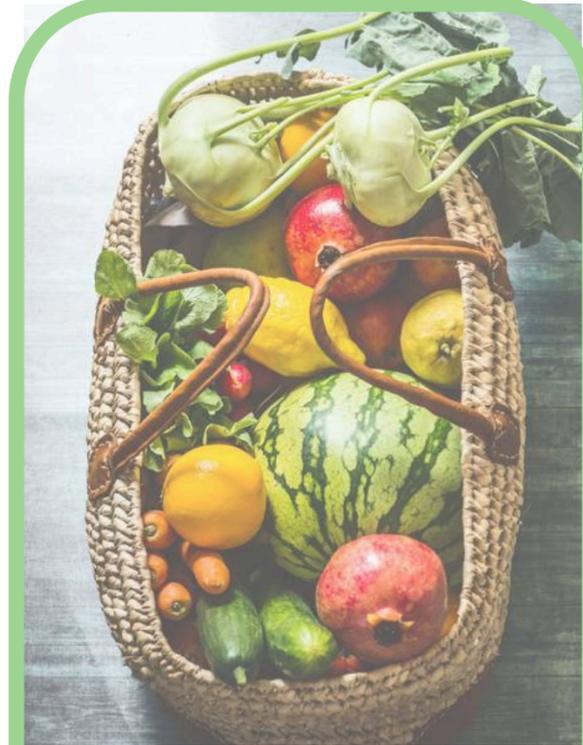
AMBIENTE

Aplicación de refrigeración para almacenamiento, producción y transporte de FyHMP

Acceso a diferentes puntos de venta/distribución

Reducción de PDA

Consumo de energía (combustibles, electricidad)

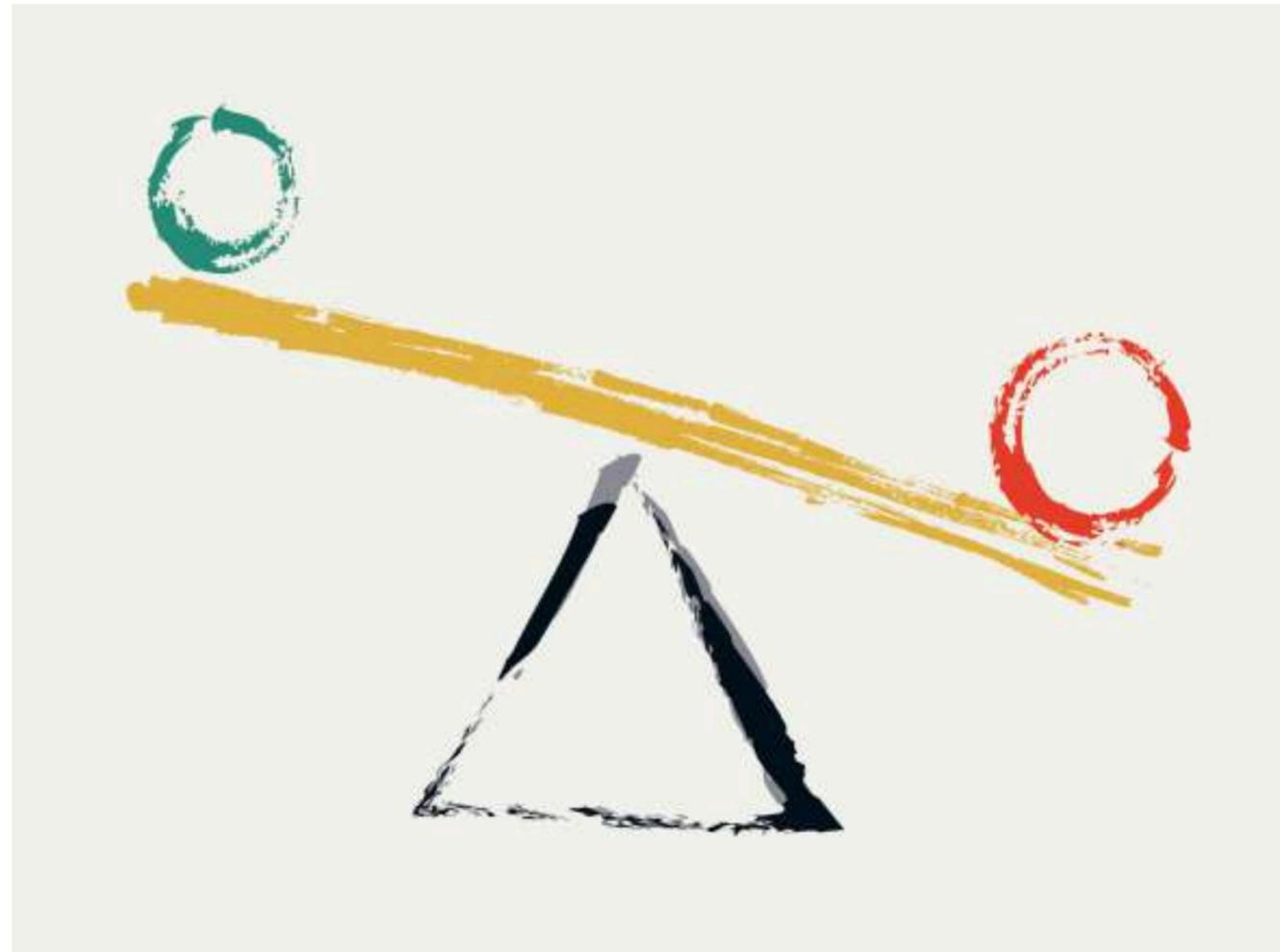


FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

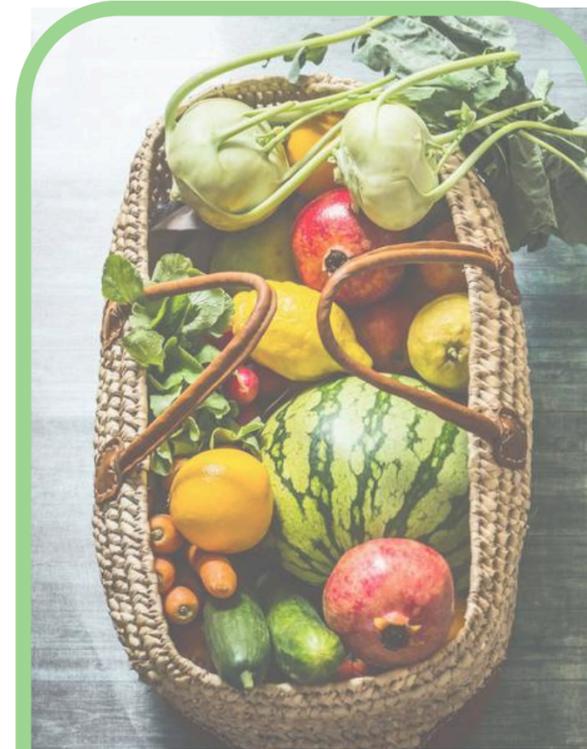
VIDA ÚTIL

SEGURIDAD ALIMENTARIA



MEDIO AMBIENTE

La refrigeración es una tecnología que permite extender la vida útil de FyHMP, pero su aplicación implica un considerable consumo energético



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Sustentabilidad

Science of the Total Environment 872 (2023) 162169



Environmental and economic sustainability of fresh-cut and pre-cooked vegetables



Laura Rasines^{a,b}, Serni Morera^a, Guillermo San Miguel^{c,*}, Francisco Artés-Hernández^{a,b}, Encarna Aguayo^{a,b,*}

^a Postharvest and Refrigeration Group, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), 30202 Cartagena, Spain

^b Food Quality and Health Group, Institute of Plant Biotechnology (UPCT), Campus Muralla del Mar, 30202 Cartagena, Spain

^c School of Industrial Engineering (ETSI), Grupo de Agroenergética, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), 28006 Madrid, Spain

Science of the Total Environment 860 (2023) 160422



Optimizing the environmental sustainability of alternative post-harvest scenarios for fresh vegetables: A case study in Spain



Laura Rasines^{a,b}, Guillermo San Miguel^c, Ángel Molina-García^d, Francisco Artés-Hernández^{a,b}, Eloy Hontoria^e, Encarna Aguayo^{a,b,*}

^a Postharvest and Refrigeration Group, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), 30202 Cartagena, Spain

^b Food Quality and Health Group, Institute of Plant Biotechnology (UPCT), Campus Muralla del Mar, 30202, Cartagena, Spain

^c School of Industrial Engineering (ETSI), Grupo de Agroenergética, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), 28006, Madrid, Spain

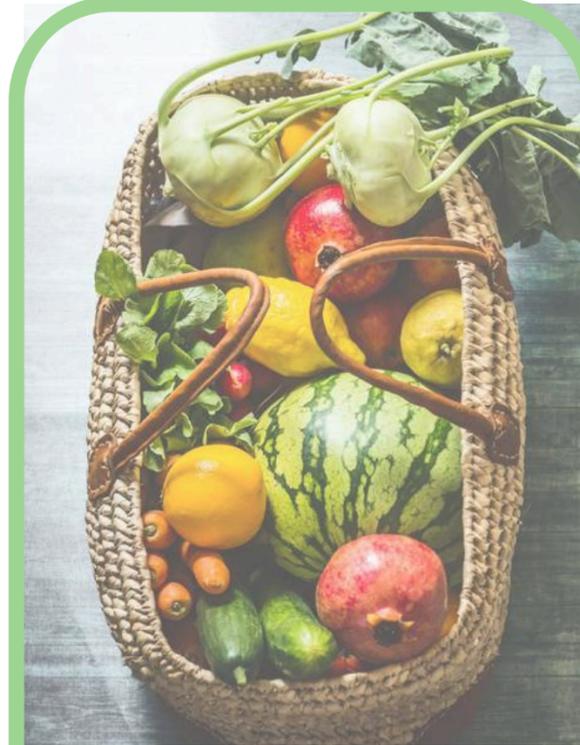
^d Department of Automatics, Electrical Engineering and Electronic Technology, UPCT, Spain

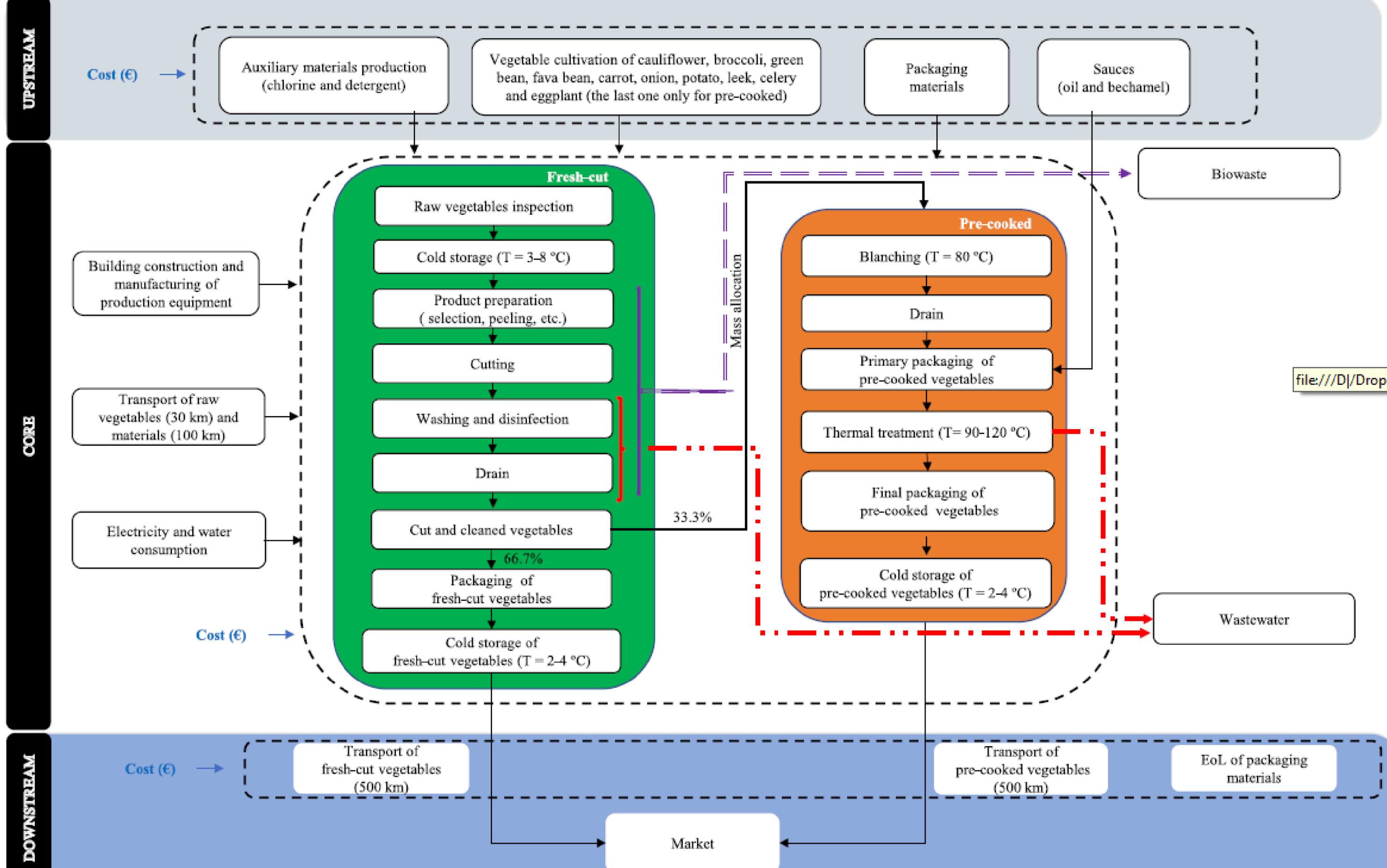
^e Department of Business Economics, UPCT, Spain

¿Qué sabemos hoy respecto al impacto ambiental del proceso de producción de FyHMP?

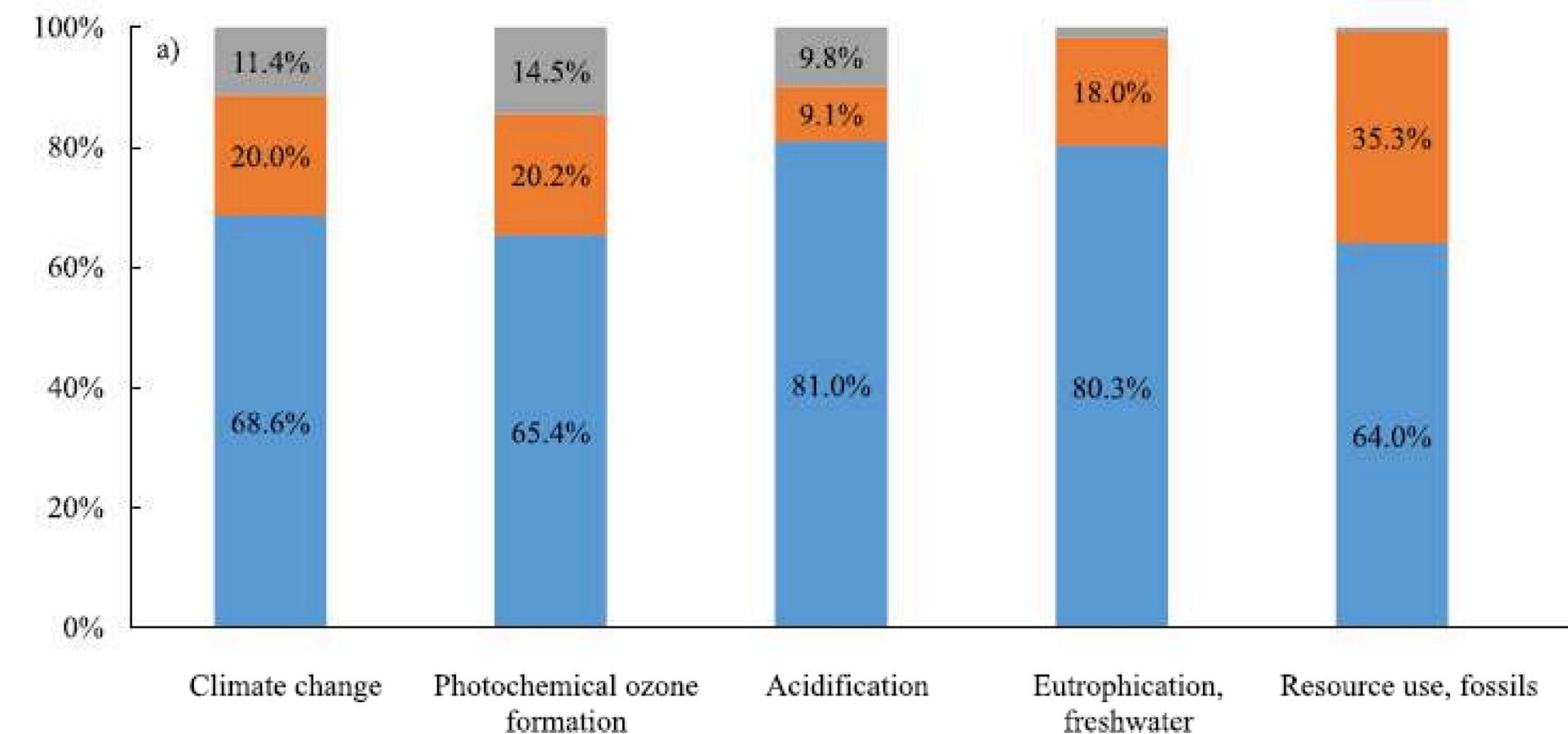
¿Cómo se puede optimizar la sustentabilidad de la producción de FyHMP?

Análisis “cradle to grave” (Rasines et al., 2023)





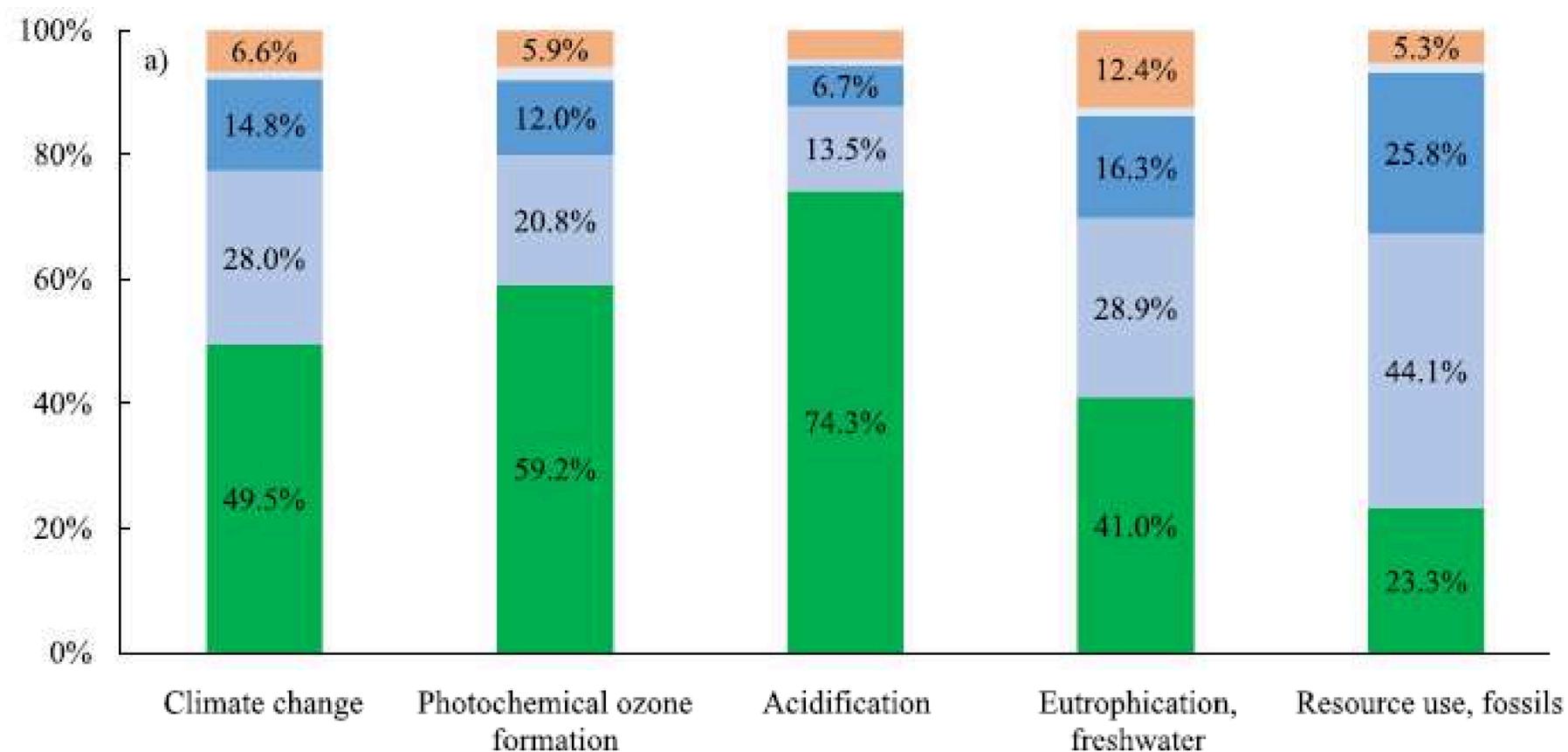
file:///D:/Dropbox



■ Upstream ■ Core ■ Downstream

Impacto de cada etapa del proceso **(Upstream, Core y Downstream)** en cada indicador medioambiental

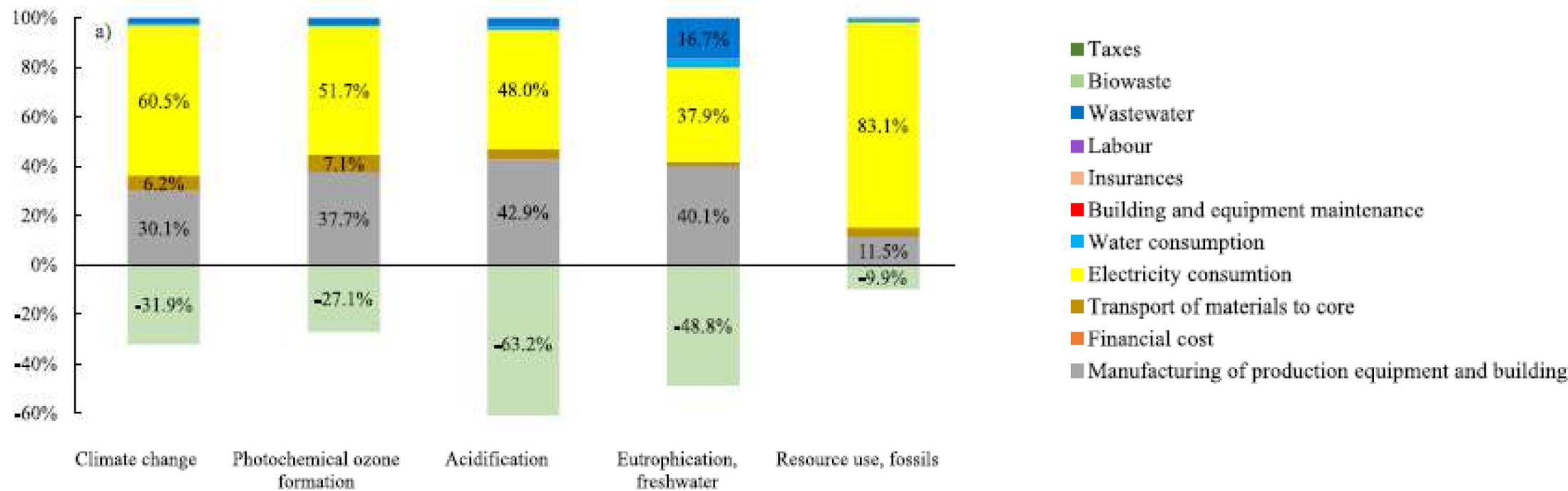
Se destaca impacto de la producción de las FyH



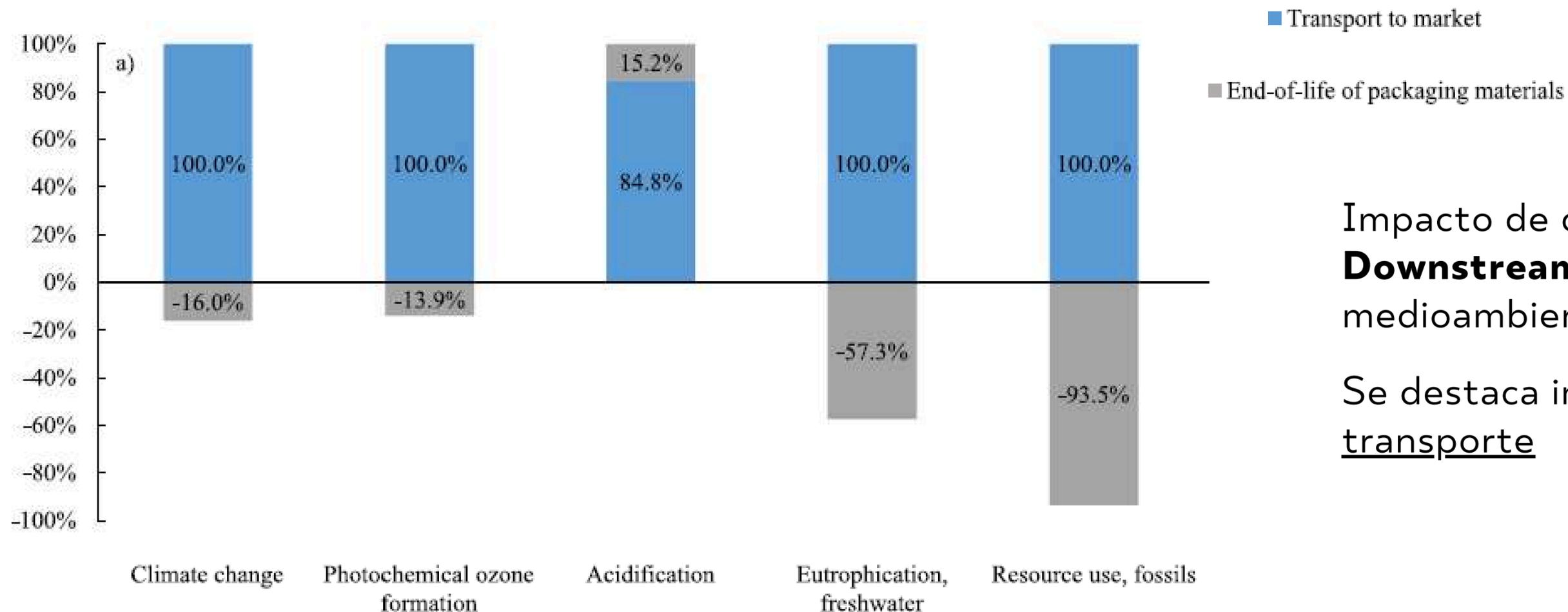
■ Vegetables ■ Sauces ■ Primary packaging
 ■ Secondary Packaging ■ Tertiary Packaging ■ Auxiliary materials

Impacto de cada etapa proceso del **Upstream** en cada indicador medioambiental

Se destaca impacto de la producción de las FyH y de los empaques (primarios especialmente).



Impacto de cada proceso del **Core** en cada indicador medioambiental
 Se destacan impactos del consumo eléctrico y los materiales para la construcción de plantas y equipos



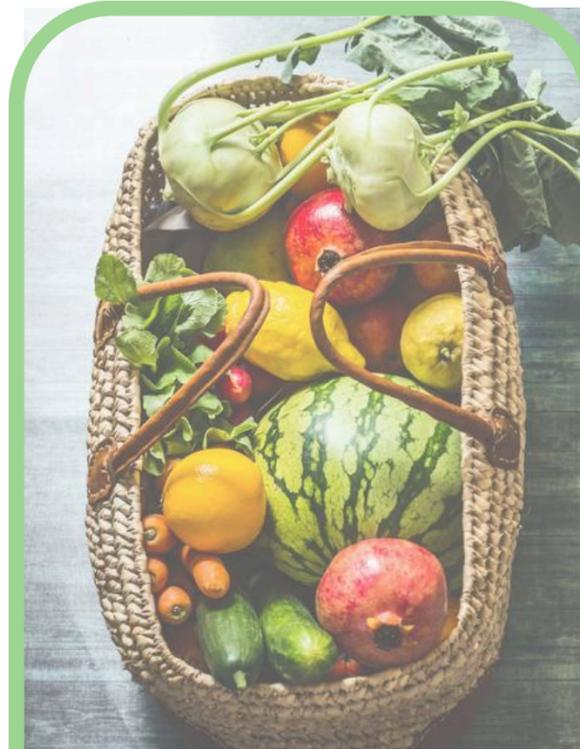
Impacto de cada proceso del **Downstream** en cada indicador medioambiental
 Se destaca impacto del transporte

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs

Para reducir el consumo energético del mínimo procesamiento de F&V se recomienda:

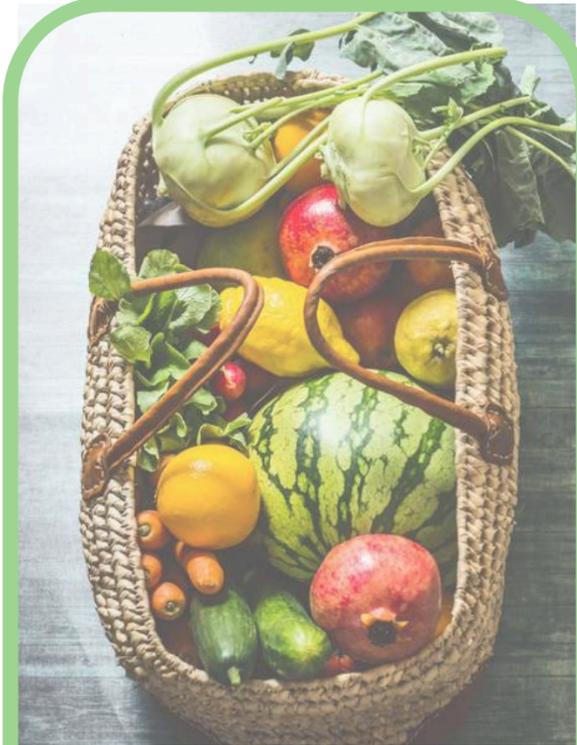
- 1) Optimización de procesos en planta
- 2) Utilizar energías renovables siempre que sea posible
- 3) Reducir el rango de transporte (consumo local) y utilizar combustibles más amigables con el medioambiente. Rediseñar envases para lograr más carga por unidad de transporte.



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Take home message

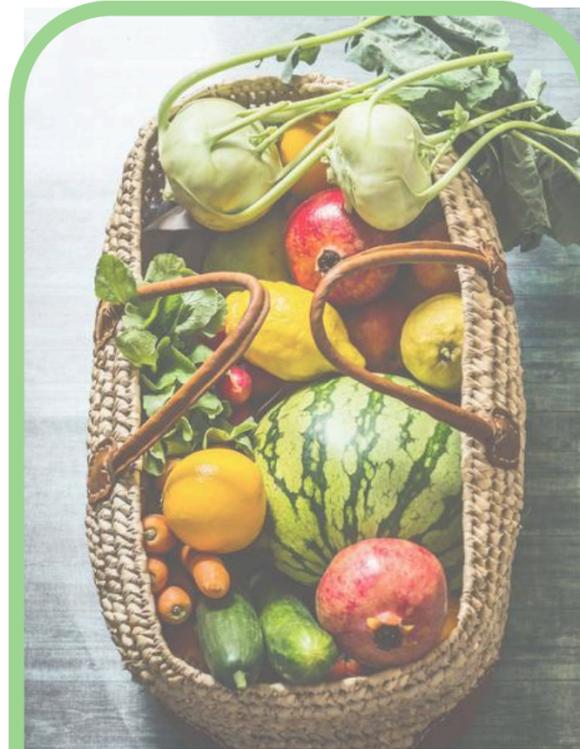
- La producción de FyHMP implica múltiples compromisos entre diferentes objetivos de inocuidad, calidad, vida útil y sostenibilidad ambiental
- Es preciso un abordaje amplio de la problemática que incluya disciplinas de ingeniería de procesos, inocuidad, química analítica, modelado, LCA, materiales, toxicología, microbiología, entre otras



FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Take home message

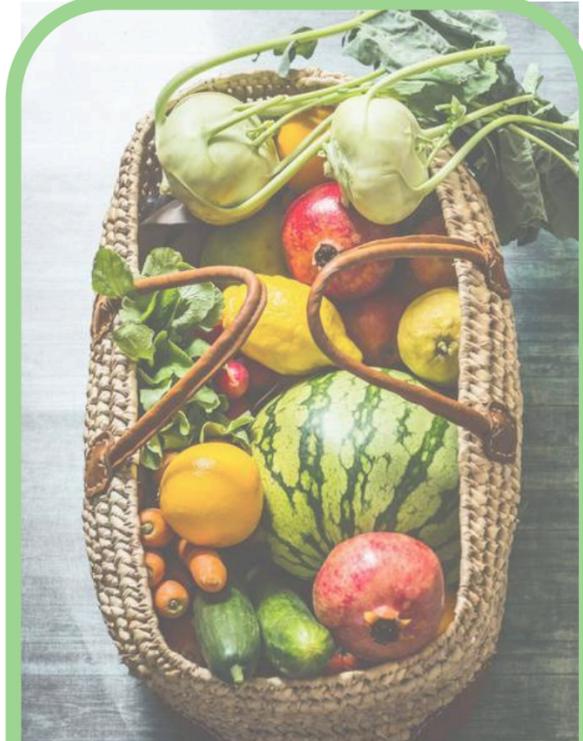
- Las acciones que pueden tener efecto significativo en la inocuidad, vida útil e impacto ambiental son:
- Optimización de procesos (consumo de agua, aplicación de químicos, logística y circuitos de transporte)
- Extensión de vida útil (diseño de envases y condiciones de envasado; cuantificación de PDA)
- Reducción al “*just their necessary*” el uso de envases de un solo uso y pensar alternativas de reciclaje y reutilización
- Transición a utilización de energías renovables y biocombustibles



EJEMPLO #5

FRUTAS Y HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Trade-offs



Residuos orgánicos generados en planta

¿Qué alternativa de disposición o reutilización agrega más valor tanto económica como ambientalmente?

Extracción
Bioenvases y películas
Carbon dots

Yang et al. (2024)
Paulsen et al. (2023)

Upcycling

Fernández, Agüero & Jagus (2020)
Bas-Bellver et al. (2023)

valorización por alimentación animal o producción de biogas

Pinotti et al. (2020)

MUCHAS GRACIAS

Patricia Lema, Erika Paulsen, Magdalena Irazoqui, Sylvia Schenck, Patricia Burzaco, Nicolás Pérez, Eliana Budelli, Horacio Heinzen, Verónica Cesio, Natalia Besil, Fiamma Pequeño, Santiago Da Fonte

¿Preguntas?

sbarrios@fing.edu.uy



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

VIDA ÚTIL – INOCUIDAD – MEDIO AMBIENTE: *trade-offs* del mínimo procesamiento de frutas y hortalizas

Dra. Sofía Barrios
Tecnologías Aplicadas a Procesos Alimentarios (TAPA)
Instituto de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República

IV Congreso Iberoamericano
de Ingeniería de Alimentos
(CIIAL)

6 de setiembre de 2024
Montevideo, Uruguay



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

